



Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Analisis Perbaikan Perkerasan Jalan Seputih Banyak – Rumbia, Lampung Tengah, dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017

Mohd. Harizalsyah^{*}, Ika Kustiani^{bc}, Muh. Sarkowi^{bd}, dan Aleksander Purba^{bc}

^a Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro, Jalan Ki Hajar Dewantara No.114 Kota Metro

^b Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^c Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^d Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^{*} mhzlsyh@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Riwayat artikel: Masuk 10 Agustus 2023 Diterima 10 September 2023</p> <p>Kata kunci: Perbaikan Perkerasan Jalan. Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement). Perkerasan Lentur (Flexible Pavement). Seputih Banyak - Rumbia, Lampung Tengah, Lampung.</p>	<p>Perbaikan Perkerasan Jalan Seputih Banyak – Rumbia, Lampung, Menggunakan Metode MDP 2017 Sebagai rujukan, Berdasarkan analisis Perkerasan Lentur didapat Tebal Lapis Aus AC-WC 4 cm, Lapis Antara AC-BC 6 cm, Lapis Pondasi AC-BASE 24,5 cm, LPA Kelas A 30 cm dengan total biaya Konstruksi sebesar Rp. 8.612.931.988,43, Dengan umur rencana 20 tahun, Lalu untuk Perkerasan Kaku Tipe Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) Tebal Plat Beton 30 cm, Tebal LMC 10 cm, LPA Kelas A 15 cm dengan total biaya Konstruksi sebesar Rp. 6.335.200.000,00, Dengan umur rencana 40 tahun. Dari analisis ini penulis menyimpulkan bahwa perkerasan kaku lebih efisien diterapkan karena biaya konstruksi yang lebih rendah, umur rencana yang lebih lama serta perkerasan kaku lebih kuat dan tahan dengan beban lalu lintas yang berat dan perkerasan ini juga lebih tahan terhadap air maupun efek pumping yang dihasilkan oleh repetisi beban lalu lintas kendaraan mengingat di ruas jalan tersebut hanya terdapat drainase galian tanah dan belum terdapat drainase beton. Ini alasan penting penulis membuat analisis ini selain ditinjau dari segi beban lalu lintas dan daya dukung tanah penulis juga meninjau dari perkiraan anggaran biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan dan kondisi situasi yang tidak menguntungkan untuk investasi anggaran pembangunan dimasa depan.</p>

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ada tiga jenis Perkerasan, yaitu *Flexibel Pavement* (Perkerasan Lentur), *Rigid Pavement* (Perkerasan Kaku) dan *Composite Pavement* (Perkerasan Komposit). Dari Jenis Perkerasan ini memiliki Kelebihan dan Kekurangan tersendiri. Untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) terbentuk melalui semen (beton) dan campuran batu split yang menggunakan tulangan maupun tanpa menggunakan tulangan dimana fungsi perkerasan ini lebih sering dipakai untuk perkerasan jalan dengan volume kendaraan berat yang cukup besar. Seiring berkembangnya perkerasan beton semen (*rigid pavement*) sebagai pembangunan prasarana jalan di Wilayah pedesaan ataupun di perkotaan, pemerintah mencanangkan pembangunan secara terus menerus baik pada ruas jalan lingkungan, jalan desa, jalan kabupaten, jalan provinsi, dan jalan nasional. Untuk Perkerasan lentur terdiri dari tiga lapis, yaitu: Lapis Pondasi Bawah (*sub base*), Lapis Pondasi (*Base*), dan Lapis Permukaan (*Surface*). Perkerasan lentur adalah salah satu

teknologi perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Untuk menentukan tebal Perencanaan perkerasan baik itu perkerasan kaku maupun lentur perlu beberapa tahapan parameter seperti nilai CBR tanah dasar, mutu beton serta aspal, dan beban lalu lintas.

Karya Tulis Ilmiah ini membahas Analisis Perbaikan Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017, dimana Metode MDP 2017 adalah Metode paling terbaru (*Upgrade*) yang biasa digunakan sebagai bahan acuan dalam perencanaan perkerasan jalan raya oleh pemerintah daerah setempat dalam hal ini karena ruas jalan merupakan ruas jalan provinsi maka secara otomatis Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi (BMBK) Provinsi Lampung yang memiliki otoritas secara langsung dalam menangani ruas jalan yang sedang rusak parah dan viral di Lampung ini, guna melihat hasil dari analisis metode ini yang meliputi jenis perkerasan, tebal perkerasan, biaya perkerasan, hingga dapat kesimpulan jenis perkerasan yang tepat guna dan efisien dari segi umur

^{*} mhzlsyh@gmail.com

perkerasan yang efektif dan biaya yang dikeluarkan untuk pelaksanaan.

1.2 Perkerasan Jalan

Ruas Jalan Provinsi dari Arah Jalan Simpang Randu Seputih Banyak Menuju ke arah Rumbia yang terletak di Kabupaten Lampung Tengah, adalah ruas jalan yang banyak dilalui oleh kendaraan truk serta fuso dengan kapasitas tonase berat yang mengangkut hasil panen tebu, pupuk, sawit, tambak udang, serta hasil kegiatan kelautan dan lain lain yang akan di kirimkan ke luar daerah seputih banyak, di samping itu juga banyak mobil pribadi dan bis penumpang yang sering keluar masuk lewat wilayah tersebut, serta seringnya badan jalan wilayah tersebut tergenang oleh air hujan pada saat musim penghujan karena faktor topografi wilayah serta kondisi existing drainase yang kurang memadai di wilayah tersebut sehingga existing perkerasan yang ada akan cepat rusak dikarenakan genangan air serta tonase kendaraan berat yang melewati wilayah tersebut. Sehingga kenyamanan dan kelancaran berkendara menjadi terganggu.

1.3 Tujuan

- Menentukan pemilihan jenis perkerasan jalan raya yang tepat pada kerusakan ruas jalan raya yang sesuai dengan Pedoman Teknis MDP 2017.
- Menentukan ketebalan masing - masing struktur perkerasan yang didapat berdasarkan data lapangan.
- Mendapatkan hasil perhitungan Rencana Anggaran biaya sesuai dengan kondisi harga satuan material dan upah tukang saat ini.

1.4 Manfaat

- Memberikan pemahaman agar dapat lebih dimengerti pengetahuan mengenai analisis pemilihan jenis perkerasan jalan raya yang tepat pada sebuah lokasi ruas jalan sesuai dengan Petunjuk Teknis MDP 2017.
- Agar mengerti pentingnya pilihan perkerasan jalan yang tepat guna untuk mengakomodir kerusakan jalan sesuai dengan tantangan dan hambatan dalam kinerja aset jalan di Indonesia.
- Hasil Karya Tulis Ilmiah ini dapat dijadikan bahan masukan / pertimbangan bagi pengelola jalan khususnya Kementerian Pekerjaan Umum atau pihak lain dalam perencanaan perkerasan jalan raya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Perkerasan Jalan

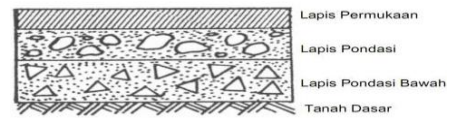
Menurut Hamirhan Sodang (2005), Perkerasan Jalan merupakan salah satu bagian dari jalur lalu lintas, yang jika kita analisa secara struktur pada penampang melintang jalan adalah penampang struktur dalam bagian yang terlihat dalam suatu gambar dan konstruksi badan jalan. Jika diklasifikasikan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan raya dapat diagi beberapa jenis :

- Konstruksi Perkerasan Lentur
- Konstruksi Perkerasan Kaku
- Konstruksi Perkerasan Komposit

2.2 Bagian – Bagian Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur terdiri dari tiga lapis, yaitu: Lapis Pondasi Bawah (*sub base*), Lapis Pondasi (*Base*), dan Lapis Permukaan

(*Surface*). Perkerasan lentur adalah salah satu teknologi perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.



Gambar 2.1. Lapisan Perkerasan Lentur

2.3 Komposisi Perkerasan Lentur

- Tanah Dasar (*Sub Grade*)
- Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
- Lapis Pondasi (*Base Course*)
- Lapis Permukaan (*Surface Course*)

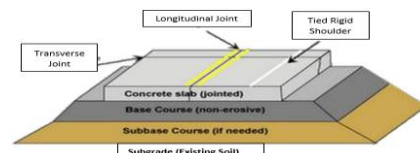
2.4 Parameter Perencanaan Perkerasan Lentur MDP 2017

Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 Metode manual desain perkerasan Nomor 02/M/BM//2017 atau revisi 2017 merupakan pembaharuan dari metode MDP 2013. Metode desain yang digunakan pada manual desain perkerasan adalah metode mekanistik empiris dan solusi berdasarkan chart, yang telah digunakan secara luas di berbagai negara berkembang. Revisi MDP 2017 meliputi perubahan struktur penyajian dan perbaikan serta penambahan pada kandungan manual. Berikut merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan:

- Umur Rencana
- Pemilihan Struktur Perkerasan
- Lalu Lintas
- Zona Iklim
- Desain Fondasi Jalan
- Desain Perkerasan

2.5 Bagian – Bagian Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku hanya terdiri dari dua lapis, yaitu: plat beton dan pondasi bawah (*subbase*).



Gambar 2.2. Lapisan Perkerasan Kaku

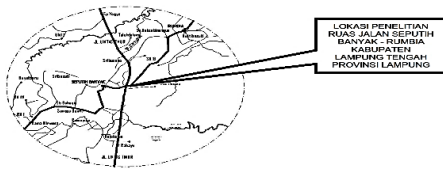
2.6 Komposisi Perkerasan Kaku

Komposisi yang terdapat dalam perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) mencakup:

- Penyalur Beban
 - Ruji (*dowel*)
 - Batang Pengikat (*Tie Bar*)
- Baja Tulangan (*Wire mesh*)
- Sambungan (*Joint*)
- Pengisi Sambungan dan Penutup Sambungan.

3. Metode Penulisan

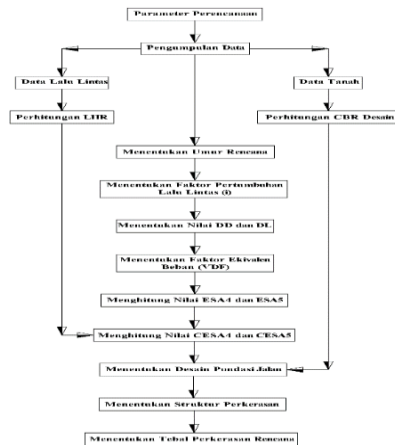
Lokasi Studi Kasus dalam penulisan karya ilmiah ini berlokasi berada di ruas jalan Provinsi Seputih Banyak – Rumbia. Jalan ini masuk klasifikasi jalan Kolektor Primer.



Gambar 3.1. Lokasi Studi Kasus

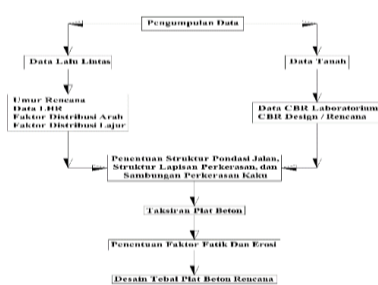
Tahapan diagram alir penulisan yang akan dilakukan adalah berdasarkan diagram alir di bawah ini :

3.1 Diagram Alir Perkerasan Lentur MDP 2017



Gambar 3.2. Alur Studi Analisis Perencanaan Perkerasan Lentur Metode MDP 2017

3.2 Diagram Alir Perkerasan Kaku MDP 2017



Gambar 3.3. Alur Studi Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku Metode MDP 2017

3.3. Data dan Informasi Yang Diperlukan

- Data teknis jalan untuk mengetahui klasifikasi jalan
- Data LHR jalan untuk mengetahui jumlah kendaraan dan pengaruh beban yang melalui jalan tersebut
- Data CBR untuk mengetahui daya dukung tanah
- Faktor pertumbuhan lalu lintas untuk mengetahui pertambahan lalu lintas per tahunnya
- Factor regional untuk mengetahui keadaan lapangan, iklim, kondisi terkait

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan Data yang dikumpulkan oleh penulis adalah mengumpulkan data sekunder yang diambil melalui sumber dari tesis penulis yang ditulis pada tahun 2022 lalu, data sekunder yang diambil adalah meliputi Data Teknis Jalan, Data LHR Jalan, Data CBR Tanah, Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas, dan Faktor Regional Lapangan.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik Analisis Data yang dilakukan adalah dengan cara menganalisis data sekunder yang telah dikumpulkan oleh penulis melalui sumber dari tesis penulis sendiri pada tahun 2022 yang meliputi Data Teknis Jalan, Data LHR Jalan, Data CBR Tanah, Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas, dan Faktor Regional Lapangan, Lalu setelah data- data tersebut terkumpul penulis membuat sebuah analisis data.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Analisis Data

Tabel 4.1. Data LHR

No	Jenis Kendaraan	Jumlah LHR (Perkendaraan)							Rata - Rata LHR / Hari
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jun'at	Sabtu	Minggu	
1	Sepeda Motor	1.573	1.495	1.464	1.436	1.452	1.421	1.151	1.420
2	Mobil Peribadi	791	672	623	557	532	561	481	602
3	Anak-anak	21	15	12	13	11	16	9	15
4	Bus Sekolah	12	10	8	5	8	3	5	7
5	Bus Besar	15	5	7	6	4	5	7	7
6	Pick Up	203	198	176	183	141	176	121	173
7	Truck Sedang	263	211	201	215	237	205	187	217
8	Truck Besar	296	243	265	274	252	227	123	240
9	Sepeda	27	21	15	10	16	9	19	17
10	Becak	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Gerobak	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Kendaraan		3.153	2.870	2.776	2.699	2.663	2.623	2.105	
Total Jumlah Kendaraan		18.889							

Sumber : Data Sekunder

4.1.1. Data Pertumbuhan Lalu Lintas

Berdasarkan hasil data sekunder yang didapatkan, diperoleh data volume kendaraan lalu lintas di 5 tahun sebelumnya per minggu adalah 95.568 dan kendaraan di tahun ini adalah 18.889 per minggu jadi total kendaraan di tahun sekarang adalah 114.578. kendaraan

Perhitungan untuk menentukan pertumbuhan lalu lintas (i)

$$i = (\text{tahun sekarang} - \text{tahun sebelumnya}) / \text{tahun sebelumnya} \times 100$$

$$i = (114.578 - 95.689) / 95.689 \times 100 = 19,74 \%$$

4.1.2. Faktor Distribusi Arah

Tabel 4.2. Faktor Distribusi Arah

Berdasarkan **Tabel 4.2.** Faktor Distribusi Arah Diatas, Faktor Ditribusi Untuk 2 Arah diambil 0,50.

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

4.1.2. Faktor Distribusi Lajur

Faktor Distribusi Lajur (D_L) Mengacu Pada **Tabel 4.3.** Dibawah ini

Tabel 4.3. Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah Lajur Setiap Arah	D _L (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Dari **Tabel 4.3.** diatas Faktor Distribusi (D_L) Menggunakan 2 Lajur Dengan Nilai D_L 80-100 %. Maka digunakan Nilai D_L 100%.

4.1.3. Data Hasil Pengujian CBR Rencana

Tabel 4.4. Data CBR

Titik Sample	STA	Nilai/Hasil CBR
1	0 + 700	2,05 %
2	1 + 000	2,10 %
3	1 + 400	2,55 %

Sumber : Data Sekunder (Tesis 2022)

Dari **Tabel 4.4.** Berdasarkan hasil pengujian CBR Rencana diatas maka penulis mengambil data CBR Terendah agar meminimalisir seluruh resiko perencanaan yang dihitung.

4.2.Perhitungan Perkerasan Lentur Metode MDP 2017

Prosedur-prosedur ini harus diikuti sebagaimana diuraikan dalam panduan MDP 2017 :

- Tentukan umur rencana
- Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
- Tentukan tipe perkerasan
- Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam
- Tentukan struktur fondasi perkerasan.
- Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain - 3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.
- Tentukan standar drainase bawah permukaan yang Dibutuhkan
- Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan
- Tentukan kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan
- Ulangi langkah 5 sampai 9 untuk setiap segmen yang seragam.

4.2.1. Data Teknis Perhitungan

- Panjang Jalan = 1000 Meter
- Lebar Jalan = 6 Meter
- Umur Rencana = 20 Tahun
- CBR Tanah Dasar = 2.05 %
- Pertumbuhan Lalu Lintas = 19,74 %
- Faktor Distribusi Arah = 0,5
- Faktor Distribusi Lajur = 100 %

Tabel 4.5. Umur Rencana Perkerasan

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

Sumber : MDP 2017

Tabel 4.6. Nilai VDF Regional Masing -Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera		Jawa		Kalimantan		Sulawesi		Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua	
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual	
	ES _A	ES _B	ES _A	ES _B	ES _A	ES _B	ES _A	ES _B	ES _A	ES _B
5B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.95	0.5	0.95	0.5	0.95	0.5	0.95	0.5	0.95	0.5
6B	4.6	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.8	8.5
7A1	10.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	9.9	18.3
7A2	10.5	20.0	4.3	5.6	10.2	16.0	4.3	5.6	9.6	17.7
7B1	-	-	-	-	11.8	16.2	9.4	13.0	-	-
7B2	-	-	-	-	13.7	21.8	12.6	17.8	-	-
7C1	15.9	29.5	7.0	9.6	11.0	19.8	7.4	9.7	11.7	20.4
7C2A	19.8	39.0	6.1	8.1	17.7	33.0	7.6	10.2	8.2	14.7
7C2B	20.7	42.8	6.1	8.0	13.4	24.2	6.5	8.5	-	-
7C3	24.5	51.7	6.4	8.0	16.1	34.4	6.1	7.7	13.5	22.9

Sumber : MDP 2017

Tabel 4.7. Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	Klasifikasi / Alternatif	Urutan	Konfigurasi sumbu	Mutasi ² yang diangkut	Distribusi Spikal (%)		Faktor Ekstensi Beban (VDF)	
					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 / Pangkat 4	VDF5 / Pangkat 5
					2	3	4	5
KENDARAAN NIAGA	1	1	Sepele motor	1.1	2	30.4		
	2,3,4	2,3,4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1	2	51.7	74.3	
	5a	5a	Bus kecil	1.2	2	3.5	5.00	0.3
	5b	5b	Bus besar	1.2	2	6.1	0.20	1.0
	6a,1	6,1	Truk 2 sumbu – cargo / ringan	1.1	muatan umum	2	4.8	6.60
	6a,2	6,2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2		0.8
	6b,1	7,1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2		0.7
	6b,2	7,2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2		1.6
	6b,3	8,1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3.8	5.50
	6b,4	8,2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2		7.3
	7a,1	9,1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3		7.6
	7a,2	9,2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3	3.9	5.60
	7a,3	9,3	Truk 3 sumbu – berat	1.1,2	tanah, pasir, besi, semen	3	0.1	0.10
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer panjang 2 sumbu	1.2-2.2	4	0.5	0.70	36.9

Sumber : MDP 2017

4.2.2. CESA Berdasarkan MDP 2017

CESA (*Cumulative Equivalent Single Axle*) atau beban sumbu standar kumulatif diperoleh dari penjumlahan nilai ESA tiap jenis kendaraan yang melintasi jalan. Nilai ESA ditentukan dengan rumus:

$$ESA = (\frac{L}{L_{HRJK}} \times \frac{V}{VDFJK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Perhitungan CESA4 (untuk perkerasan tanpa aspal) dan CESA5 (untuk perkerasan dengan aspal) dilihat pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 4.8. Perhitungan CESA4 dan CESA5

Jenis Kendaraan	LHR	R	Jumlah Hari	DD	DL	VDF4	VDF5	ESAL4	ESAL5
Sepeda Motor	1	1.420	180.902	365	0,5	1	0	0	0
Sedan/Angkot/Pickup	2,3,4	790	180.902	365	0,5	1	0	0	0
Bus Kecil	5A	7	180.902	365	0,5	1	0,3	69.330,69	46.220,46
Bus Besar	5B	7	180.902	365	0,5	1	1,0	231.102,31	231.102,31
Truk 2 Sumbu-Sedang	7,2	217	180.902	365	0,5	1	1,6	11.462.674,33	12.179.091,47
Truk 3 Sumbu-Berat	8,2	240	180.902	365	0,5	1	7,3	57.841.605,48	88.743.285,12
CESA								69.604.712,80	101.199.699,36

Sumber : Data Sekunder dan Hasil Perhitungan

diperoleh : CESA4 = 69.604.712,80 ESAL

CESA5 = 101.199.699,36 ESAL

4.2.3. Pemilihan Jenis Perkerasan

Nilai CESA5 selanjutnya digunakan untuk pemilihan jenis perkerasan yang ada pada tabel 9 berikut ini :

Tabel 4.9. 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 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas 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 ≥ 100 mm 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 kecil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : MDP 2017

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh nilai ESA 20 tahun sebesar 101.199.699,36 maka nilai ESA berada diantara 30 – 200 Juta. Karena dalam pembahasan ini adalah perencanaan perkerasan lentur, maka dipilih tipe perkerasan AC dengan lapis pondasi berbutir.

4.2.4. Desain Pondasi Jalan

Dari hasil penelitian CBR tanah dasar, CBRDesain yang telah di peroleh memiliki nilai yang berbeda pada setiap segmen. Untuk nilai CBRDesain < 6%, dapat dilakukan perbaikan berdasarkan tabel 10 berikut ini:

Tabel 4.10. Desain Fondasi Jalan Minimum

Tabel A2.01: Desain Fondasi Jalan Wilayah II						
CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Urutan Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESAL)		Stabilitas Semen (%)	
			< 2	2 - 4	> 4	
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material	Tebal minimum perbaikan tanah dasar Tebal diperlukan perbaikan		300	
5	SG5	terbukan pilihan (selain penempatan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah)	100	150		200
4	SG4		150	200		250
3	SG3		250	300		350
2,5	SG2.5	(pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	400	500		600
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)	SG1 (%)	Lapis penopang ⁽¹⁾	1000	1100	1200	
		atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾	650	750	850	
Tanah gembur dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketahanan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽¹⁾	1000	1250	1500	

Sumber : MDP 2017

4.2.5. Tebal Perkerasan Lentur

Nilai CESA5 yang diperoleh sebesar 101.199.699,36 ESAL, untuk tebal perkerasannya dapat dilihat pada tabel 11 dan 12 berikut ini:

Tabel 4.11. Bagan Desain – 3B. Desain Perkerasan Lentur – Aspal Dengan Lapis Fondasi Berbutir

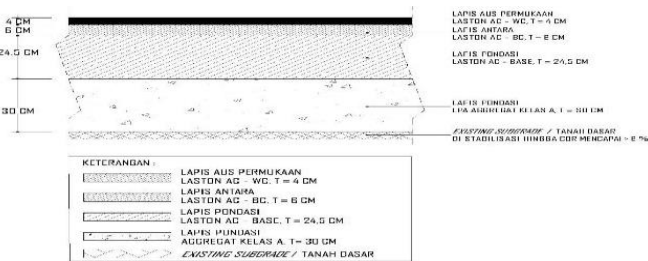
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ³ ESAS)	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih								
	Lihat Catatan 2								
	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2				3		

Sumber : MDP 2017

Dari bagan desain diatas, untuk nilai CESA 5 tersebut diperoleh tebal perkerasan sebagai berikut :

- AC WC = 40 mm / 4 cm
- AC BC = 60 mm / 6 cm
- AC Base = 245 mm / 24.5 cm
- LPA kelas A = 300 mm / 30 cm

Gambar 4.1. Tebal Struktur Perkerasan Lentur



Sumber : Hasil Analisis dan Perhitungan

4.3. Perhitungan Perkerasan Kaku Metode MDP 2017

Prosedur dalam menggunakan bagan desain untuk mencapai hasil yang maksimal secara teknis dan optimal secara ekonomis dalam Metode MDP 2017 adalah sebagai berikut:

- Tentukan umur rencana (Tabel 2-1.).
- Tentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga.
- Tentukan stuktur fondasi jalan dari Bagan Desain - 2.
- Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak.
- Tentukan struktur lapisan perkerasan sesuai Bagan Desain – 4 atau 4A.
- Tentukan jenis sambungan (umumnya berupa sambungan dengan dowel).
- Tentukan jenis bahu jalan (biasanya menggunakan bahu beton).
- Tentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi dowel & tie bar, ketentuan sambungan dan sebagainya.

4.3.1. Data Teknis Perhitungan

- Panjang Jalan = 1000 Meter
- Lebar Jalan = 6 Meter
- Umur Rencana = 40 Tahun
- CBR Tanah Dasar = 2.05 %
- Pertumbuhan Lalu Lintas = 19,74 %
- Faktor Distribusi Arah = 0,5
- Faktor Distribusi Lajur = 100 %
- Kuat Tarik Lentur Beton = 3,83 Mpa
- Bahu Jalan = Tanpa Lapis Beton
- Ruji (*Dowel*) = Ya

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

Tabel 4.12. Umur Rencana Perkerasan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ , Fondasi jalan	20
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , 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

4.3.2. Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Tabel 4.13. Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Deban Sumbu (ton)				Jumlah Sumbu per Kendaraan (hh)	Jumlah Sumbu (hh)	STRT		STRG		STDRG	
	RD	RB	RGD	RGB			BS (ton)	JS (hh)	BS (ton)	JS (hh)	BS (ton)	JS (hh)
1	2				3	4	5	6	7	8	9	10
Bus	3	5	-	-	27	54	3	27	5	27	-	-
Truck Sedang	5	8	-	-	265	2	530	5	265	8	265	-
Truck Besar	6	14	-	-	296	2	592	6	296	-	14	296
Total						1176		588		392		296

Sumber : Data Sekunder Dan Hasil Perhitungan

Keterangan: D = roda depan, RB = roda belakang, RGD = roda gandeng depan, RGB = roda gandeng belakang, BS = beban sumbu, JS = jumlah sumbu, STRT = sumbu tunggal roda tunggal, STRG = sumbu tunggal roda ganda, STDRG = sumbu tandem roda ganda

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 40 tahun.

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

$$(1+i)^n - 1$$

$$R = \frac{i}{(1+0,1974)^{40} - 1}$$

$$R = \frac{0,1974}{6.821,8257}$$

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

$$= 365 \times 1176 \times 180,902$$

$$= 2.928.200.463,468$$

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

$$= 2.928.200.463,468 \times 0,50$$

$$= 1.464.100.231,734$$

$$= 146,4 \times 10^7$$

Nilai C diambil dari jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan niaga berdasarkan lebar perkerasan sesuai dengan Tabel dibawah ini.

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n ₁)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
L _p < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m ≤ L _p < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m ≤ L _p < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,25 m ≤ L _p < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m ≤ L _p < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m ≤ L _p < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

Tabel 4.14. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Sumber : MDP 2017

Data lalu – lintas yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan beton semen adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing – masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana. Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi, dapat dilihat pada Tabel 4.15. berikut ini:

Tabel 4.15. Perhitungan repetisi sumbu rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi Yang Terjadi
STRT	6	296	0,50	0,50	1.464.100.231	366.025,058
	5	265	0,45	0,50	1.464.100.231	329.422,552
	3	27	0,05	0,50	1.464.100.231	36.602,506
TOTAL		588	1,00			732.050,116
STRG	8	265	0,91	0,25	1.464.100.231	333.082,803
	5	27	0,092	0,25	1.464.100.231	33.674,305
TOTAL		292	1			366.757,108
STDRG	14	296	1	0,25	1.464.100.231	366.025,058
TOTAL		296	1			366.025,058
KOMULATIF						1.464.100.231
						1

Sumber : Hasil Perhitungan dan Analisis

4.3.3. Tebal Struktur Lapisan Perkerasan Kaku.

Ketebalan minimum semua jenis perkerasan kaku yang akan dilalui kendaraan niaga tidak boleh kurang dari 150 mm, kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (dowel), tebal minimum harus 200 mm. Berdasarkan jumlah sumbu hasil perhitungan sebelumnya sebesar $146,4 \times 10^7$ maka diperoleh tebal pelat beton 305 mm dengan lapis pondasi Lean Mix Concrete (LMC) 100 mm, lapis drainase LPA 150 mm dan menggunakan dowel

Berikut ini tabel pemilihan tebal pelat beton berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017.

Tabel 4.16. Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC			100		
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)			150		

Sumber : MDP 2017

4.3.4. Tebal Struktur Fondasi Jalan

Rancangan fondasi jalan dipilih berdasarkan data CBR tanah dasar hasil CBR Rencana pada table diatas. Setelah itu data CBR diambil nilai yang terkecil, maka diperoleh nilai CBR sebesar 2,05%.

Jika Perkerasan jalan yang dipilih adalah perkerasan kaku maka menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) 2017. maka memerlukan lapis penopang setebal 850 mm untuk mencapai daya dukung setara SG 2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.

Tabel 4.17. Desain Fondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESAS)			Stabilisasi Semen ⁽²⁾
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dengan perupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Divisi 3 – Pekerjaan Tanah)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5	(pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2,5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			1000	1100	1200	Bekas ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽¹⁾	Lapis penopang ⁽³⁾	650	750	850	
		-atau- lapis penopang dengan grid ⁽⁴⁾ (5)				
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)			Lapis penopang bertur ⁽⁵⁾	1000	1250	1500

Sumber : MDP 2017

4.3.5. Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Tabel 4.18. Data CBR

Titik Sample	STA	Nilai/Hasil CBR
1	0 + 700	2,05 %
2	1 + 000	2,10 %
3	1 + 400	2,55 %

Sumber : Data Sekunder

Untuk menentukan CBR efektif dengan tebal pondasi bawah di antara garis-garis tersebut di atas, diperoleh dengan menggunakan persamaan garis sebagai berikut :

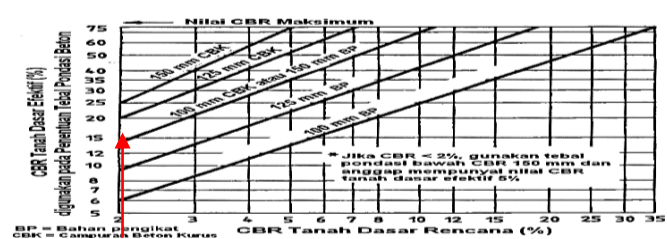
$$E_{f_k} = E_{f_{\text{bawah}}} - \frac{(E_{f_{\text{atas}}} - E_{f_{\text{bawah}}}) \times (\text{Tebal}_{\text{bawah}} - \text{Tebal}_k)}{(\text{Tebal}_{\text{bawah}} - \text{Tebal}_k)}$$

Misalnya menentukan CBR efektif untuk nilai CBR tanah dasar 2,05% dengan jenis pondasi bawah campuran beton krus setebal 125 mm. Dengan persamaan diperoleh:

$$E_{f_k} = 20 - \frac{(20 - 20) \times (100 - 125)}{(100 - 125)} = 20\%$$

Diperoleh CBR tanah dasar efektif 20 %

Gambar 4.2. : CBR tanah dasar efektif



Sumber : Pd T-14-2003

4.3.6. Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi

Tahapan berikutnya adalah melakukan proses efisiensi desain tebal perkerasan kaku tersebut dengan melakukan analisis fatik dan erosi berdasarkan Pd-T-14-2003. Hal ini dilakukan untuk proses pengecekan kembali apakah tebal perkerasan yang didapat dari analisa MDP 2017 menghasilkan analisa fatik dan erosi yang minimal < 100% atau bisa didapat tebal yang lebih tipis dari yang sudah didapatkan.

Tebal plat yang dijadikan tebal taksiran adalah 305 mm lalu dibulatkan menjadi 300 mm agar memudahkan pengerjaan berdasarkan dari hasil analisa MDP 2017. Sehingga dihitung tegangan ekuivalen, factor erosi seperti pada tabel 4.18.

Tabel 4.19. Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Bahu (mm)	CBR ER Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STRG	STRG	STRT	STRG	STRG	STRG	STRT	STRG	STRG	STRG
200	5	0,61	1,08	1,04	0,9	2,01	2,61	2,69	2,93	1,75	2,35	2,56	2,77
200	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,99	2,59	2,63	2,86	1,74	2,34	2,54	2,71
200	15	0,56	0,98	0,9	0,7	1,97	2,56	2,6	2,83	1,74	2,34	2,54	2,68
200	20	0,57	0,98	0,88	0,67	1,96	0,2	2,79	2,83	1,73	2,33	2,51	2,67
200	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,95	2,56	2,77	2,81	1,73	2,33	2,5	2,65
200	30	0,54	0,9	0,8	0,6	1,93	2,54	2,73	2,77	1,72	2,32	2,47	2,61
200	50	0,52	0,86	0,75	0,56	1,92	2,52	2,69	2,74	1,71	2,31	2,44	2,56
200	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,9	2,5	2,64	2,68	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1	0,77	1,97	2,57	2,66	2,9	1,71	2,31	2,55	2,74
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,6	2,85	1,7	2,3	2,51	2,68
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82	1,69	2,3	2,49	2,65
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8	1,68	2,29	2,48	2,64
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78	1,68	2,29	2,48	2,62
300	30	0,51	0,88	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74	1,67	2,28	2,46	2,58
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7	1,66	2,26	2,41	2,53
300	75	0,47	0,78	0,68	0,5	1,86	2,46	2,61	2,68	1,65	2,26	2,37	2,48
310	5	0,58	0,98	0,97	0,74	1,94	2,54	2,83	2,88	1,67	2,27	2,51	2,71
310	10	0,53	0,92	0,89	0,68	1,92	2,51	2,77	2,89	1,66	2,26	2,47	2,65
310	15	0,52	0,89	0,84	0,65	1,89	2,49	1,65	2,79	1,65	2,25	2,45	2,62
310	20	0,51	0,88	0,82	0,63	1,89	2,49	1,64	2,77	1,64	2,24	2,44	2,61
310	25	0,5	0,86	0,79	0,6	1,88	2,48	1,64	2,75	1,64	2,24	2,43	2,592
310	35	0,49	0,82	0,74	0,55	1,86	2,46	1,63	2,71	1,63	2,23	2,4	2,55
310	50	0,47	0,78	0,69	0,51	1,84	2,44	1,62	2,67	1,62	2,22	2,37	2,5
310	75	0,45	0,74	0,63	0,48	1,82	2,42	2,58	2,62	1,61	2,21	2,34	2,45

Sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan

Keterangan:

Tebal taksiran 30,5 cm dibulatkan menjadi 30 cm. CBR efektif tanah dasar 20%

Jika tebal perkerasan beton taksiran beton 300 mm digunakan maka menghasilkan kerusakan akibat fatik dan erosi ≥ 100% ditunjukkan pada **Tabel 4.20**.

Untuk mengetahui tebal perkerasan aman atau tidak, maka harus dilakukan analisa fatik dan erosi sesuai dengan pedoman MDP 2017 yang merujuk Pd T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Beton Semen. Tabel perhitungan mengacu pada peraturan yang sudah ada.

Jenis Sumbu	Beban Sumbu Ton (Kn)	Beban Rencana Per Roda (Kn)	Repetisi Yang Terjadi	Factor Tegangan Dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak	Repetisi Ijin	Persen Rusak
STRT	6(60)	33	366.025.058	TE=0,54	TT	0,00	TT	0,00
	5(50)	27,5	329.422.552	FRT=0,14	TT	0,00	TT	0,00
	3(30)	16,25	36.602.506	FE=1,68	TT	0,00	TT	0,00
STRG	8(80)	22	333.082,80	TE=0,92	TT	0,00	TT	0,00
	5(50)	13,73	33.674.305	FRT=0,24	TT	0,00	TT	0,00
STdRG	14(140)	19,25	366.025,058	FE=2,29				
				TE=0,85				
				FRT=0,22	TT	0,00	TT	0,00
					0% < 100%		0% < 100%	

Tabel 4.20. Analisa Fatik dan Erosi (Tebal = 30 cm)

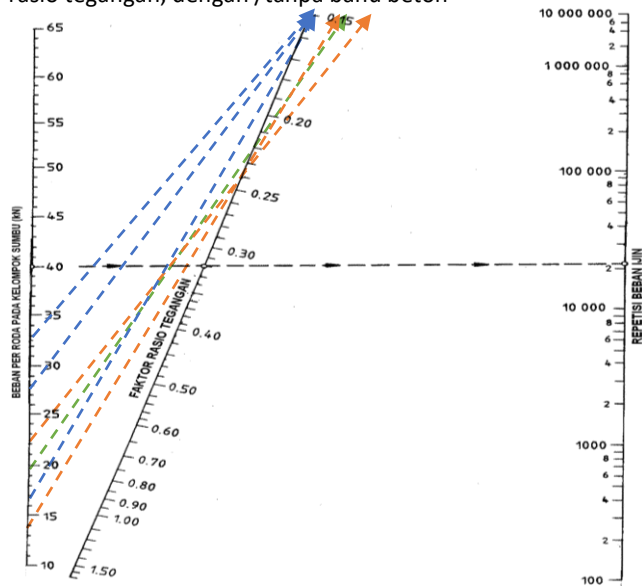
Sumber: Hasil Analisis dan Perhitungan

Keterangan :

TE : Tegangan ekuivalen, FRT : Faktor rasio tegangan

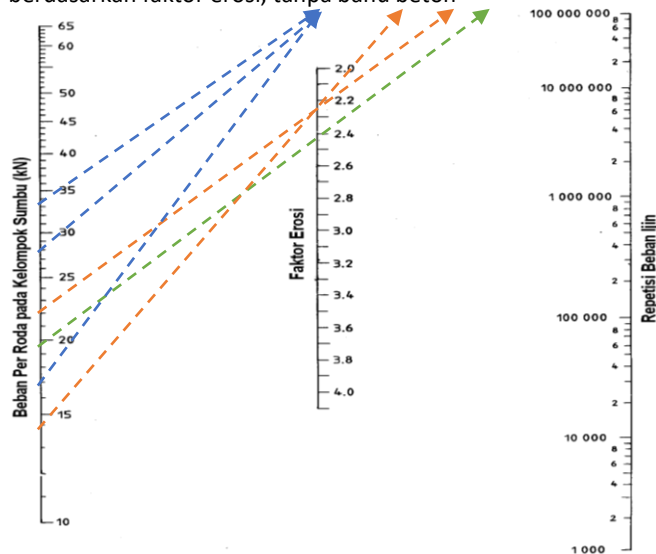
FE : Faktor erosi, TT : Tak Terbatas

Gambar 4.3. : Analisa fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton



Sumber : MDP 2017 dan Hasil Analisis

Gambar 4.4. : Analisa erosi dan jumlah repetisi beban ijin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton



Sumber : MDP 2017 dan Hasil Analisis

- ▼ (Garis Panah Biru) = STRT
- ▼ (Garis Panah Orange) = STRG
- ▼ (Garis Panah Hijau) = STdRG

Dengan tebal plat 300 mm, ternyata tidak terlihat jumlah kerusakan fatik dan erosi dengan hasil $0\% < 100\%$. Maka tebal plat 300 mm sudah cukup kuat dan aman.

4.3.7. Perhitungan Sambungan Dowel dan Tie Bars

a. Data Perhitungan

- a. Tebal pelat = 30 cm
- b. Lebar pelat = 2 x 3 m (untuk 2 lajur)
- c. Panjang pelat = 4,5 m
- b. Hitungan Sambungan Susut Melintang Dengan Dowel.
Kedalaman sambungan susut melintang kurang lebih mencapai seperempat dari tebal plat beton, Dowel adalah batang baja tulangan polos yang digunakan sebagai sarana

penyambung/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. Ketentuan penggunaan dowel, dapat dilihat pada **Tabel** dibawah ini.

Tabel 4.21. Ukuran dan jarak batang dowel (ruji)

Tebal Pelat Perkerasan	Dowel					
	Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci
6	150	¾	19	18	450	12
7	175	1	25	18	450	12
8	200	1	25	18	450	12
9	225	1 ¼	32	18	450	12
10	250	1 ¼	32	18	450	12
11	275	1 ¼	32	18	450	12
12	300	1 ¼	32	18	450	12

Sumber : Makalah UI dan Hasil Analisis Perhitungan.

Berdasarkan **Tabel 4.21.** Diatas, dowel yang digunakan dengan ukuran sebagai berikut:

Diameter : 1 ¼" (32 mm)
Panjang : 450 mm
Jarak : 300 mm

Kedalaman Sambungan Susut Melintang: $1/4 \times 250 = 62,5$ mm = (6 cm) Maka digunakan dowel Ø 32 jarak 300 mm, dan dudukan di gunakan besi 4 Ø 12 dengan panjang 450 mm.

c. Hitungan Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (tie bars)

Jarak antar sambungan memanjang 300 mm. Luas penampang tulangan dihitung dengan rumus :

$A_t = 204 \times b \times h$, dimana :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm)

b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m)

h = Tebal pelat (m)

$A_t = 204 \times b \times h$

$A_t = 204 \times 3 \times 0,25$

$A_t = 153 \text{ mm}^2$

Karena hasil diatas masih jauh dari syarat minimum yaitu = 160 mm^2 , Maka tetap digunakan besi ulir diameter = 16 mm.

Panjang batang pengikat dihitung dengan rumus :

$l = (38,3 \times \phi) + 75$

$l = (38,3 \times 16) + 75$

$l = 687,8 \text{ mm}$, dibulatkan menjadi 700 mm

Jadi dipakai besi ulir diameter 16 mm dengan panjang 700 mm, dan jarak batang pengikat 750 mm, jarak dudukan (*chaira*) dan besi yang digunakan adalah Ø 12–750 mm.

Kedalaman Sambungan Susut Memanjang : $1/4 \times 300 = 75$ mm = 7,5 (cm) dibulatkan menjadi = 8 cm

Dari hasil perhitungan dan analisis didapat tebal perkerasan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 adalah sebagai berikut :

Keterangan :

- a. Tebal LC : 100 mm
- b. Tebal Plat : 300 mm
- c. Lapis Drainase (LPA) : 150 mm
- d. Dowel
Diameter : 32 mm
Panjang : 450 mm
Jarak : 300 mm
- e. Tie Bars
Diameter : 16 mm
Panjang : 700 mm
Jarak : 750 mm

30 CM

10 CM

15 CM

RIGID PAVEMENT, L = 800 CM
BETON FC' 30 Mpa, T = 30 CM

LEAN MASS CONCRETE
BETON KURUS/LANTAI KERJA, T = 10 CM

LAPIS PONDASI ATAS
MEMBUDAHKAN AGREGAT KELAS A, T = 15 CM

EXISTING SUBGRADE / TANAH DASAR

KETERANGAN :

RIGID PAVEMENT, L = 800 CM
BETON FC' 30 Mpa, T = 30 CM

LEAN MASS CONCRETE
BETON KURUS/LANTAI KERJA, T = 10 CM

LAPIS PONDASI ATAS
AGREGAT KELAS A, T = 15 CM

EXISTING SUBGRADE / TANAH DASAR

The diagram illustrates a cross-section of a reinforced concrete slab with various reinforcement bars. The overall width is 80 cm, divided into three equal sections of 40 cm each. The total height is 100 cm, with a clear height of 90 cm between the top and bottom reinforcement layers.

- Top Reinforcement:**
 - LONGITUDINAL BARS A10:** Located at the top center, with a diameter of 10 mm.
 - TRANSVERSE BARS A10:** Located at the top corners, with a diameter of 10 mm.
- Bottom Reinforcement:**
 - LONGITUDINAL BARS A10:** Located at the bottom center, with a diameter of 10 mm.
 - TRANSVERSE BARS A10:** Located at the bottom corners, with a diameter of 10 mm.
- Other Details:**
 - 7# BARS C16 - 750:** Seven vertical bars with a diameter of 16 mm and a spacing of 750 mm.
 - PANJANG = 450 MM:** Dimension indicating the length of certain reinforcement segments.
 - PANJANG = 700 MM:** Dimension indicating the length of other reinforcement segments.

No	Jenis Pekerjaan	Rincian Volume Pekerjaan	Volume
1	Laston Lapis Aus (AC-WC)	1.000 x 6 x 0,04 x 2,25 (B) Aspal	540 Ton
2	Laston Lapis Antara (AC-BC)	1.000 x 6 x 0,06 x 2,27 (B) Aspal	817,20 Ton
3	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	1.000 x 6 x 0,245 x 2,30 (B) Aspal	3.381 Ton
4	Laston Pondasi Agregat Kelas A	1.000 x 6 x 0,30	1.800 M ³

No	Uraian	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Laston Lapis Aus (AC-WC)	1.741.324,26	Rincian
2	Laston Lapis Antara (AC-BC)	1.646.801,44	Analisa Dapat
3	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	1.504.290,46	Dilihat Pada
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	689.358,17	Lampiran

N	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Laston Lapis Atas (AC-WC)	Ton	540 Ton	1.721.324,26	Rp. 930.315.100,40
2	Laston Lapis Antara (AC-BG)	Ton	817,20 Ton	1.646.801,44	Rp. 1.345.766.136,77
3	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	Ton	3.381 Ton	1.504.290,45	Rp. 5.086.006.045,76
4	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	1.800 M ³	689.358,17	Rp. 1.240.844.706,00
Jumlah					Rp. 6.112.931.988,43
Jumlah Keseluruhan Teras dan Damarok Pajal					Rp. 6.112.931.988,43
Dibulatkan					Rp. 6.112.932.000,00

Terdilane : Terbilang Miliar Enam Ratus Dua Belas Juta Sembilan Ratus Tiga Puluh Dua Ribu Rujuh

No	Jenis Pekerjaan	Rincian Volume Pekerjaan	Volume
1	Beton Mutu Sedang f'c 30 MPa (Piat Beton)	$1.000 \times 6 \times 0.30$	1.800 m ³
2	Beton Mutu Sedang f'c 30 MPa (Lean Concrete)	$1.000 \times 6 \times 0.10$	600 m ³
3	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	$1.000 \times 6 \times 0.15$	900 m ³
4	Baja Tulangan U 24 Polos (Durlukan) Dowel #12	$0.10 \times 0.12 \times 0.12 \times 2 \times (6/0.31 \times (1000/4.5) \times 0.888 (8))$	2.694 kg
5	Baja Tulangan U 24 Polos (Durlukan) Tie Bars #12	$0.15 \times 0.12 \times 0.12 \times 2 \times (1000/7.5 \times 0.888 (8))$	924 kg
6	Baja Tulangan U 32 Polos (Dowel) #32	$0.45 \times (6/0.31 \times (1000/4.5) \times 6.31 (8))$	12.620 kg
7	Baja Tulangan U 32 Ulir (Tie Bars) D16	$0.75 \times (1000/7.5 \times 1.58 (8))$	1.580 kg

No	Uraian	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Beton Mutu Sedang f'c 30 MPa	2.393.651,81	Rincian Analisa Dapat Dilihat Pada Lampiran
2	Beton Mutu Sedang f'c 20 MPa	1.798.676,73	
3	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	689.358,17	
4	Baja Tulangan U 24 Polos	18.031,26	
5	Baja Tulangan U 32 Polos	18.657,54	
6	Baja Tulangan U 32 Ulir	20.472,54	

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Beton Mutu Sederang f'30 Mpa (Plat Beton)	m ³	1.800 M ³	2.393.551,81	Rp. 4.308.572.258,00
2	Beton Mutu Sederang f'20 Mpa (Lean Concrete)	m ³	600 M ³	1.798.676,73	Rp. 1.079.206.038,00
3	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m ³	900 M ³	689.358,17	Rp. 620.422.353,00
4	Baja Tulangan 12 Panas (Dudukan) Dowel #12	Kg	2.684 Kg	18.011,26	Rp. 45.546.962,76
5	Baja Tulangan 12 Panas (Dudukan) Beton #12	Kg	9.245 Kg	18.011,26	Rp. 15.795.383,76
6	Baja Tulangan 12 Panas (Dowel) #12	Kg	12.620 Kg	18.011,26	Rp. 22.734.155,56
7	Baja Tulangan 12 Ulir (Tie Bar) D16	Kg	1.580 Kg	20.472,54	Rp. 30.196.590,56
Jumlah					Rp. 63.335.199.147,82
Jumlah Keterserahan Tidak Termasuk Pajak					Rp. 6.335.199.147,82
Dibulatkan					Rp. 6.335.200.000,00

Terbilang : Enam Miliar Tiga Ratus Tiga Puluh Lima Juta Dua Ratus Ribu Rupiah

Kesimpulan dari hasil analisis dan perhitungan adalah bahwa perkerasan kaku lebih efisien diterapkan karena biaya konstruksi yang lebih rendah, umur rencana yang lebih lama serta perkerasan kaku lebih kuat dan tahan dengan beban lalu lintas yang berat dan perkerasan ini juga lebih tahan terhadap air maupun efek pumping yang dihasilkan oleh repetisi beban lalu lintas kendaraan mengingat di ruas jalan tersebut hanya terdapat drainase galian tanah dan belum terdapat drainase beton. Ini alasan penting penulis membuat analisis ini selain ditinjau dari segi beban lalu lintas dan daya dukung tanah penulis juga meninjau dari perkiraan anggaran biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan dan kondisi situasi yang bermanfaat dari segi investasi anggaran pembangunan daerah dimasa depan.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan artikel ini.

Daftar pustaka

- Ari S., 2015. "Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (*Rigid Pavement*)" Beta Offset, Yogyakarta.
- B. Kant Kall & C. Jatin Khisty, 2003. "Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, Jilid 1 dan 2", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1985. "Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen". Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1996. "Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)" Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997. "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK)" . Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003 SNI Pd T-14-2003. "Departemen Pekerjaan Umum.(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen)". Jakarta.
- Shirley H.L., 2000. "Perencanaan Teknik Jalan Raya". Bandung.
- Manu I.A., 2003. "*Rigid Pavement*". Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Surat Edaran Nomor : 04/SE/Db/2017 Tentang Penyampaian Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi 2017 di Lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga" Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2020, "Nomor : 01/S/MDP/2017 Suplemen Manual Desain Perkerasan Jalan di Lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga" Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Harizalsyah M., Universitas Bandar Lampung , Tesis, 2022, "Perbandingan Analisis Perkerasan Kaku Menggunakan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017" (Studi Kasus : Ruas Jalan Provinsi Seputih Banyak – Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung) ”.
- Harizalsyah M., Universitas Muhammadiyah Metro, Skripsi, 2017, "Perencanaan Jalan Dengan Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga" (Studi Kasus : Ruas Jalan Provinsi Bekri – Tulung Jukung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung) ”.
- Hamirhan S., Msc, 2005. "Perancangan Perkerasan Jalan Raya Jilid 2" Bandung, Nova Bandung.
- Nyoman S., MSc, 2001. "Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)". Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi Provinsi Kalimantan Timur.