

## PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN RUAS JALAN WAY ABUNG KABUPATEN LAMPUNG TENGAH

Leni Sriharyani<sup>1</sup>, Via Vetiana<sup>2</sup>

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro<sup>1,2</sup>  
E-mail : lenisriharyani8@gmail.com<sup>1</sup>, vetianavia@gmail.com<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Ruas jalan Way Abung yang terletak di desa Gunung Batin Udik Kecamatan Terusan Nunyai Kabupaten Lampung Tengah ini merupakan jalan Provinsi serta akses keluar masuk pintu tol Gunung Batin hingga Pasar Mulya Asri Kecamatan Tulang Bawang Barat yang banyak di lalui kendaraan ringan maupun kendaraan berat, kondisi jalan yang saat ini mengalami kerusakan seperti lapis permukaan jalan mengelupas, lubang-lubang besar sampai tanah dasar, dan bergelombang disepanjang jalan. Sehingga kenyamanan dan kelancaran berkendara menjadi terganggu.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengumpulan data dengan pengamatan dan observasi langsung di lapangan dengan melakukan pengambilan sampel tanah menggunakan Alat *Hand Bor* dengan kedalaman 1 meter, kemudian dilakukan pengujian sampel tanah di laboratorium untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar, yang selanjutnya data-data tersebut akan digunakan dalam proses perhitungan perencanaan struktur perkerasan menggunakan Metode Bina Marga 2017.

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan tebal struktur perkerasan menggunakan Metode Bina Marga 2017, dengan mempertimbangkan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku maka jenis perkerasan yang efisien untuk ruas jalan Way Abung Kabupaten Lampung Tengah adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*). Serta didapat lapisan perkerasan sebagai berikut, untuk perkerasan lentur dengan ketebalan lapis pondasi atas menggunakan agregat kelas A sebesar 15 cm, CTB sebesar 15 cm, dan AC BASE sebesar 10, AC BC sebesar 6 cm, dan AC WC sebesar 4 cm. Sedangkan Tebal struktur perkerasan kaku diperoleh tebal plat beton ( $f_s = 29$  Mpa) sebesar 20 cm, tebal lantai kerja/*lean mix concrete* ( $f_{cf}=4,04$  Mpa) sebesar 15 cm.

**Kata Kunci** : Bina Marga 2017, Perkerasan Kaku, Perkerasan Lentur.

### PENDAHULUAN

Perencanaan peningkatan jalan merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan lalu lintas. Sehubungan dengan permasalahan lalu lintas, maka diperlukan penambahan kapasitas jalan yang tentu akan memerlukan metode efektif dalam perancangan maupun perencanaan agar diperoleh hasil yang terbaik dan ekonomis, tetapi memenuhi unsur kenyamanan, keamanan dan keselamatan

pengguna jalan.

Ruas jalan Way Abung yang terletak di desa Gunung Batin Udik Kecamatan Terusan Nunyai Kabupaten Lampung Tengah ini merupakan jalan provinsi serta akses keluar masuk pintu tol Gunung Batin hingga Pasar Mulya Asri Kecamatan Tulang Bawang Barat yang banyak di lalui kendaraan pribadi maupun kendaraan berat dengan kapasitas 5-15 tonase bahkan lebih, yang mengangkut hasil pertanian (singkong, karet, tebu, kelapa sawit, onggok dan

kayu) ke pabrik setempat. Di karenakan *over tonase* kendaraan berat yang melewati wilayah tersebut serta seringnya terjadi kerusakan jalan dari tahun ke tahun, dan kondisi jalan yang saat ini mengalami kerusakan seperti lapis permukaan jalan mengelupas, lubang-lubang besar sampai tanah dasar, dan bergelombang disepanjang jalan, Sehingga kenyamanan dan kelancaran berkendara menjadi terganggu.

Perencanaan perkerasan jalan pada ruas jalan Way Abung Kecamatan Terusan Nunyai Kabupaten Lampung Tengah ini dilakukan pada ruas jalan 1.000 meter, yang dimulai dari STA. 1+800 sampai dengan STA. 2+800, karena dari tingkat kerusakannya harus ada perbaikan yang tepat. Dengan demikian dapat dilakukan perbaikan dengan mendesain perkerasan jalan yang sesuai dengan kondisi kerusakan, volume lalu-lintas harian dan daya dukung tanah serta mengembalikan kinerja jalan seperti semula. Perencanaan didasarkan pada kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR dan jenis penyaluran bebannya.

Jenis kerusakan yang paling dominan ditemukan pada lokasi penelitian adalah lubang (*potholes*), retak (*cracking*), jalan bergelombang, pelepasan butir (*raveling*) dan amblas (*grade depression*). Hasil penelitian yang diperoleh berupa data-data kondisi jalan dengan cara pengumpulan data survei visual yaitu kategori kerusakan jalan dan ukuran kerusakan jalan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Perkerasan Jalan Raya

Sebelum menentukan jenis konstruksi perkerasan yang akan dipakai, sebaiknya perlu diketahui lebih dulu perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dalam hal perbedaan respon bila terjadi repetisi beban, penurunan tanah dasar, dan perubahan temperatur. Perbedaan utama yang

terdapat antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku akan dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.

No.	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1.	Komponen perkerasan terdiri dari lapis as, pondasi atas, dan pondasi bawah.	Komponen perkerasan terdiri dari pelat beton yang terletak pada tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah.
2.	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu-lintas.	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi.
3.	Pengontrolan campuran kualitas lebih rumit	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.
4.	Umur rencana lebih pendek.	Umur rencana dapat mencapai 20-40 tahun.

(Hary Christadi Hardiyatmo, 2011)

Tabel 2. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas, Fungsi, Dimensi Kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat

Kelas jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum		Muatan Sumbu Terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I		18	2,5	> 10
II	Arteri	18	2,5	10
III		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

(Hary Christadi Hardiyatmo, 2011)

Tabel 3. Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Kelas Jalan	Lebar Lajur		Lebar Bahu Sebelah Luar (m)			
	Disarankan	Minimum	Tanpa Trotoar		Dengan Trotoar	
			Disarankan	Minimum	Disarankan	Minimum
I	3,60	3,50	2,50	2,00	1,00	0,50
II	3,60	3,00	2,50	2,00	0,50	0,25
III A	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III B	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III C	3,60		1,50	0,50	0,50	0,25

(Hary Christadi Hardiyatmo, 2011)

### Penyebab Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

- a. Lalu-lintas yang berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
- b. Air yang dapat berasal dari air hujan dan drainase jalan yang kurang baik.
- c. Material konstruksi, dalam hal ini kerusakan dapat disebabkan karena material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh system pengelolaan material yang tidak baik.
- d. Iklim, Indonesia yang beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan jalan.
- e. Kondisi tanah dasar, kondisi tanah dasar yang tidak stabil kemungkinan disebabkan oleh system pelaksanaan yang kurang baik atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasar itu sendiri yang kurang bagus.
- f. Proses pemadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

Umumnya kerusakan yang timbul bukan disebabkan oleh salah satu faktor saja melainkan dapat juga gabungan penyebab yang saling berkaitan. Sebagai contoh retak pinggir, pada awalnya diakibatkan oleh tidak baiknya sokongan dari samping, dan dengan terjadinya retak pinggir memungkinkan air untuk meresap ke lapis dibawahnya akan melemahkan ikatan antara aspal dengan agregat. Hal ini dapat menimbulkan lubang-lubang di samping dan dapat melemahkan daya dukung lapisan dibawahnya.

### Ketentuan Perencanaan Jalan Raya

Dalam merencanakan jalan ada bebrapa kriteria perencanaan yang harus dipenuhi, sehingga konstruksi bangunan bias sesuai dengan apa yang diharapkan. Manual kapasitas jalan dapat digunakan sebagai sarana dalam perencanaan, perancangan, dan analisa operasional lalu-lintas. Perencanaan dilakukan guna

dapat memperkirakan perilaku lalu-lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu-lintas, dan keadaan lingkungan tertentu. Dampak lingkungan dan tata guna lahan menjadi pertimbangan dalam perencanaan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah yang akan timbul baik masalah sosial maupun masalah teknis. Berikut kriteria yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan:

#### a. Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Bina Marga dalam Jalan Antar Kota disusun pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Ketentuan Klasifikasi Fungsi, Kelas, Beban, Medan

Fungsi Jalan	Arteri			Kolektor			Lokal		
	I	II	III A	III A	III B	III C			
Kelas Jalan									
Muatan Sumbu Terberat (ton)	>10	10	8	8	8	Tidak Ditentukan			
Tipe Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan (%)	<3	3-25	>25	<3	3-25	>25	<3	3-25	>25

(TPGJAK No.038/T/BM/1997)

#### b. Karakteristik Lalu-lintas

Data lalu-lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu-lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

### Perencanaan Perkerasan Jalan

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), Perencanaan perkerasan jalan dilakukan dengan memperhatikan tahapan sebagai berikut:

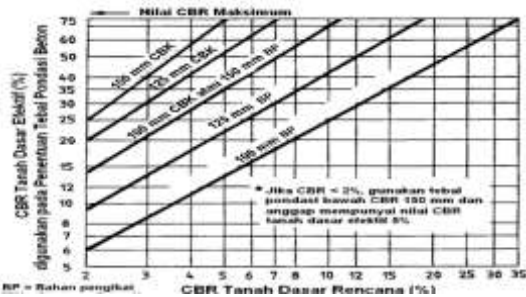
#### a. Perkerasan Lentur

1. Menentukan Umur Rencana
2. Menentukan Nilai ESA Sesuai
3. Menentukan Tipe Perkerasan Sesuai
4. Menentukan Segmen Tanah Dasar
5. Menentukan Struktur Fondasi
6. Menentukan Struktur Perkerasan yang Memenuhi Syarat dari Bagan Desain yang Sesuai

**b. Perkerasan Kaku**

1. Menentukan Umur Rencana
2. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga
3. Menentukan Struktur Fondasi Jalan
4. Menentukan Daya Dukung Tanah Dasar Menggunakan Solusi Tanah Normal Atau Lunak

Daya dukung tanah dasar ditentukan melalui pengujian CBR lapangan dan pengujian CBR laboratorium. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR kurang dari 2% maka dianggap mempunyai nilai CBR efektif 5%.



Gambar 1. CBR Tanah Dasar Efektif. (Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Untuk menentukan CBR tanah dasar efektif dengan tebal lapis pondasi bawah diantara garis-garis diatas, di peroleh dengan persamaan garis sebagai berikut:

$$E_{f_2} = E_{f_{bawah}} - \frac{(E_{f_{bawah}} - E_{f_{atas}}) \times (Tebal_{bawah} - Tebal_2)}{(Tebal_{bawah} - Tebal_1)}$$

5. Tentukan Struktur Lapisan Perkerasan
6. Menentukan Jenis Sambungan
7. Tentukan Jenis Bahu Jalan
8. Menentukan Detail Desain yang Meliputi Dimensi Pelat Beton, Penulangan Pelat, Posisi Dowel dan Tie Bar, dan Ketentuan Sambungan.

**Pertumbuhan Lalu-Lintas**

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai pada tahap dimana kapasitas jalan dicapai

dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i}$$

Dimana:

- R : faktor pertumbuhan lalu-lintas
- i : laju pertumbuhan lalu-lintas per tahun (%)
- UR : umur rencana (tahun)

**Lalu-Lintas Rencana**

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dimana:

- JSKN : jumlah sumbu total kendaraan niaga selama umur rencana
- JSKNH : jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.
- R : faktor pertumbuhan lalu-lintas.
- C : koefisien distribusi kendaraan.

**Faktor Keamanan Beban**

Pada keamanan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan bebas ( $F_{KB}$ ) seperti dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Faktor Keamanan Bebas ( $F_{KB}$ )

No.	Peranan Jalan	Nilai $F_{KB}$
1.	Jalan Tol	1,2
2.	Jalan Arteri	1,1
3.	Jalan Lokasi	1,0

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

**METODE PENELITIAN**

**Desain Penelitian**

Dalam perencanaan perkerasan jalan ini dilakukan dengan menggunakan metode Bina Marga 2017. Lokasi

penelitian berada pada Ruas jalan Way Abung yang terletak di desa Gunung Batin, Kecamatan Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah.



Gambar 2. Site Plan (Sumber : Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 3. Lokasi Penelitian Ruas Jalan Way Abung. (Sumber: Data Primer, 2023)

Dalam penelitian ini peneliti melakukan dua cara pengambilan teknik sampling yaitu:

- a. Pengambilan data lalu lintas yang dilakukan dilokasi penelitian yang kemudian dilakukan perhitungan jumlah dan jenis kendaraan.
- b. Pengambilan sampel tanah yang dilakukan di lokasi penelitian untuk mengetahui karakteristik dan nilai CBR tanah dasar.

### Pengujian Sampel Tanah

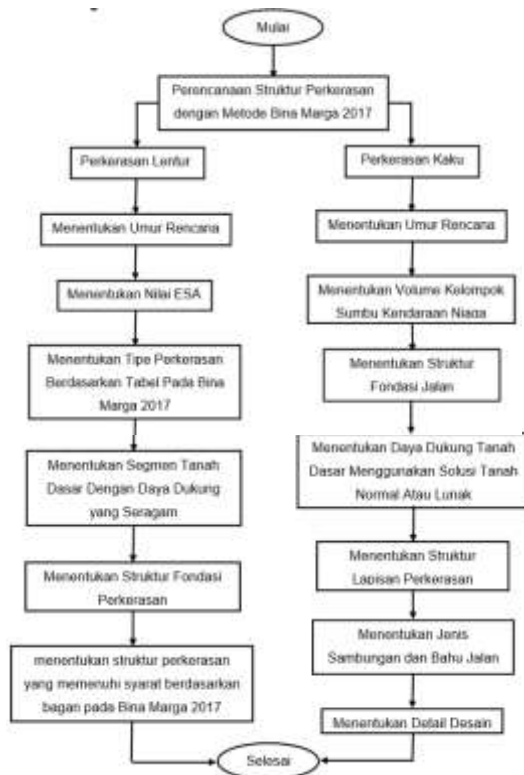
Pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Kadar Air
- b. Pengujian Berat Jenis
- c. Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor*)
- d. Pengujian CBR

### Teknik Analisis Data

Teknik analisa data merupakan langkah yang paling menentukan dari suatu penelitian, karena analisa menyimpulkan tentang hasil penelitian. Analisa data dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Survei lalu-lintas yang kemudian akan dilanjutkan ke proses perhitungan perkerasan.
2. Penyusunan hasil data survei dan data CBR tanah yang di dapat dari pengambilan sampel tanah dan pengujian CBR laboratorium, yang kemudian data-data tersebut akan digunakan dalam proses penentuan perencanaan perkerasan pada ruas jalan tersebut dan gambar rencana yang dibutuhkan dalam perencanaan.



Gambar 4. Bagan Alir Perencanaan (Sumber: Data Sekunder, 2023)

## HASIL PENELITIAN

### Pengujian Kadar Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami sifat-sifat fisik, mekanik dan teknologi agregat serta pengaruhnya terhadap bahan perkerasan jalan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kadar Air

Titik Sampel	STA	Nilai/Hasil
1	1+800	14,95 %
2	2+400	18,61 %
3	2+800	18,29 %

(Leni Sriharyani, 2023)

### Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kepadatan suatu masa butiran atau partikel tanah. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis

Titik Sampel	STA	Nilai/Hasil
1	1+800	2,37 %
2	2+400	2,15 %
3	2+800	2,22 %

(Leni Sriharyani, 2023)

### Pengujian Percobaan Pemadatan (*Proctor Test*)

Pengujian dilakukan untuk menentukan kepadatan maksimal suatu jenis tanah melalui tumbukan, serta untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan.

Tabel 8. Hasil Pengujian Percobaan Pemadatan (*Proctor Test*)

Titik Sampel	STA	Nomor Kantung Plastik	Nilai Kadar Air	Nilai Berat isi Kering	Nilai OMC	Nilai Maksimum
1	1+800	1	15,38 %	1,39 gr/cm <sup>3</sup>	23,08 %	1,46 gr/cm <sup>3</sup>
		2	17,72 %	1,40 gr/cm <sup>3</sup>		
		3	19,64 %	1,38 gr/cm <sup>3</sup>		
		4	21,68 %	1,43 gr/cm <sup>3</sup>		
		5	23,08 %	1,46 gr/cm <sup>3</sup>		
2	2+400	1	9,23 %	1,43 gr/cm <sup>3</sup>	17,51 %	1,69 gr/cm <sup>3</sup>
		2	12,04 %	1,52 gr/cm <sup>3</sup>		
		3	15,33 %	1,68 gr/cm <sup>3</sup>		
		4	16,26 %	1,66 gr/cm <sup>3</sup>		
		5	17,51 %	1,69 gr/cm <sup>3</sup>		
3	2+800	1	12,87 %	1,38 gr/cm <sup>3</sup>	24,54 %	1,55 gr/cm <sup>3</sup>
		2	15,92 %	1,42 gr/cm <sup>3</sup>		
		3	17,90 %	1,36 gr/cm <sup>3</sup>		
		4	21,76 %	1,51 gr/cm <sup>3</sup>		
		5	24,54 %	1,55 gr/cm <sup>3</sup>		

(Leni Sriharyani, 2023)

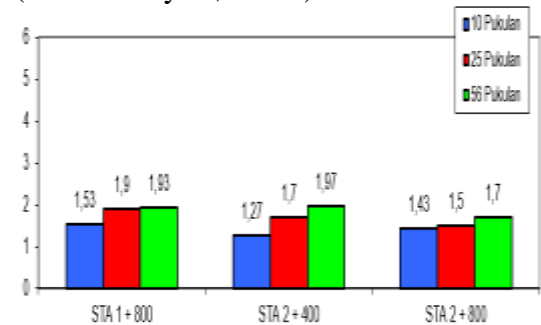
### Pengujian CBR

*California Bearing Ratio* (CBR) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban. Daya Dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR Laboratorium.

Tabel 9. Hasil Pengujian CBR Rencana

Titik Sampel	STA	Nilai/Hasil CBR
1	1+800	1,99 %
2	2+400	1,99 %
3	2+800	1,70 %

(Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 5. Diagram CBR (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)

**Data Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR)**

Tabel 50. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan Pada Ruas Jalan Way Abung–Mulya Asri Tahun 2014-2021

Tahun	Kendaraan Ringan		Kendaraan Sedang	Kendaraan Berat		Sepeda Motor (MC)	Total Kendaraan	Peningkatan Jumlah Kendaraan	Persentase Pertumbuhan (%)
	Mobil pribadi/MPU	Pick Up		Bus Besar	Truck Besar				
2014	6.902	3.245	2.875	287	2.913	21.583	37.905	-	-
2015	7.843	3.688	3.381	326	3.310	24.612	43.160	5.255	12,18%
2016	9.015	4.238	3.886	375	3.805	28.360	49.679	6.519	13,12%
2017	10.463	4.929	4.518	436	4.424	33.026	57.818	8.139	14,08%
2018	12.332	5.788	5.316	513	5.205	38.886	68.050	10.233	15,04%
2019	14.662	6.903	6.328	610	6.196	46.607	81.416	13.369	16,42%
2020	17.660	8.317	7.624	735	7.466	56.958	98.789	17.372	17,99%
2021	21.571	10.143	9.298	897	9.104	73.703	124.715	25.927	20,79%

(Dishub Kominfo Kabupaten Lampung Tengah)

Tabel 61. Data Lalu Lintas Harian Rata - Rata Tahun 2023

No	Jenis Kendaraan	Jumlah LHR (Perkendaraan)						
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	Sepeda Motor	2.154	1.702	1.590	1.493	1.367	1.943	1.442
2	Mobil Pribadi	1.124	703	684	588	489	647	533
3	Angkot/MPU	39	22	22	10	9	13	9
4	Bus Sedang	28	12	17	12	17	21	16
5	Bus Besar	50	16	26	19	22	25	19
6	Pick Up	183	177	147	246	204	144	67
7	Truck Sedang	266	237	248	235	249	200	159
8	Truck Besar	138	273	292	262	254	155	118
Total Kendaraan		<b>3.982</b>	<b>3.142</b>	<b>3.026</b>	<b>2.985</b>	<b>2.611</b>	<b>3.118</b>	<b>2.383</b>
Total Jumlah Kendaraan		<b>21.127</b>						
Total Jumlah Kendaraan Tahun Ini		(Total Jumlah Kendaraan + Total Kendaraan Tahun lalu) 21.127 + 124.715 = 145.842						

(Leni Sriharyani, 2023)

Perhitungan untuk menentukan pertumbuhan lalu lintas (i) :

$$i = \left( \frac{\text{TahunSekarang} - \text{TahunSebelumnya}}{\text{TahunSebelumnya}} \right) \times 100$$

$$i = \left( \frac{145.842 - 124.714}{124.715} \right) \times 100$$

$$i = 16,94 \%$$

**Perhitungan Struktur Perkerasan Lenturdengan Metode Bina Marga 2017.**

**Data Perhitungan :**

1. Panjang Jalan = 1000 Meter
2. Lebar Jalan = 6 Meter
3. Tipe Jalan = 2 Lajur 2 Arah
4. Umur Rencana = 20 Tahun
5. Pertumbuhan Lalu Lintas (i) = 16,94 %

6. CBR Desain = 1,99 %

**Langkah – langkah perhitungan**

1. Menentukan Umur Rencana (UR)

Tabel 12. Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup> .	20
	Fondasi jalan	
Perkerasan lentur	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	40
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas; lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

2. Analisis Lalu-Lintas

Tabel 13. Klasifikasi Kendaraan Lalu Lintas Berdasarkan Jenisnya

Golongan	Jenis Kendaraan
1	Sepeda Motor
2,3,4	Mobil Pribadi / Angkot / Pickup/Station Wagon
5A	Bus Kecil
5B	Bus Besar
6A	Truck 2 Sumbu – Cargo Ringan
6B	Truck 2 Sumbu – Cargo Berat
7A1	Truck 3 Sumbu
7B	Truck 2 Sumbu & Trailer Penarik 2 Sumbu (Truck Gandeng)
7C	Truck 4 Sumbu – Trailer

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i}$$

$$R = \frac{(1+0,1694)^{20} - 1}{0,1694}$$

$$R = 129,1014$$

4. Lalu lintas pada lajur rencana  
Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang akan menanggung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Lalu-lintas pada lajur rencana memperhitungkan dua faktor, yaitu:

- a. Faktor Distribusi Arah (DD), untuk jalan dua arah faktor distribusi arah umumnya diambil nilai 0,50.
- b. Faktor Distribusi Lajur (DL), faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah.

Tabel 14. Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

5. Faktor Ekuivalen Beban/*Vehicle Damage Factor* (VDF)

Faktor ekuivalen beban atau *Vehicle Damage Factor* adalah suatu faktor yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan perkerasan yang diakibatkan satu lintasan kendaraan tertentu. Dalam desain perkerasan, faktor ekuivalen beban berguna sebagai faktor konversi dari beban lalu-lintas ke beban standar (ESA).

Tabel 15. Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera			
	Beban aktual		Normal	
	H4	H5	H4	H5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4
7A2	10,5	20,0	4,3	6,6
7B1	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Kumulatif beban (ESA5) untuk umur rencana 20 tahun (2023 – 2043) dengan menggunakan VDF berdasarkan Tabel 15 dan angka pertumbuhan lalu lintas regional. Perhitungan kumulatif

beban (ESA5) untuk umur rencana 20 tahun dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. Perhitungan Kumulatif Beban (ESA5) Untuk Umur Rencana 20 tahun.

Jenis Kendaraan	Lintas harian rata-rata (2023)	LHR 2028	LHR 2048	VDF5 aktual	VDF5 normal	ESA5 (28-28)	ESA5 (29-48)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mobil penumpang dan kendaraan ringan lain	864	1.382	1.890				
Kendaraan sedang	245	302	636	7,4	4,0	1.063.358	11.461.009
Kendaraan Besar	238	361	521	18,4	7,4	4.020.295	17.327.789
Jumlah ESA5						5.883.853	29.392.597
CESA5(28-48)							35.078.250

(Data Primer, 2023)

Pemilihan Struktur Perkerasan

Tabel 17. Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-280
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR ≥ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu-lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC, modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal >100mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Butru dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan keribit)	7	1	-	-	-	-

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Desain Fondasi Jalan

Tabel 18. Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Nilai Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lempur		Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada umur rencana 40 tahun (ESA5)	Stabilisasi Semen <sup>1)</sup>	
			<2	2-4	>4
Tebal minimum perkerasan tanah dasar					
≥6	SG6	Perkerasan tanah dasar lapis tempa stabilisasi semen atau material timunan pialan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3-Pekerjaan Tanah) (permatan lapisal ± 200 mm tebal berbutir)	Tebal perkerasan perkerasan		
5	SG5			100	
4	SG4		100	150	200
3	SG3		150	200	300
2,5	SG2,5		175	250	350
Tanah perkerasan (perkerasan pematuan <math>P_{max}</math>)			400	500	600
Perkerasan di atas tanah keras <sup>2)</sup>			1000	1100	1200
Lapis pemangkas <sup>3)</sup> atau lapis pemangkas dan pengotot <sup>4)</sup>			150	150	150
Tanah gambut dengan HRS atau DSBT untuk perkerasan untuk jalan raya minor jalan minimum-lebertain (an berbutir)			1000	1250	1500

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

Tabel 19. Desain Perkerasan Lentur-Aspal Dengan Lapis Fondasi Berbutir

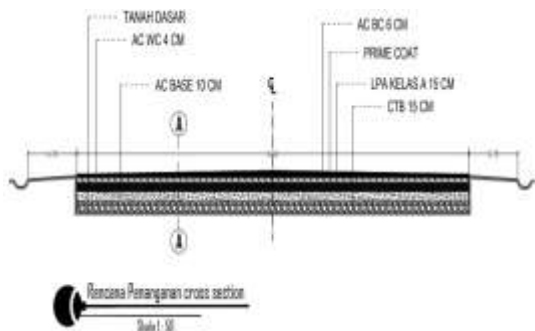
STRUKTUR PERKERASAN										
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9	
	Salas yang dipilih					Lapis Cakupan				
Kumulatif beban sumbu 20 ton pada lajur rencana (10 <sup>6</sup> ESAL)	<2	2-4	4-7	7-10	10-20	20-30	30-50	50-100	>100-200	
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)										
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
AC BC	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
AC Base	11	70	80	105	145	160	180	210	245	
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300	
Graben	1				2		3			

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

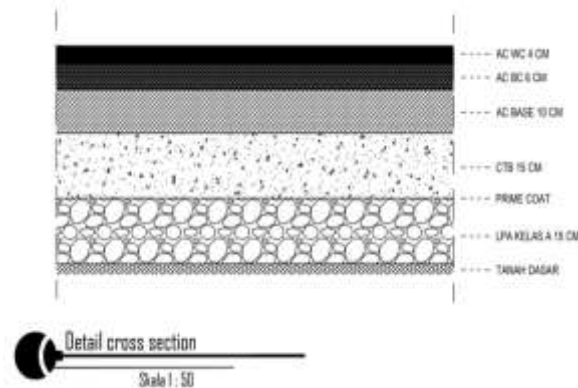
Tabel 20. Bagan Desain Perkerasan Lentur Dengan CTB

	F1	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESAL that bagan desain 3A - 3E dan 5 C				
	Lapis Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan lain?				
Kumulatif beban sumbu kendaraan 20 ton pada lajur rencana (10 <sup>6</sup> ESAL)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC	50	50	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	150	220
CTB	150	150	150	150	150
Fondasi Aspal Kelas A	150	150	150	150	150

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)



Gambar 6. Rencana Penanganan Perkerasan Lentur (Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 7. Detail Potongan Struktur Perkerasan Lentur (Leni Sriharyani, 2023)

## Perhitungan Struktur Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2017

### Data Perhitungan

1. Panjang Jalan = 1000 Meter
2. Lebar Jalan = 6 Meter
3. Umur Rencana = 20 Tahun
4. Pertumbuhan Lalu Lintas = 16,94 %
5. Kuat Lentur beton (fs) = 29 Mpa
6. Bahu Jalan = Tanpa Lapis Beton
7. Ruji (*Dowel*) = Ya

Direncanakan Perkerasan Kaku untuk 2 Lajur 2 Jalur untuk Jalan Arteri dengan Perencanaan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT).

Tabel 21. Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya.

Jenis Kendaraan	Kendaraan Bobot Sumbu (ton)		Jumlah Kendaraan (veh)	Jumlah Sumbu per Kendaraan (su)	Jumlah Sumbu (su)	SRTK		SRTG		SRTD		
	R	G				BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)	BS (ton)	JS (ton)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Kendat Sedang	5	5	-	245	2	490	3	245	8	245	-	-
Ber Besar	5	8	-	25	2	50	5	25	8	25	-	-
Truk Besar	6	14	-	213	2	426	8	213	-	-	14	213
Total						966		483		270		213

(Leni Sriharyani, 2023)

Tabel 22. Jumlah Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga per Lajur Rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (m)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Pd-T014, 2003)

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun dihitung dengan persamaan berikut:

$$JSKN = 365 \times JKNH \times R$$

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$R = \frac{(1 + 0,1694)^{20} - 1}{0,1694}$$

$$R = 129,1014$$

$$\text{JSKN} = 365 \times \text{JSKNH} \times R$$

$$= 365 \times 966 \times 129,1014$$

$$= 45.519.863$$

$$\text{JSKN Rencana} = \text{JSKN} \times C$$

$$= 45.519.863 \times 0,50$$

$$= 22.759.931$$

$$= 2,2 \times 10^7$$

Tabel 23. Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

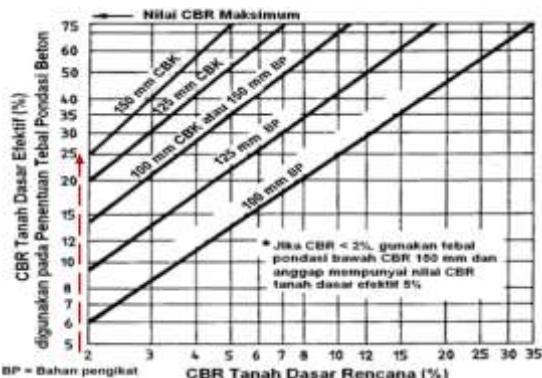
Jenis Sumbu	Beban Sumbu	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi Yang Terjadi
STRT	8	213	0,44	0,50	22.759.931	5.018.494
	5	25	0,05	0,50	22.759.931	589.025
	3	245	0,51	0,50	22.759.931	5.772.446
<b>TOTAL</b>		<b>483</b>	<b>1</b>			<b>11.379.966</b>
STRG	8	25	0,09	0,28	22.759.931	589.025
	5	245	0,91	0,28	22.759.931	5.772.446
<b>TOTAL</b>		<b>270</b>	<b>1</b>			<b>6.361.471</b>
STdRG	14	213	1	0,22	22.759.931	5.018.494
<b>TOTAL</b>		<b>213</b>	<b>1</b>			<b>5.018.494</b>
<b>KOMULATIF</b>						<b>22.759.931</b>

(Leni Sriharyani, 2023)

Tabel 24. Faktor Keamanan Beban

No	Perencanaan jalan	Nilai FKB
1	Jalan tol	1,2
2	Jalan arteri	1,1
3	Jalan lokal	1,0

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)



Gambar 8. CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah. (Sumber: PdT-14-2003)

Diperoleh CBR tanah dasar efektif 25%.

### Perhitungan Tebal Pelat Beton STA 1+800 s/d STA 2+800

Sumber data beban: Hasil survei dan perhitungan

Jenis perkerasan : BBTT dengan Ruji (*Dowel*)

Umur rencana: 20 Tahun

JSKN Rencana:  $2,2 \times 10^7$  (22.759.931)

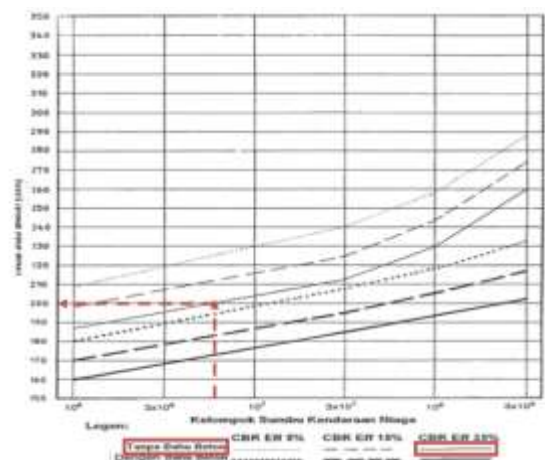
Faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ): 1,1

Kuat Lentur beton ( $f_s$ ) umur 28 hari : 29 Mpa

CBR tanah dasar: 1,99 %

CBR efektif: 25 %

Kuat Tarik Lentur Beton ( $f_{cf}$ ): 4,04 Mpa

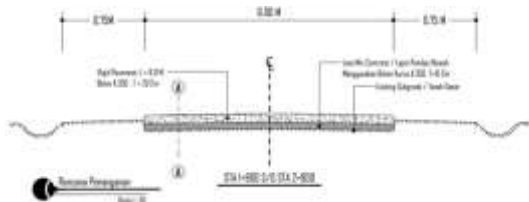


Gambar 9. Grafik Perencanaan Penentuan Tebal Pelat Beton,  $f_{cf}=4,04$  Mpa, Dengan Ruji,  $FKB=1$  (sumber: Leni, 2023)

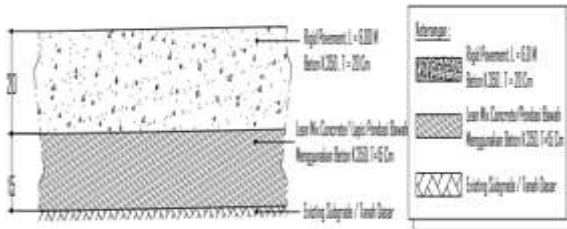
Tabel 25. Ukuran dan jarak batang *dowel* (ruji) yang disarankan.

Tebal Pelat Perkerasan	Dowel						
	Diameter		Panjang		Jarak		
Inci	Mm	Inci	Mm	Inci	mm	inci	Mm
6	150	¾	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1¼	32	18	450	12	300
10	250	1¼	32	18	450	12	300

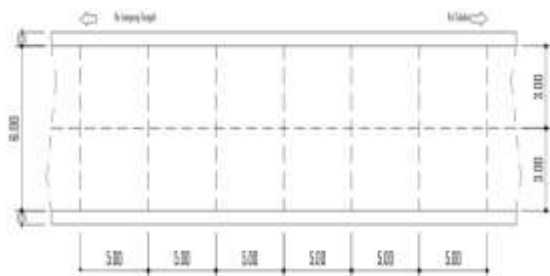
(Principles of pavement design by Yoder & Witzack, 1975 dalam Ari Suryawan)



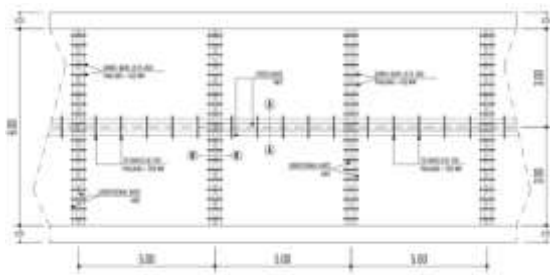
Gambar 10. Potongan Melintang. (Sumber: Leni, 2023)



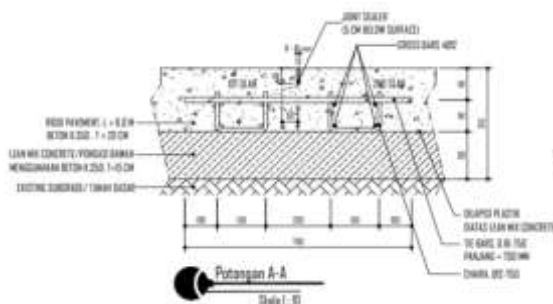
Gambar 11. Potongan A-A. (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



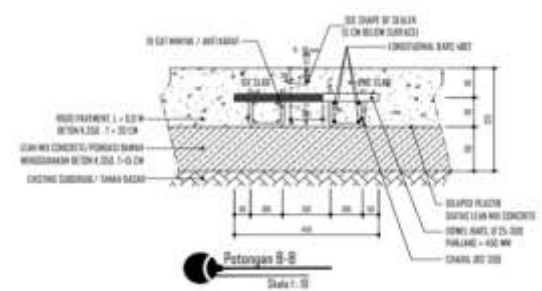
Gambar 12. Gambar Potongan Rigid Pavement per Segmen. (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



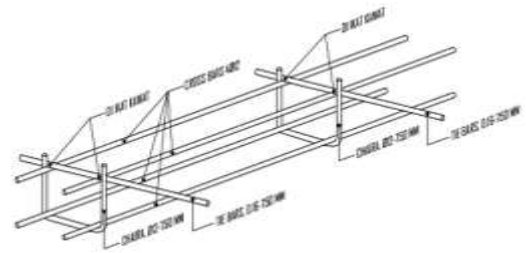
Gambar 13. Gambar Detail Pembesian Rigid Pavement per Segmen. (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



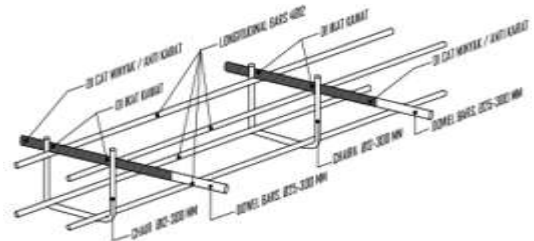
Gambar 14. Detail Potongan A-A Batang Pengikat (Tie Bars) (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 15. Detail Potongan B-B, Rujukan (Dowel Bars). (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 16. Detail Pembesian Tie Bars. (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)



Gambar 17. Detail Pembesian Dowel (Sumber: Leni Sriharyani, 2023)

Perencanaan struktur perkerasan jalan ruas jalan Way Abung menggunakan metode bina marga 2017 diperoleh ketebalan lapisan untuk perencanaan perkerasan lentur, untuk *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) 4 cm untuk *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC), 6 cm *Asphalt Concrete – Base* (AC-BASE) 10 cm, *Cement Treated Base* (CTB) 15 cm, dan Lapis Pondasi Atas A (LPA Kelas A) 15 cm. Serta untuk perkerasan kaku di peroleh tebal plat beton sebesar 20 cm, tebal lantai kerja/*lean mix concrete* sebesar 15 cm.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka, dapat dibandingkan perhitungan perencanaan lentur dengan perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2017 terdapat masalah pelaksanaan yang mempengaruhi desain,

Untuk menghasilkan perkerasan yang baik, mutu konstruksi yang disyaratkan harus tercapai. Pelaksanaan yang buruk tidak dapat dikoreksi dengan membuat “penyesuaian desain” (*pavement design adjustments*). Sebagai contoh, kepadatan lapisan yang tidak memenuhi syarat tidak dapat dikompensasi dengan menambah tebal rencana perkerasan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Tabel 26. Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRSWC	30	30-50	tidak
HRSBase	35	35-50	ya
ACWC	40	40-50	tidak
ACBC	60	60-80	ya
AC-Base	75	80-120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5mm)	120	150-200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50mm)	150	150-200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5mm)	120	125-200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30mm) atau LMC	100	150-200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150-200	tidak
Kerikil alam	100	100-200	Ya

(Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan metode Bina Marga 2017 dan pengujian/penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Volume lalu-lintas (LHR) pada ruas jalan Way Abun berdasarkan hasil survey LHR yang dilakukan pada lokasi penelitian selama 7 hari, didapat volume rata-rata kendaraan sedang 245 kendaraan, bus besar 25 kendaraan, dan truk besar 213 kendaraan.
2. Nilai CBR berdasarkan hasil pengujian/penelitian tanah asli di

laboratorium di peroleh nilai CBR Minimum 1,43 % dan CBR Maksimum 1,97 %.

3. Jenis perkerasan yang sesuai untuk ruas jalan Way Abung berdasarkan perhitungan menggunakan metode Bina Marga 2017 adalah menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*), serta didapat lapisan perkerasan sebagai berikut, untuk perkerasan lentur dengan ketebalan lapis pondasi atas menggunakan agregat kelas A sebesar 15 cm, CTB sebesar 15 cm, dan AC BASE sebesar 10, AC BC sebesar 6 cm, dan AC WC sebesar 4 cm. Sedangkan Tebal struktur perkerasan kaku ruas jalan Way Abung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung menggunakan metode Bina Marga 2017 diperoleh tebal plat beton ( $f_s = 29$  Mpa) sebesar 20 cm, tebal lantai kerja/*lean mix concrete* ( $f_{cf} = 4,04$  Mpa) sebesar 15 cm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, SNI 03-1744-2012. Badan Standarisasi Nasional. (Metode Pengujian CBR laboratorium) Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1996. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Direktorat Jendral Bina marga dan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK). Direktorat Jendral Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pd T-14-2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Jakarta.
- Diklat Perkerasan Kaku, 2017. Konsep Dasar dan Konstruksi Perkerasan Kaku. Kementerian Pekerjaan

- Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Erlin Indirasari, 2017. *Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Baru Kabat-Blimbing Sari, Kabupaten Banyuwangi*. Skripsi tidak diterbitkan. Jember : Fakultas Teknik Universitas jember.
- Feri Hendi Jaya, Soni Hermawan, 2016. *Perencanaan Perkerasan Jalan yang Efektif Untuk Ruas Jalan Seputih Raman-Simpang Randu Kecamatan Kabupaten Lampung Tengah*. *Jurnal Tapak*, 6 (1), h. 99-115.
- Hardiyatmo Hary Christady, 2011. *Perencanaan Perkerasan jalan Penyelidikan Tanah*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ida Hadijah, Mohamad Harizal, 2017. *Perencanaan Jalan Dengan Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga (Studi Kasus: Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung)*. *Jurnal Tapak*, 6 (2), h. 140-146.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Kurniawan, S., Hadijah, I., & Rizqi, D. A. (2020). *Analisis Daya Dukung Tanah Dan Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan Pada Ruas Jalan Raya Metro-Tanjungkari*. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 9(2), 159-168.
- Masherni, Agus Surandono, Ahmat Ari Saputra, 2020. *Analisis Perencanaan Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Kaku/Rigid Pavement Ruas Padang Ratu-Kalirejo sta. 0+000 s/d 0+685 Km Kabupaten Lampung Tengah*. *Jurnal Tapak*, 9 (2), h. 140-146.
- Masykur, M., & Kurniawan, S. (2017). *Analisa Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Untuk Daya Dukung Tanah Pada Perkerasan Jalan Overlay (Studi Kasus: Ruas Jalan Metro–Tanjungkari STA 7+ 000 s/d STA 8+ 000)*. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 7(1), 52-63.
- Masykur, Robi Susilo, 2018. *Analisis Tebal Lapis Perkerasan Jalan Raya (Studi Kasus: Ruas Jalan Ki. Hajar Dewantara Kecamatan Batanghari, Kabupaten Lampung Timur*. *Jurnal Tapak*, 7 (2), h. 101-115.
- Prasetyo Doni, 2020. *Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Ruas Jalan Seputih Banyak-Rumbia Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung*. Skripsi tidak diterbitkan, Metro : Fakultas Teknik UM Metro.
- Ricky Elyas Aditya, Siswoyo, 2020. *Perencanaan Rigid Pavement dan Rencana Anggaran Biaya di Jalan Babat-Batas Jombang Kabupaten Lamongan*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 8 (2), h. 79-90.
- Septyanto Kurniawan, Ida Hadijah, Danang Alma Rizqi Ma'aruf, 2020. *Analisis Daya Dukung Tanah dan Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan Pada Ruas Jalan Raya Metro-Tanjungkari*. *Jurnal Tapak*, 9 (2), h. 159-168.
- Sriharyani Leni, 2014. *Analisa Perencanaan Lapis Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen '87 (SNI) (Studi Kasus Pada Paket Peningkatan Jalan Simpang Bujung Tenuk– Batas Kabupaten Lampung Tengah)*. *Jurnal Tapak*, 3 (2), h. 146-155.
- Sukirman S. *Perkerasan Kaku Jalan Raya*, Nova, Bandung, 1999.