

Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 Dan 2017 (Studi Kasus : Jalan Kelemantan-Sekodi)

Efan Syahrudi¹, Hendra Saputra², Alamsyah³,
Politeknik Negeri Bengkalis^{1, 2, 3}
efansyahrudi@gmail.com¹, hendrasaputramsc@gmail.com², Alamsyah@polbeng.ac.id³

Abstract

Kelemantan Village Road to Sekodi currently consists of flexible pavement and rigid pavement. Road conditions at the moment are arguably inadequate, this is due to the condition of rigid pavement that has been damaged. It is not known the exact cause of the damage to the road, for this reason it is re-planned and calculates the amount of the budget plan from planning calculations. The calculation of the thickness of the rigid pavement design used in the case study of the connecting road of Kelemantan Village to Sekodi is the planning of pavement thickness with the method of Bina Marga 2003 and Pavement Design Manual Revised June 2017. The difference between these two methods is the vehicle load. After the results of the calculation of the thickness of the rigid pavement is obtained from the method of Bina Marga 2003 and the Revised Pavement Design Manual for June 2017, it will be known that the thickness of rigid pavement for construction of 2003 is 195 mm and the June 2017 Revised Pavement Manual is 200 mm. And the results of the total budget plan cost for Bina Marga 2003 is 19,006,700,000 rupiah (rounded) and for Pavement Design Manual Revised June 2017 the total budget plan costs 18,464,500,000 rupiah.

Keywords: Rigid Pavement, Highways 2003, Pavement Design Manual June 2017, Budget Plan.

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah suatu prasarana transportasi angkutan darat yang bisa digunakan oleh masyarakat didalam melakukan berbagai aktifitas sehari-hari seperti bekerja atau berpergian kesuatu daerah. Suatu daerah dapat dikatakan berkembang atau bahkan maju dapat dilihat dari salah satu aspek yaitu transportasi berupa jalan.

Semakin baik keadaan jalan tersebut maka pertumbuhan ekonomi di daerah tersebut semakin tinggi, hal ini sangat membantu untuk wilayah-wilayah yang berada di daerah perdagangan seperti Bengkalis. Bengkalis adalah suatu pulau yang terletak di pulau Sumatra, propinsi Riau. Pada saat ini, pembangunan yang ada di Bengkalis sangatlah pesat seperti pembangunan jalan yang menjadi penghubung antar Desa ke Desa seperti daerah Desa Kelemantan.

Kondisi jalan di Desa Kelemantan ini bisa dibilang kurang memadai, hal ini dikarenakan kondisi saat ini adalah masih perkerasan kaku yang sudah rusak dan sebagian jalan masih terdiri dari perkerasan lentur. Kondisi ini membuat masyarakat dan pengguna jalan merasa tidak nyaman untuk melakukan aktifitas transportasi, karena sering terhambat oleh kondisi jalan tersebut. Menurut klasifikasi jalan Desa Kelemantan ini tergolong jalan lokal, dan jalan ini merupakan akses jalan satu-satunya bagi masyarakat yang ingin melakukan kegiatan transportasi.

Untuk mengatasi kondisi tersebut dibangun atau direncanakan ulang jalan yang ada di Desa Kelemantan dengan menggunakan 2 metode yaitu Metode Bina Marga 2003 dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi juni 2017.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Terdahulu

Sulistyo, Kusumaningrum (2013). Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Bina Marga Dan Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan Pada Ruas Jalan Abdul Wahab, Sawangan. Untuk perkerasan kaku dijalan

Abdul Wahab dengan menggunakan metode Bina Marga adalah 20 cm, sedangkan perancangan metode AASHTO tebal lapis permukaan adalah sebesar 21 cm atau berbeda 10 mm. Lebar pelat perkerasan diambil dengan lebar jalur lalu lintas yaitu 3,5 m x 2. Perencanaan perkerasan metode AASHTO didapati bahwa tebal pelat perkerasan akan bertambah sesuai dengan pertumbuhan lalu lintas ekivalen selama umur rencana, sebaliknya tebal pelat akan berkurang dengan pengurangan volume lalu lintas ekivalen. Dimensi saluran tepi yang optimal untuk menampung debit air berdasarkan intensitas curah hujan maksimum adalah saluran segi empat dengan dimensi 0,5 m x 0,5 m.

Tjokrodimulyo (1996).Kelebihan beton adalah beton mampu menahan gaya tekan dengan baik serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan, sedangkan kekurangan beton adalah beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik sehingga terjadinya retak-retak pada beton dengan solusi penambahan tulangan sebagai penahan gaya tarik dan bersifat getas apabila terjadi perubahan suhu.

2.2. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu- lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut :

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

Dengan:

- R : Faktor pertumbuhan lalu-lintas
- i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %
- UR : Umur rencana (tahun)

2.3. Lalu lintas rencana

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \tag{2}$$

Dengan :

- JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
- JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.
- R : Faktor pertumbuhan kumulatif
- C : Koefisien distribusi kendaraan

2.4. Komponen Perkerasan Kaku

a. Ruji (Dowel)

Rumus untuk mencari *tie bar* berdasarkan metode Bina Marga 2003,berikut rumusnya :

Tabel 1. Ukuran Ruji

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	1 ¼	32	18	450	12	300
10	250	1 ¼	32	18	450	12	300
11	275	1 ¼	32	18	450	12	300
12	300	1 ½	38	18	450	12	300
13	325	1 ½	38	18	450	12	300

14	350	1 ½	38	18	450	12	300
----	-----	-----	----	----	-----	----	-----

(Sumber : Principles of pavement Design by Yoder & Witczak, 1975)

b. *Tie bar*

Rumus untuk mencari *tie bar* berdasarkan metode Bina Marga 2003, Berikut rumusnya :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad (3)$$

$$L = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (4)$$

Dengan :

A_t : Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2)

B : Jarak terkecil antara sambung atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan

H : Tebal pelat (m)

L : Panjang batang pengikat (mm)

ϕ : Diameter batang pengikat yang digunakan (mm)

2.5. Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot l \cdot m \cdot g \cdot h}{2 \cdot f \cdot s} \quad (5)$$

Dimana :

A_s : Luas Penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

f_s : Kuat-Tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 x tegangan leleh

g : gravitasi (m/detik^2)

h : Tebal pelat beton (m)

l : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan / atau tepi bebas pelat (m)

m : Berat per satuan volume pelat (Kg/m^3)

μ : Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah.

3. METODE PENELITIAN**3.1. Jenis Dan Lokasi Penelitian**

Perencanaan Penelitian ini dilakukan di Desa Kelemantan-Sekodi, Bengkalis, Riau dengan panjang jalan penelitian 2,7 km yang akan direncanakan perkerasan kaku dengan 2 metode yaitu Bina Marga 2003 dan Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017 termasuk perhitungan rencana anggaran biaya dari masing-masing metode. Untuk keadaan dilapangan, perkerasan yang ada adalah perkerasan kaku lama yang sudah rusak dan perkerasan lentur. Perkerasan lentur dilapangan hanya 650 m.

3.2. Peralatan Dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

a. Meteran

Meteran digunakan sebagai alat bantu pengukuran pada saat survei di lapangan. Meteran yang dipakai adalah meteran 50 meter.

b. Alat uji tanah *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP).

Alat uji tanah ini digunakan untuk mendapat hasil dari kekuatan tanah timbunan pada pembuatan badan jalan. Alat ini dipakai karena mudah dibawa, digunakan dan dipindahkan kesemua titik yang diperlukan.

c. Laptop

Alat untuk membantu didalam proses pengetikan, penggambaran dan perhitungan.

d. Kamera

Alat yang digunakan untuk mengambil foto dokumentasi.

e. Alat tulis dan Kertas

Digunakan untuk menulis data pengujian dilapangan.

f. *Waterpass*

Sebuah alat yang digunakan untuk mengukur atau menentukan sebuah benda atau garis dalam posisi rata untuk pengukuran secara horizontal.

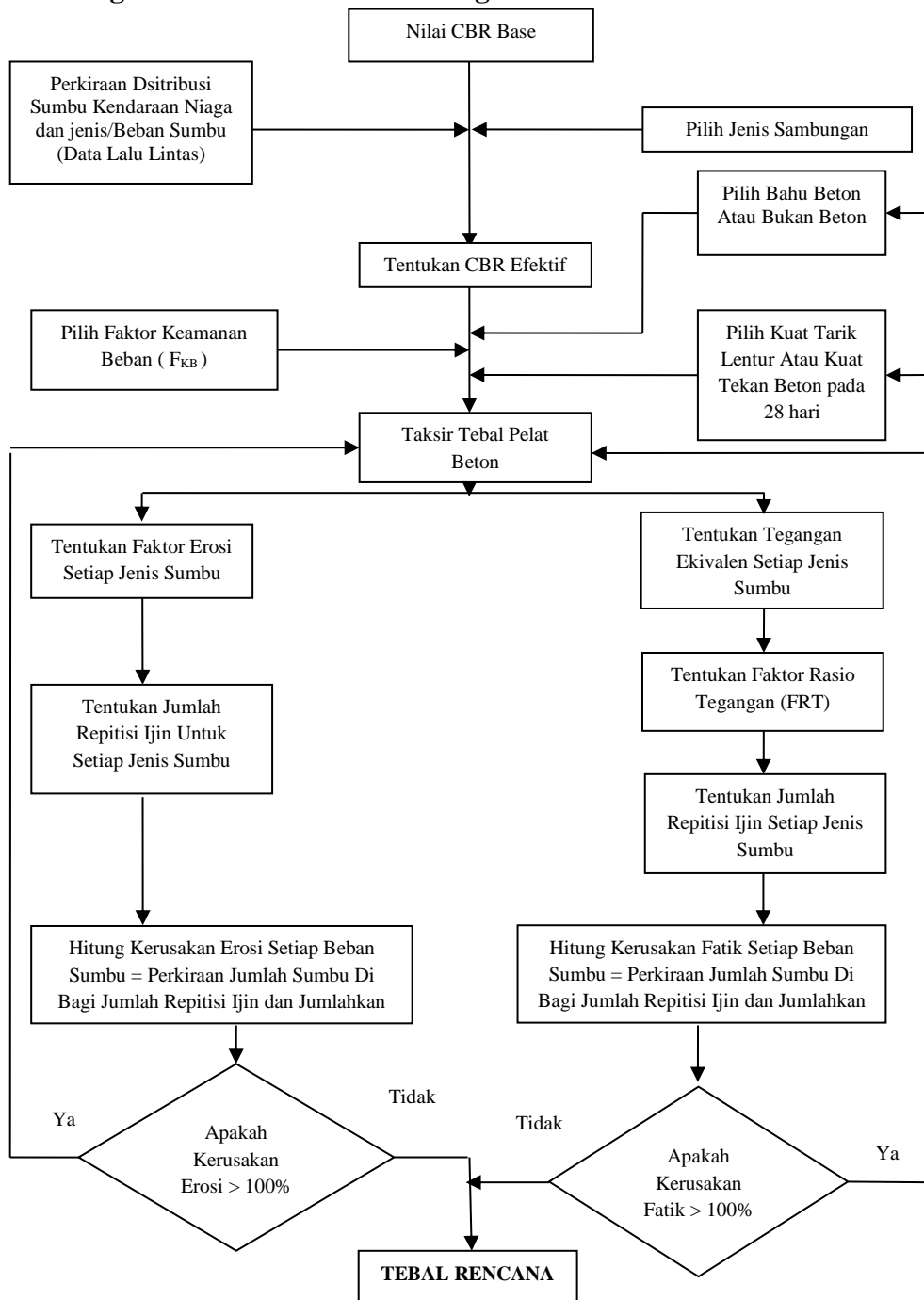
g. *Tripot*

Alat yang digunakan sebagai penyangga *waterpass*, agar *waterpass* bisa berdiri dengan lurus dan tidak bergoyang.

h. Rambu ukur

Alat yang digunakan dalam pengukuran untuk menentukan beda tinggi, rambu ukur terdapat bagian angka-angka yang menjadi patokan dalam pengambilan data dari *waterpass*.

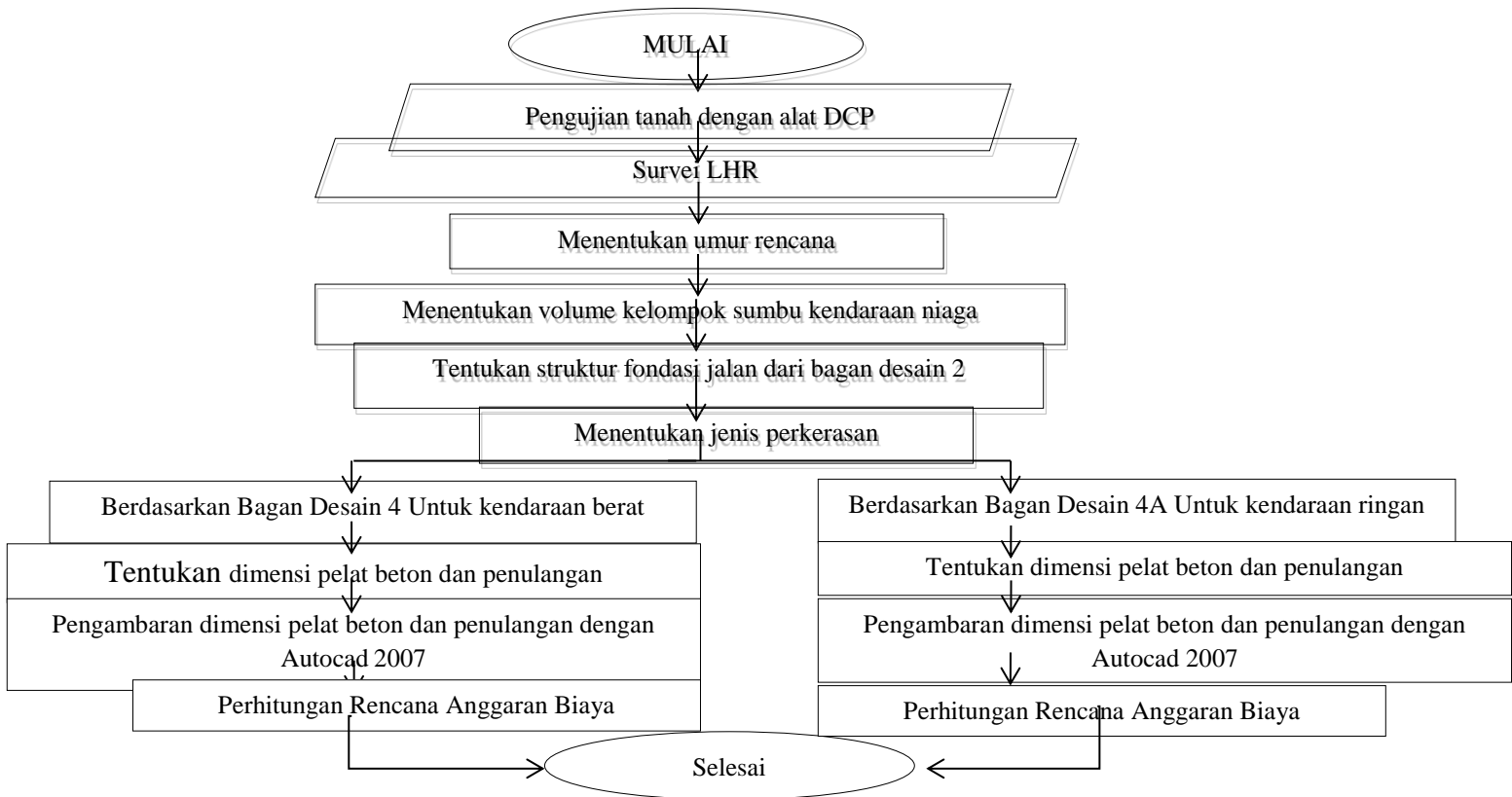
3.3. Diagram Alir Metode Bina Marga 2003



Gambar 1 : Diagram Alir perencanaan perkerasan jalan beton semen

Sumber : pd-t-14-2003 perencanaan perkerasan jalan beton semen

3.4. Diagram Alir Metode Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017



Gambar 2 : Diagram Alir Penelitian manual perkerasan jalan 2017

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Data CBR (*California Bearing Ratio*)

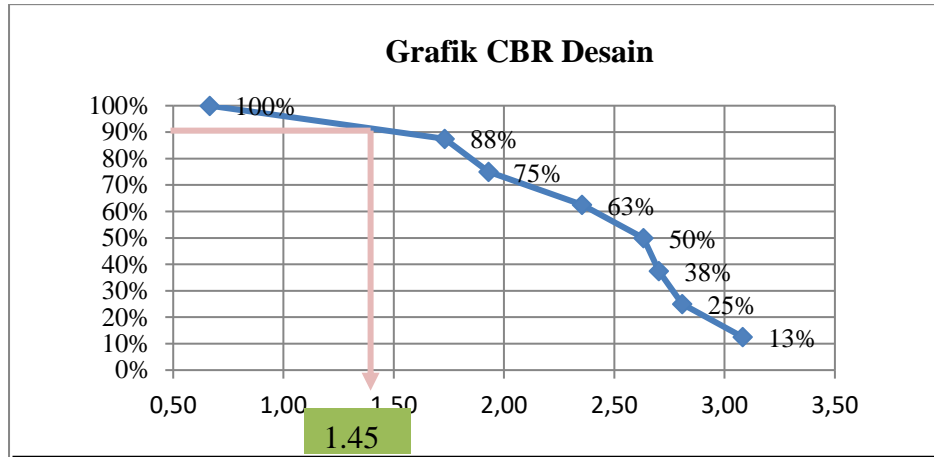
Data CBR yang digunakan pada perkerasan yang akan direncanakan adalah data CBR dari pengujian dilapangan dengan menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Keadaan dilapangan, untuk jalan ini terdiri dari perkerasan kaku dan base. Hal ini dikarenakan base digunakan untuk menutupi kerusakan yang ada pada perkerasan kaku. Pengujian DCP ini dilakukan pada tepi base dengan mengasumsikan bahwa semua jalan dalam keadaan base.

Tabel 2. Rekap data survei DCP

REKAPITULASI NILAI CBR	
STA	CBR %
0+500	2.63
1+250	1.93
1+450	0.67
1+600	2.35
1+800	2.81
1+950	1.73
2+350	2.70
2+650	3.08

Tabel 3. Urutan data nilai CBR dari yang terkecil sampai terbesar

No	CBR (%)	Nilai Yang Sama Atau Lebih Besar	Persen Yang Sama/Lebih Besar
1	0.67	8	100%
2	1.73	7	88%
3	1.93	6	75%
4	2.35	5	63%
5	2.63	4	50%
6	2.70	3	38%
7	2.81	2	25%
8	3.08	1	13%



Gambar 3. Grafik CBR tanah dasar
Sumber : Perhitungan data survei lapangan

4.2. Perhitungan Dengan Menggunakan Pd T-14-2003

$$\begin{aligned}
 \text{CBR base} &= 1.45\% \\
 \text{Kuat tarik lentur} &= K \times (fc')^{0.50} \\
 &= 0.75 \times (300 \times 0.83 / 10)^{0.50} = 3.74 \text{ MPa}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Bahan pondasi bawah = Base B

Mutu baja tulangan untuk BBDT = BJTU 24 kg/cm² dan fy 2400 kg/cm²

Koefesien gesek antara pelat beton dengan pondasi (μ) = 1

Bahu jalan = Tidak

Ruji (dowel) = Ya

Data lalu-lintas rencana didapat dari tabel 4.6 Manual Desain Perkerasan Revisi Juni sebesar 500 kendaraan/hari dengan 8% dari total LHR untuk lalu lintas berat dengan akses jalan lokal daerah industri atau quarry. Berikut penjabarannya :

Kendaraan ringan = 460 kendaraan/hari

Kendaraan berat = 40 kendaraan/hari

Direncanakan perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT) dengan umur rencana 40 tahun.

a. Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga JSKN Selama Umur Rencana (40 Tahun)

JSKN = 365 x JSKNH x R (dari tabel 3 Pd T-14-2003)

$$= 365 \times 80.35 = 2521420$$

JSKNR = C x JSKN = 0.5 x 2521420 = 1260710

Nilai R didapat dari tabel 3 Pd T-14-2003 dengan $i = 3,5\%$, maka didapat hasil sebesar 86,35 melalui interpolasi dengan rumus $Y = Y_1 + ((X - X_1) / (X_2 - X_1)) * (Y_2 - Y_1)$. Dan nilai C didapat dari tabel 2 Pd T-14-2003 yaitu sebesar 0.5 yang didapat dari jumlah lajur yaitu 2 lajur 2 arah.

b. Perhitungan Repetisi Sumbu Yang Terjadi

Tabel 4. Perhitungan repetisi sumbu rencana

Jenis Sumbu	sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	lalu-lintas rencana	repetisi yang terjadi
1	2	3	4	5	6	7 = 4x5x6
STRT	0	0	0	0.5	1260710	0
	5	40	1	0.5	1260710	630355
Total		40	1			
STRG	0	0	0	0.5	1260710	0
	8	40	1	0.5	1260710	630355
Total		40	1			
Kumulatif						1260710

c. Perhitungan Analisa Fatik Dan Erosi

Tabel 5. Perhitungan Analisa Fatik Dan Erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu Ton (Kn)	Beban rencana per roda (Kn)	Repetisi Yang Terjadi	Faktor Tegangan Dan Erosi	Analisa fatik	Analisa Erosi		
					Repetisi ijin TT	% rusak	Repetisi ijin TT	% rusak
STRT	5 (50)	25	630355	TE = 1.145 FRT= 0.31 FE = 2.26	TT	0	TT	0
STRG	8 (80)	20	630355	TE = 1.88 FRT=0.50 FE = 2.87	800000	78.79	2000000 0	31.52
TOTAL					78.79 < 100%		31.52 < 100%	

d. Dowel dan Tie Bar

Untuk ukuran *dowel* didapat dari tebal 195 mm, menurut tabel 1 maka didapat ukuran *dowel* dengan diameter 25 mm dengan panjang 450 mm dan jarak 300 mm. Untuk ukuran *tie bar* didapat melalui persamaan 4. Maka didapat hasil panjang 700 mm dan jarak 750 mm.

4.3. Perhitungan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017

Tabel 6. Rekap data perencanaan

No	Uraian	Parameter	Acuan dari MDP 2017 dan Pd T-14-2014
1	Kuat Tarik Lentur (Fcf) Beton	3.74 Mpa	Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari (Pd T-14-2003)
2	Mutu Baja Tulangan	BJTU 24	Fy (Tegangan Leleh) 2400 kg/cm ²
3	Koefesien Gesek Plat Dan Pondasi (μ)	1	Tabel 1. Nilai Koefesien Gesek (Pd T-14-2003)
4	Bahu Jalan	Tidak dibutuhkan	Bagan Desain 4a MDP 2017
5	Faktor Keamanan Beban (Fkb)	1	Tabel 4. Faktor Keamanan Beban (Pd T-14-2003)
6	Tebal Plat Beton Rencana	200 mm	Desain Tebal Perkerasan Kaku Sesuai MDP 2017
7	Bahan Pondasi	Tidak dibutuhkan	Desain Pondasi Jalan Kendaraan Ringan MDP 2017
8	CBR Efektif	5 %	Grafik CBR Tanah Efektif & CBR Desain (Pd T-14-2003)
9	Lebar Pelat	6 m	Perencanaan Perkerasan Kaku Pd T-14-2003
10	Panjang Pelat	12 m	Perencanaan Perkerasan Kaku Pd T-14-2003
11	Kuat Tarik Ijin Baja	240 Mpa	Perencanaan Perkerasan Kaku Pd T-14-2003
12	Berat Isi Beton	2400 kg/m ³	Perencanaan Perkerasan Kaku Pd T-14-2003
13	Gravitasi (g)	9.81m/dt ²	Perencanaan Perkerasan Kaku Pd T-14-2003

4.4. Perhitungan Tulangan Memanjang Dan Melintang Metode Bina Marga 2003 dan Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017

Untuk perhitungan tulangan memanjang dan melintang antara kedua metode adalah sama dalam diameter, jarak dan panjang tulangan.

a. Tulangan Memanjang

Berdasarkan persamaan 5, maka didapat hasil sebagai berikut :

$$= (0.5 * 12 * 2400 * 9.81 * 0.2) / (2 * 240) = 117.72 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.1\% * 200 * 1000 = 200 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_s$$

Direncanakan tulangan dengan diameter 8 mm dengan jarak 250 mm, dengan jumlah tulangan per meter yaitu: $1000/250 = 4$ batang

$$\begin{aligned} \text{Cek } A_s \text{ tulangan pakai} &= 1/4 * \pi * D^2 * \text{jumlah tulangan} = 1/4 * \pi * (8^2) * 4 \\ &= 201.0619 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ min}} \text{ AMAN.....} \end{aligned}$$

Jadi tulangan dengan diameter 8 mm dengan jarak 250 mm AMAN dan bisa digunakan.

b. Tulangan Melintang

Berdasarkan persamaan 5, maka didapat hasil sebagai berikut :

$$= (0.5 * 6 * 2400 * 9.81 * 200) / (2 * 240) = 58.86 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.1\% * 200 * 1000 = 200 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_s$$

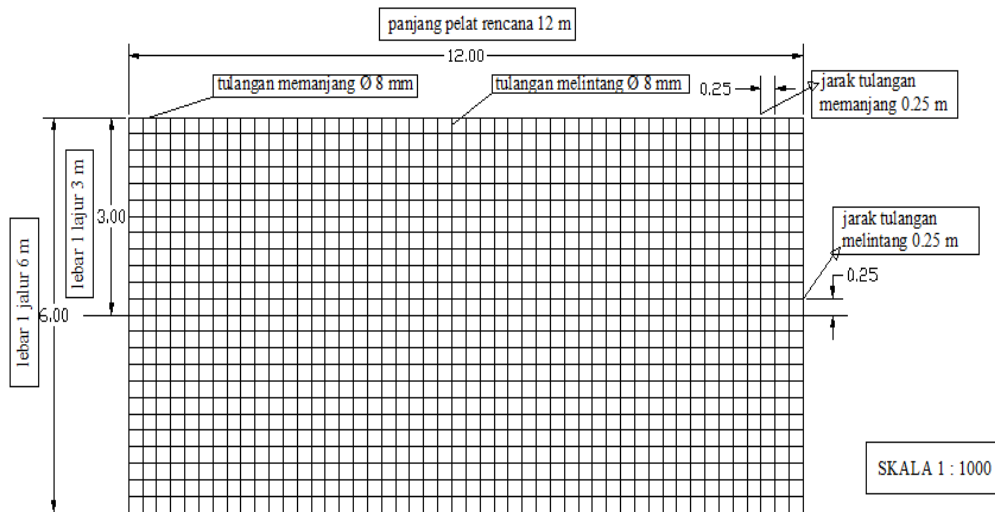
Direncanakan tulangan dengan diameter 8 mm dengan jarak 250 mm, dengan jumlah tulangan per meter yaitu: $1000/250 = 4$ batang

$$\begin{aligned} \text{Cek } A_s \text{ tulangan pakai} &= 1/4 * \pi * D^2 * \text{jumlah tulangan} = 1/4 * \pi * (8^2) * 4 \\ &= 201.0619 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ min}} \text{ AMAN.....} \end{aligned}$$

Jadi tulangan dengan diameter 8 mm dengan jarak 250 mm AMAN dan bisa digunakan.

4.5. Gambar Rencana

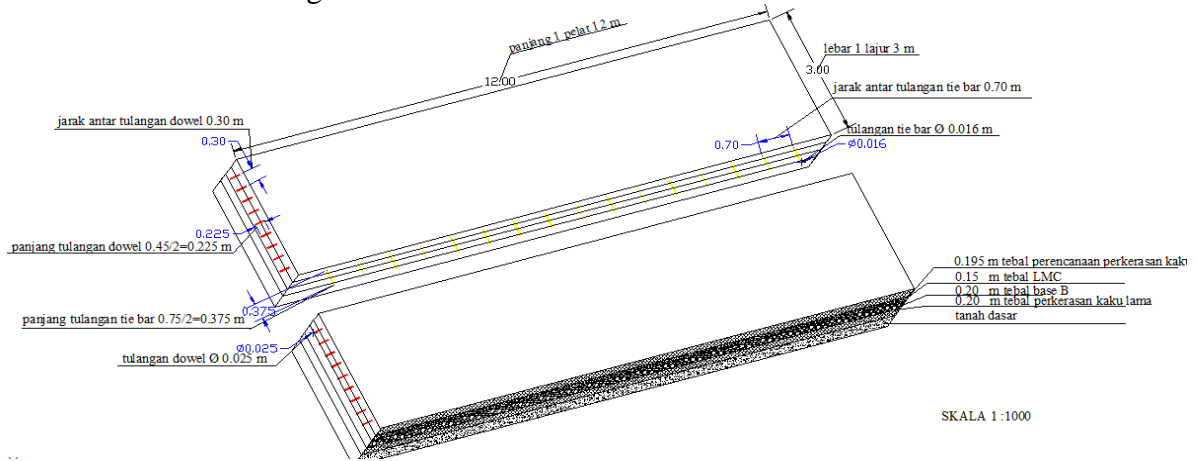
a. Gambar Tulangan memanjang dan melintang untuk kedua metode



Gambar 4 : Perencanaan tulangan memanjang dan melintang

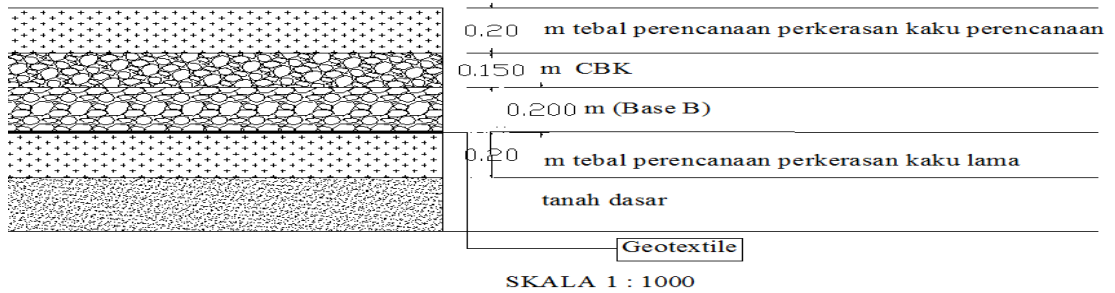
Sumber : Perencanaan dengan metode Bina Marga 2003 dan Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017

b. Metode Bina Marga 2003



Gambar 5 : Perencanaan tulangan dowel, tie bar dan tebal perkerasan 2003
 Sumber : Perencanaan dengan metode Bina Marga 2003

c. Metode Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017



Gambar 6 : Perencanaan tebal perkerasan

4.6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

a. Metode Bina Marga 2003

Tabel 7. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No. Devisi	Uraian	Jumlah Harga Perkerjaan (Rupiah)
1	Umum	219.920.000
3	Perkerjaan Tanah	193.015.288
5	Perkerasan Berbutir	6.884.772.824
7	Struktur	9.978.455.842
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan)	17.276.163.973
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1.727.616.397
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	19.003.780.370
(D)	DIBULATKAN	19.006.700.000

Terbilang : Sembilan belas miliar enam juta tujuh ratus ribu rupiah

b. Metode Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017

Tabel 8. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No. Devisi	Uraian	Jumlah Harga Perkerjaan (Rupiah)
1	Umum	219.920.000
3	Perkerjaan Tanah	193.015.288
5	Perkerasan Berbutir	6.884.772.824
7	Struktur	9.488.258.305

(B) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan)	16.785.966.436
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1.678.596.644
(C) JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	18.464.563.079
(D) DIBULATKAN	18.464.500.000

Terbilang : Sembilan belas miliar empat ratus enam puluh empat juta lima ratus ribu rupiah

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan menggunakan metode Bina Marga 2003 (Pd T-14-2014) dan Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017 untuk studi kasus Jalan Kelemantan menuju Sekodi maka didapat tebal 195 mm untuk Bina Marga 2003 dan 200 mm untuk MDP 2017, dan untuk Bina Marga 2003 menggunakan dowel dan tie bar sedangkan untuk MDP 2017 tidak menggunakan *dowel dan tie bar*. Dari rencana anggaran biaya untuk Bina Marga 2003 sebesar 19,006,700,000 rupiah (telah dibulatkan) dan untuk Manual Desain Perkerasan Revisi Juni 2017 total anggaran biaya sebesar 18,464,500,000 rupiah.

5.2. Saran

Dari perencanaan yang dibuat dengan menggunakan kedua metode, saran yang akan disampaikan adalah sebagai berikut :

- Perencanaan akan lebih baik hasil dan analisisnya jika menggunakan program penganalisa struktur seperti SAP 2000.
- Metode yang dilaksanakan dilapangan, sebaiknya tetap mengacu pada standar yang telah ditetapkan agar tidak terjadi kegagalan teknis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1970 , klasifikasi jalan & Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Peraturan Dirjen. BIMA No. 13/1970, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003*.
- Hendarsin, Shirley L. 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Bina Marga. *Penyampaian Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi Juni 2017*.
- Sidharta, 2002, Rekayasa Jalan Raya, *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pd T-14-2003*, Gunadarma, Jakarta.
- Sulistyo,D., Kusumaningrum,J., 2013, *Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode Bina Marga Dan Metode AASHTO Serta Merencanakan Saluran Permukaan Pada Ruas Jalan Abdul Wahab*, Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil). Sawangan.
- Tenriajeng, A.T. 2012. *Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan 2*. Gunadarma, Jakarta UU RI No.13/1980, Tentang Jalan.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.