



Kajian Geometri dan Daya Dukung Perkerasan Jalan pada Pengangkutan Batubara

Erlan Adiya Jamil, Indra Karna Wijaksana, Zaenal*

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 12/5/2024

Revised : 20/7/2024

Published : 24/7/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 1

Halaman : 73 - 82

Terbitan : Juli 2024

ABSTRAK

Salah satu kegiatan utama perusahaan ini adalah proses pengangkutan batubara. Untuk mendukung aktivitas tersebut, diperlukan kondisi geometri dan daya dukung jalan yang baik. Berdasarkan kondisi aktual di lapangan, terdapat beberapa segmen jalan yang belum memenuhi standar dan kondisi permukaan yang buruk, ditandai dengan adanya undulasi (amblasan), yang dapat mengganggu aktivitas pengangkutan. Metodologi penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan teknik pengambilan data secara langsung di lapangan melalui pengamatan dan pengukuran, meliputi data geometri jalan dan pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Analisis data dilakukan dengan membandingkan geometri jalan dan daya dukung tanah dengan standar yang ditetapkan dalam Kepmen No. 1827.K/30/MEM/2018. Untuk geometri jalan yang belum sesuai, dilakukan perbaikan desain, sedangkan untuk daya dukung tanah yang kurang memadai, dilakukan penambahan lapisan perkerasan jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa jalan mengalami penyempitan dan superelevasi yang tidak sesuai standar. Daya dukung tanah terbesar yang diperoleh adalah $7,40 \text{ kg/cm}^2$, yang dinilai kurang dalam menopang beban kendaraan sebesar $9,43 \text{ kg/cm}^2$. Hal ini menyebabkan kerusakan jalan, ditandai dengan penurunan permukaan dan undulasi. Oleh karena itu, diperlukan perkerasan jalan dengan penambahan sub-base course menggunakan material tanah setebal 84 cm pada segmen 1 dan 63 cm pada segmen 2, serta base course menggunakan batu pecah kelas A setebal 20 cm untuk kedua segmen.

Kata Kunci : Geometri Jalan, Daya Dukung Tanah, Perkerasan Jalan

ABSTRACT

To support this, good road geometry and bearing capacity are essential. Currently, some road segments do not meet standards, and poor surface conditions marked by undulations (subsidence) hinder transportation activities. This study uses a quantitative methodology with direct field data collection through observations and measurements, including road geometry data and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests. Data analysis involves comparing road geometry and soil bearing capacity with the standards set in Kepmen No. 1827.K/30/MEM/2018. For geometry that does not meet standards, design improvements will be made, and for insufficient soil bearing capacity, additional road pavement layers will be added. The study found that some roads had narrowed widths and inadequate superelevation. The highest soil bearing capacity was 7.40 kg/cm^2 , insufficient to support the vehicle load of 9.43 kg/cm^2 . This results in road damage, marked by surface depressions and undulations. Therefore, road reinforcement is needed by adding a sub-base course using 84 cm thick soil material in segment 1 and 63 cm in segment 2, followed by a base course using 20 cm thick class A crushed stone for both segments.

Keywords : Road Geometry, Soil Bearing Capacity, Road Pavement.

Copyright© 2024 The Author(s).

A. Pendahuluan

PT Kuansing Inti Makmur merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan dengan komoditas batubara. Bisnis proses pertambangan yang dilakukan oleh perusahaan meliputi pembebasan lahan, penambangan, penimbunan disposal, hingga pengiriman batubara (coal delivery). Salah satu tahapan penting dalam kegiatan pertambangan adalah aktivitas pengangkutan dari stockpile untuk pengiriman batubara. Aktivitas pengangkutan batubara perlu ditunjang dengan kondisi jalan angkut yang baik. Jalan angkut dengan kondisi yang baik dapat mendukung kinerja dari alat angkut yang melaluinya. Oleh sebab itu, jalan angkut perlu diperhatikan agar dapat menunjang kinerja dari alat angkut itu sendiri.

Kriteria kelayakan jalan angkut dapat ditinjau dari segi geometri dan daya dukung jalannya. Berdasarkan geometri, jalan angkut harus disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan seperti pada teori AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) meliputi lebar jalan, kemiringan jalan, cross slope, dan superelevasi dengan standar yang telah ditentukan dalam Kepmen 1827K/30/MEM/2018. Sedangkan aspek daya dukung tanah akan berkaitan dengan kemampuan jalan dalam menopang beban kendaraan yang melintas di atasnya, jalan dengan daya dukung tanah yang baik maka jalan tersebut akan kuat untuk dilalui alat angkut.

Berdasarkan kondisi aktual pada aktivitas pengangkutan di jalan Pinang Masak terdapat beberapa segmen jalan yang belum memenuhi standar seperti penyempitan jalan dan superelevasi yang belum sesuai pada jalan tikungan. Kondisi permukaan jalan banyak dijumpai adanya undulasi yang dapat menyebabkan kendaraan menjadi miring dan tidak stabil. Geometri jalan yang belum sesuai standar perlu dilakukan perbaikan pada jalan tersebut, seperti penambahan lebar jalan atau penyesuaian kemiringan jalan. Sedangkan daya dukung tanah yang belum sesuai diperlukan adanya peningkatan daya dukung tanah dengan cara penambahan lapisan perkerasan jalan. Oleh sebab itu diperlukan evaluasi pada jalan tersebut dengan mempertimbangkan aspek geometri dan daya dukung tanah guna menunjang kelancaran aktivitas pengangkutan.

Mengacu pada latar belakang tersebut, maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu: “Apakah kondisi geometri dan daya dukung tanah pada jalan pengangkutan telah sesuai standar?”. Meninjau dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini diantaranya untuk mengetahui geometri jalan angkut secara aktual, mengetahui kesesuaian geometri jalan angkut, mengetahui kapasitas daya dukung tanah, mengetahui tebal struktur lapisan perkerasan jalan, dan mengetahui kebutuhan material perkerasan jalan.

B. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengambilan data di lapangan berupa data geometri jalan dan data pengujian Dynamic Cone Penetrometer, data tersebut selanjutnya diolah hingga diperoleh analisis dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Data tersebut bersumber dari data primer yang merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan meliputi data geometri jalan, Dynamic Cone Penetrometer, berat kendaraan, dan data lalu lintas kendaraan, lalu data dekunder merupakan data penunjang meliputi spesifikasi alat angkut dan kondisi curah hujan.

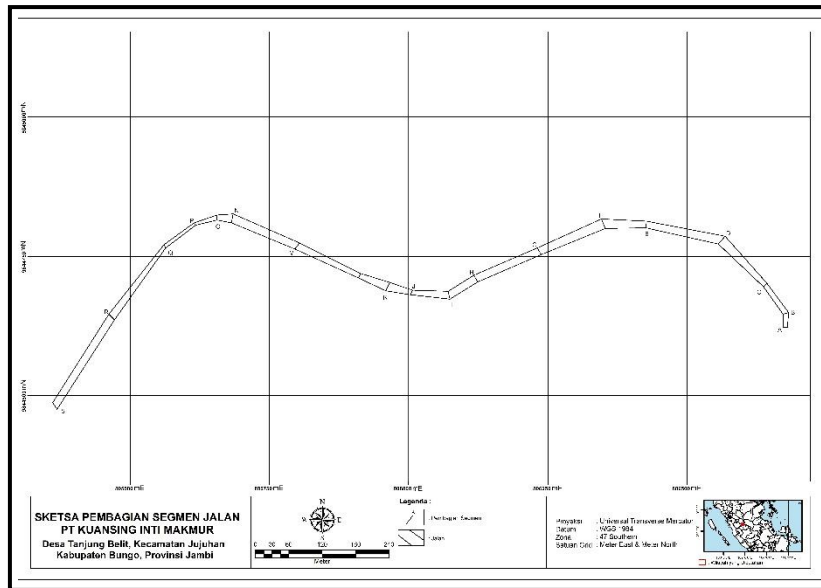
Data tersebut diolah dengan menggunakan persamaan empiris untuk menentukan geometri jalan aktual, beban yang bekerja diatas permukaan jalan, dan nilai daya dukung tanah. Hasil pengolahan data akan dianalisis secara komparatif untuk menentukan kesesuaian jalan berdasarkan geometri dan daya dukung tanah. Apabila geometri jalan belum sesuai maka diperlukan perbaikan desain jalan, sedangkan apabila daya dukung tanah belum sesuai maka dibutuhkan penambahan lapisan perkerasan jalan untuk meningkatkan nilai daya dukung tanahnya.

C. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Jalan Angkut

Penelitian dilaksanakan di jalan angkut batubara dari stockpile menuju pos pemeriksaan, dimana jalan tersebut merupakan jalan penghubung antara daerah pit dengan jalan pengangkutan utama. Jalan tersebut memiliki panjang 1,61 km terdiri dari 2 lajur yang digunakan untuk 2 arah kendaraan. Berdasarkan hasil pengamatan di

lapangan kondisi permukaan jalan tersusun atas soft material berupa tanah pasiran dengan campuran kerikil, jalan tersebut masih belum berada dalam kondisi yang baik hal ini ditandai dengan adanya undulasi pada beberapa segmen jalan. Alat angkut terbesar yang melintas pada jalan tersebut adalah Hino FM 280JD dengan lebar 2,49 m dan berat maksimum muatan sebesar 26 ton.



Gambar 1. Sketsa Segmen dan Penampang Jalan

Geometri Jalan

Pengambilan data geometri jalan dilakukan dengan pengukuran secara langsung di lapangan menggunakan GPS untuk memperoleh koordinat segmen jalan, roll meter untuk mengukur lebar jalan, serta inclinometer untuk mengukur sudut cross slope dan superelevasi. Data tersebut selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk peta untuk menampilkan gambaran dari geometri jalan.

Berdasarkan spesifikasi alat angkut Hino FM 280JD memiliki lebar kendaraan sebesar 2,49 m. Dengan kondisi jalan terdiri dari 1 lajur dan digunakan untuk 2 arah kendaraan maka diperoleh lebar jalan pada kondisi lurus sebesar 8,71 m dan kondisi tikungan sebesar 13,44 m.

Tabel 1. Rekapitulasi Lebar Jalan

Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)		Lebar Jalan Lurus Minimum (m)	Lebar Jalan Tikungan Minimum (m)	Keterangan
	Lurus	Tikungan			
A	8,80	-	8,71	13,44	Ideal
B	-	15,74			Ideal
C	8,24	-			Perlu pelebaran sebesar 0,47 m
D	-	18,50			Ideal
E	15	-			Ideal
F	-	16,60			Ideal
G	14,31	-			Ideal
H	14,2	-			Ideal
I	-	14,72			Ideal
J	10,34	-			Ideal

Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)		Lebar Jalan Lurus Minimum (m)	Lebar Jalan Tikungan Minimum (m)	Keterangan
	Lurus	Tikungan			
K	16,50	-			Ideal
L	10,50	-			Ideal
M	14,75	-			Ideal
N	14,84	-			Ideal
O	-	7,30			Perlu pelebaran sebesar 6,14 m
P	5,30	-			Perlu pelebaran sebesar 3,41 m
Q	6,60	-			Perlu pelebaran sebesar 2,11 m
R	15,13	-			Ideal
S	13,68	-			Ideal

Kemiringan jalan adalah perbandingan antara beda tinggi terhadap jarak datar yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Batas kemiringan jalan maksimum berdasarkan Kepmen No. 1827K/30/MEM/2018 sebesar 12%. Berdasarkan hasil pengolahan data, nilai grade pada jalan pengangkutan berada pada angka 0 - 6,5% sehingga kondisi grade telah sesuai dengan standar. Penentuan nilai cross slope diperoleh dengan membagi beda tinggi pada bagian bahu jalan dengan lebar ½ jalan. Berdasarkan Kepmen No. 1827K menetapkan bahwa nilai cross slope yang baik berada pada angka 20 mm/m atau sebesar 2%. Berdasarkan hasil pengolahan, nilai cross slope berada pada angka 2,86 – 8,19% sehingga kondisi cross slope pada jalan pengangkutan telah sesuai dengan standar. Superelevasi merupakan kemiringan yang dibentuk pada jalan tikungan untuk memudahkan alat angkut melintasi jalan tikungan. Penentuan standar superelevasi yang digunakan sebesar 8% merujuk pada Bina Marga dengan mempertimbangkan kecepatan rencana sebesar 30 km/jam. Berdasarkan hasil pengolahan, kondisi superelevasi belum sesuai standar berada pada segmen B, segmen F, segmen I, dan segmen O.

Tabel 2. Rekapitulasi Superelevasi

Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)	Sudut Superelevasi (°)	Beda Tinggi Aktual (m)	Superelevasi Aktual (%)	Lebar Jalan Rekomendasi (m)	Beda Tinggi Rekomendasi (m)	Penambahan Beda Tinggi (m)
B	15,74	2,80	0,77	4,88%	-	1,26	Penambahan beda tinggi sebesar 0,49 m pada bagian luar tikungan
D	18,50	4,60	1,48	8,02%	-	-	Ideal
F	16,60	3,38	0,98	5,90%	-	1,33	Penambahan beda tinggi sebesar 0,35 m pada bagian luar tikungan
I	14,72	7	1,79	12,19%	-	1,18	Penambahan beda tinggi sebesar 0,62 m pada bagian pusat tikungan
O	7,30	2,27	0,29	3,96%	13,44	1,08	Penambahan beda tinggi sebesar 0,79 m pada bagian luar tikungan

Daya Dukung Tanah

Dalam penelitian ini penentuan daya dukung tanah didasarkan oleh nilai CBR lapangan. Nilai CBR lapangan tersebut diperoleh melalui pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP), nilai CBR selanjutnya dapat dikonversi menjadi nilai daya dukung tanah dengan menggunakan persamaan empiris ataupun diagram persamaan CBR dan daya dukung tanah.

Pengujian DCP dilakukan pada permukaan jalan pada saat itu. Penentuan titik pengujian dilakukan secara random sampling dengan ukuran konus yang digunakan sebesar 60°. Data awal hasil pengujian DCP berupa jumlah tumbukan dan kedalaman penetrasi, selanjutnya setiap penetrasi akan dicari nilai selisihnya untuk memperoleh nilai DCP Index dengan membagi selisih penetrasi dengan jumlah tumbukan, sehingga diperoleh nilai DCP Index pada setiap pembacaan penetrasi dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{DCP Index} &= \frac{206 \text{ mm}}{5 \text{ Tumbukan}} \\ &= 41,2 \text{ mm/tumbukan} \end{aligned}$$

Nilai DCP selanjutnya akan diolah untuk memperoleh nilai California Bearing Ratio (CBR). Penentuan nilai CBR dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan empiris yang bergantung terhadap besaran sudut konus yang digunakan. Sudut konus yang digunakan sebesar 60° sehingga diperoleh nilai CBR sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10}(\text{CBR}) &= 2,8135 - 1,313 \text{ Log}_{10}(41,2 \text{ mm/tumbukan}) \\ \text{Log}_{10}(\text{CBR}) &= 0,6931 \\ \text{CBR} &= 10^{0,6931} \\ &= 4,93 \% \end{aligned}$$

Nilai diatas merupakan nilai CBR dari setiap pembacaan penetrasi. Kondisi lapisan tanah secara vertikal dapat memiliki karakteristik yang berbeda, hal ini menyebabkan nilai CBR pada setiap kedalaman tertentu berbeda pula. Sehingga untuk memperoleh nilai CBR yang mewakili dalam satu titik pengujian menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{CBR}_{\text{titik pengujian-1}} &= \left(\frac{206 \sqrt[3]{4,93} + 124 \sqrt[3]{9,61} + 36 \sqrt[3]{48,73} + 44 \sqrt[3]{37,45} + 10 \sqrt[3]{261,97}}{420} \right)^3 \\ &= 11,83 \% \end{aligned}$$

Jalan angkut dalam arah memanjang dapat memiliki kondisi serta jenis material yang berbeda. Oleh sebab itu kondisi jalan angkut dibagi menjadi beberapa segmen yang sesuai dengan kondisi permukaan jalan tersebut. Nilai CBR segmen dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{CBR}_{\text{segmen-1}} &= 13,92\% - \frac{(23,23\% - 7,97\%)}{3,18} \\ &= 9,12\% \\ \text{CBR}_{\text{segmen-2}} &= 27,01\% - \frac{(35,03\% - 14,86\%)}{3,18} \\ &= 20,67\% \end{aligned}$$

Tabel 3. Rekapitulasi CBR Segmen

Segmen	CBR Rata-Rata (%)	CBR MAX (%)	CBR Min (%)	CBR Segmen (%)
1	13,92	23,23	7,97	9,12
2	27,01	35,03	14,86	20,67

Nilai daya dukung tanah diperoleh berdasarkan nilai California Bearing Ratio (CBR), sehingga semakin tinggi nilai CBR maka akan semakin tinggi juga kekuatan daya dukung tanahnya. Nilai DDT diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{DDT}_{\text{segmen1}} &= 1,6649 + (4,3592 \times \text{Log}(9,12)) \\ &= 5,85 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{DDT}_{\text{segmen2}} &= 1,6649 + (4,3592 \times \text{Log}(20,67)) \\ &= 7,40 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah, maka nilai DDT perlu dikomparasikan dengan tekanan yang diberikan oleh beban kendaraan (ground pressure). Dalam hal ini nilai daya dukung yang diperoleh harus mampu menopang beban yang diberikan oleh kendaraan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Contact Area} &= \frac{0,9 \times 8.897,92 \text{ lbs}}{120,38 \text{ psi}} \\
 &= 66,53 \text{ inch}^2 \\
 \text{Ground pressure} &= \frac{8.897,92 \text{ lbs}}{66,53 \text{ inch}^2} \\
 &= 133,75 \text{ lbs/inch}^2 \\
 &= 9,43 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan nilai daya dukung tanah sebesar 7,40 kg/cm² dan ground pressure sebesar 9,43 kg/cm², menandakan kekuatan daya dukung tanah masih berada dibawah beban kendaraan yang diberikan oleh jalan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kerusakan pada jalan ditandai dengan adanya undulasi. Oleh sebab itu maka penambahan lapisan perkerasan jalan dibutuhkan untuk meningkatkan daya dukung tanahnya.

Perkerasan Jalan

Tebal lapisan perkerasan jalan dapat ditentukan dari besarnya beban yang mampu ditopang oleh jalan tersebut. Sehingga arus lalu lintas kendaraan perlu dipertimbangkan dalam perencanaannya, diantaranya:

Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalan pengangkutan terdiri dari 2 lajur yang digunakan untuk 2 arah kendaraan, dengan kendaraan termasuk kedalam kendaraan berat diperoleh nilai C sebesar 0,5.

Tabel 4. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,450
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,400

Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Berat total alat angkut Hino FM 280JD sebesar 47,45 ton, dengan jenis sumbu tunggal pada roda depan, dan sumbu ganda pada roda belakang. Distribusi beban sumbu sebesar 25% pada roda depan dan 75% pada roda belakang dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 E &= \left(\frac{11.863,89 \text{ kg}}{8.160 \text{ kg}} \right)^4 + \left(\frac{35.591,67 \text{ kg}}{8.160 \text{ kg}} \right)^4 \times 0,086 \\
 &= 35,59
 \end{aligned}$$

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Rata-rata volume lalu lintas kendaraan dimulai tanggal 1 Juni hingga 27 Juni 2023 sebesar 226,78 kendaraan/hari. Sehingga nilai LHR bila dibulatkan diperoleh sebesar 227 kendaraan/hari yang melintasi jalan pengangkutan.

Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Konstruksi struktur perkerasan jalan direncanakan akan digunakan selama 5 tahun sesuai dengan umur tambangnya dengan asumsi pertumbuhan lalu lintas sebesar 1%. Adapun perhitungan lintas ekuivalen sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{LEP} &= \text{LHR} \times E \times C \\
 &= 227 \times 35,59 \times 0,5 \\
 &= 4.040,02 \\
 \text{LEA} &= \text{LHR}(1 + i)^{nr} \times E \times C \\
 &= 227 \times (1 + 0,01)^5 \times 35,59 \times 0,5 \\
 &= 4.246,10 \\
 \text{LET} &= \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \\
 &= \frac{4.040,02 + 4.246,10}{2} \\
 &= 4.143,06 \\
 \text{LER} &= \text{LET} \times \text{FP} \\
 &= 4.143,06 \times \frac{5}{10} \\
 &= 2.071,53
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh besarnya lintas ekivalen rencana yang melintasi jalan pengangkutan sebesar 2.071,53.

Faktor Regional (FR)

Dengan mempertimbangkan kelandaian, curah hujan, dan persen kendaraan diperoleh nilai faktor regional sebesar 2,25.

Tabel 5. Faktor Regional (FR)

Curah Hujan	Kelandaian I (<6 %)		Kelandaian II (6 - 10 %)		Kelandaian III (>10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Indeks Permukaan (IP)

Kondisi permukaan jalan didominasi oleh material tanah dengan campuran kerikil, sehingga diperoleh nilai indeks permukaan awal (IPo) sebesar 2,4.

Tabel 6. Indeks Permukaan Awal (IPo)

Jenis Lapis Permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Lapisan Aspal Buton	> 4	< 1.000
	3,9 - 3,5	< 1.000
Lapisan Aspal Buton Beragregat	3,9 - 3,5	< 2.000
	3,4 - 3,0	> 2.000
<i>Hot Rolled Asphalt</i>	3,9 - 3,5	< 2.000
	3,4 - 3,0	> 2.000
Laburan Aspal Dua Lapis	3,9 - 3,5	< 2.000
Laburan Batu Satu Lapis	3,4 - 3,0	< 2.000
Lapis Penetrasi Macadam	3,4 - 3,0	< 3.000
	2,9 - 2,5	> 3.000
Lapis Tipis Aspal Buton Murni	2,9 - 2,5	-
Laburan Aspal	2,9 - 2,5	-
Lapisan Tipis Aspal Pasir	2,9 - 2,5	-

Jenis Lapis Permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Jalan Tanah	≤ 2,4	-
Jalan Kerikil	≤ 2,4	-

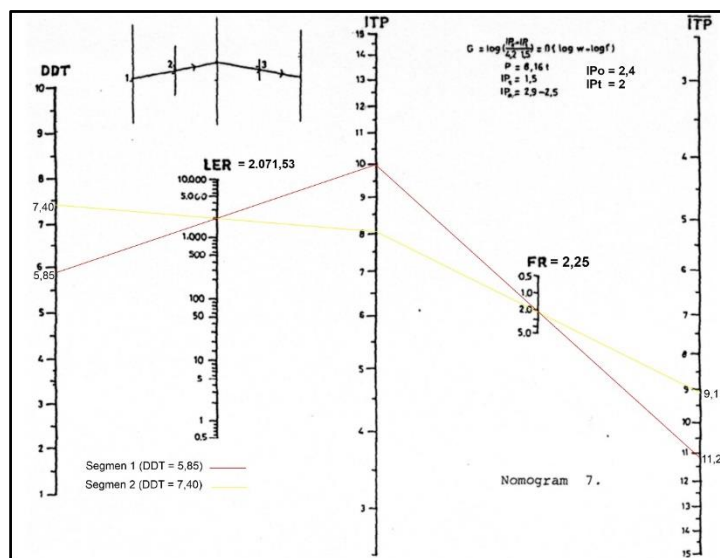
Selanjutnya dengan mempertimbangkan nilai LER sebesar 2.071,53 dan fungsional jalan yang digunakan sebagai jalan kolektor maka diperoleh nilai indeks permukaan akhir (IPt) sebesar 2.

Tabel 7. Indeks Permukaan Akhir (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Indeks Tebal Perkerasan (\overline{ITP})

Nilai \overline{ITP} diperoleh dari hasil plottingan nomogram dengan mempertimbangkan nilai DDT, LER, dan FR dengan penggunaan nomogram menyesuaikan nilai IPo dan IPt yang diperoleh. Berdasarkan hasil plottingan diperoleh nilai \overline{ITP} untuk segmen 1 sebesar 11,2 dan segmen 2 sebesar 9,1.



Gambar 2. Nomogram 7

Tebal Perkerasan

Dalam penelitian ini, struktur perkerasan jalan direncanakan menggunakan batu pecah kelas A sebagai base course dengan koefisien kekuatan relatif (a_2) sebesar 0.14, dan material tanah sebagai sub-base course dengan koefisien kekuatan relatif (a_3) sebesar 0,1 dengan perhitungan sebagai berikut.

Segmen 1:

$$11,2 = (0,14 \times 20 \text{ cm}) + (0,10 \times d_3)$$

$$\text{Tebal sub-base (d}_3) = \frac{11,2 - 2,8}{0,10}$$

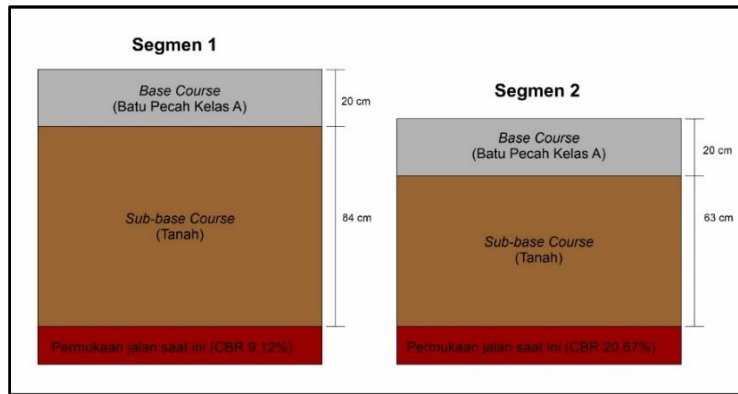
$$= 84 \text{ cm}$$

Segmen 2:

$$9,1 = (0,14 \times 20 \text{ cm}) + (0,10 \times d_3)$$

$$\text{Tebal sub-base (d}_3) = \frac{9,1 - 2,8}{0,10}$$

$$= 63 \text{ cm}$$



Gambar 3. Tebal Perkerasan Jalan

Sehingga diperoleh rekapitulasi tebal perkerasan jalan dan kebutuhan material perkerasan jalan sebagai berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Perkerasan Jalan

Segmen	Tebal Lapisan Perkerasan		Panjang Jalan (m)	Luas Jalan (m ²)	Volume (m ³)	
	Batu Pecah (m)	Tanah (m)			Batu Pecah	Tanah
1	0,20	0,84	664,88	8.837	1.767,40	7.423,08
2		0,63	956,85	11.145	2.229,00	7.021,35
Total					3.996,40	14.444,43

D. Kesimpulan

Geometri jalan angkut pada Jalan Pinang Masak memiliki jarak 1,61 km yang terdiri dari 2 lajur untuk 2 arah kendaraan. Lebar jalan angkut pada kondisi lurus sebesar 5,3 m – 16,5 m dan pada kondisi tikungan sebesar 7,3 m - 18,5 m. Superelevasi berada pada angka 3,96% - 12,19%. Kemiringan (grade) berada pada angka 0% - 6,51%. Sedangkan kemiringan melintang (cross slope) berada pada angka 2,86% - 8,19%. Lebar jalan yang masih belum sesuai berada pada segmen C, segmen O, segmen P, dan segmen Q. Kondisi superelevasi yang belum sesuai berada pada segmen B, segmen F, segmen I, dan Segmen O. Grade jalan telah sesuai standar dengan persen kemiringan berada di bawah maksimal 12%. Angka cross slope memiliki nilai >2% sehingga telah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Nilai daya dukung tanah pada segmen 1 sebesar 5,85 kg/cm² , dan segmen 2 sebesar 7,40 kg/cm² , sedangkan ground pressure yang diterima oleh jalan sebesar 9,43 kg/cm² . Hal ini menandakan bahwa kekuatan daya dukung jalan lebih kecil dibandingkan dengan beban yang diterimanya, sehingga menyebabkan jalan angkut mengalami kerusakan. Konstruksi perkerasan jalan menggunakan batu pecah kelas A setebal 20 cm sebagai base course untuk kedua segmen, dan material tanah sebagai sub-base course dengan tebal 84 cm untuk segmen 1 dan 63 cm untuk segmen 2. Perbaikan perkerasan jalan membutuhkan material batu pecah sebesar 3.996,40 m³, dan material tanah sebesar 14.444,43 m³.

Daftar Pustaka

[1] AASHTO, 1973, Manual Rural High Way Design, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
 [2] Bina Marga, 1983, Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelmen Beam, Yayasan Penerbitan Pekerjaan Umum, Jakarta.
 [3] Fadillah, M. Iqbal, Iswandaru, dan Zaenal, Pengujian Daya Dukung Perkerasan Jalan Tambang dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) di PT Mitra Multi Sejahtera, Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung.

- [4] Giroud, J. P., dan Han, J., 2004, Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. I: Development of Design Method, *J. Geotech Geoenviron Eng.*, 130(8), 775-786.
- [5] Giroud, J. P., dan Han, J., 2004, Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. II: Calibration and Applications, *J. Geotech Geoenviron Eng.*, 130(8), 787-797.
- [6] Joetra, Tommy, dan Anapetra, Y. M., 2018, Evaluasi Material dan Daya Dukung Tanah untuk Base Coarse Jalan Tambang di PT. Kalimantan Prima Persada SiteMining Asam – asam (MASS), *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 3, No. 4. II: Calibration and Applications, *J. Geotech Geoenviron Eng.*, 130(8), 787-797.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP), Menteri Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [8] Keputusan Menteri ESDM No. 1827K/30/MEM/2018, 2018, Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta.
- [9] Rahman, M. Azmi, dkk., Analisa Kelayakan Jalan Angkut Berdasarkan Geometri dan Material Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas lambung Mangkurat, *Jurnal GEOSAPTA* Vol. 2 Juli 2016.
- [10] Riyanto, Thoni, dkk., 2016, Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan Area Highwall, *Jurnal HIMASAPTA*, Vol.1 No.2 50-56.
- [11] SKBI - 2.3.26, 1987, Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, Departemen Pekerjaan Umum, Indonesia.
- [12] Sukirman, Silvia, 1999, Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Penerbit Nova, Bandung.
- [13] Sukirman, Silvia, 2010, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- [14] Suwandhi, Awang, 2004, Perencanaan Jalan Tambang, Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Universitas Islam Bandung.