

Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Metode AASHTO 1993 Studi Kasus Jalan Batanghari II Kabupaten Muaro Jambi

Sigit Kurniawan*, M. Asmuni Jatoeb, Susiana

Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari JambiBatanghari

*Correspondence email: Sigitkurniawan2425@gmail.com

Abstrak. Ruas jalan Batanghari II merupakan jalan Nasional yang menghubungkan Kota Jambi dengan Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Jalan ini membentang sepanjang 33 km dari perbatasan Kota Jambi – Kabupaten Muaro Jambi hingga Zona Lima (simpang plabi) Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Ruas jalan ini merupakan penghubung sektor ekonomi, sosial dan budaya Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi. Kendaraan yang melintas pada ruas jalan Batanghari II didominasi oleh kendaraan truk kecil maupun besar pengangkut hasil ekonomi dan hasil bumi lainnya. Kondisi jalan Batanghari II pada STA 18+500 merupakan perkerasan lentur yang telah hancur permukaannya hingga lapisan pondasi di bawahnya. Pada studi ini akan direncanakan perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993. Perencanaan dengan panjang jalan 3,6 km dan lebar 7 meter, dengan perencanaan CBR tanah dasar 6%, dengan nilai W18 dalam setahun sebesar 455.664,051. Pada studi ini didapat nilai ESAL dalam 30 tahun sebesar 30.273.794, 429 ESAL, dengan tepal pelat beton 28 cm. Dengan jenis sambungan perkerasan bersambung dengan tulangan dengan panjang pelat 10 meter, dipasang tulangan wiremesh M10–150 mm. Serta dipasang tulangan Tie Bar Ø16 mm dengan panjang 700 mm dan jarak 750 mm. Serta tulangan Dowel Ø36 mm dengan panjang 450 mm dan jarak 300 mm.

Kata Kunci : AASHTO 1993, Perkerasan Kaku, Perkerasan Jalan, ESAL

PENDAHULUAN

Ruas jalan Batanghari II ini merupakan penghubung sektor ekonomi, sosial dan budaya Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi. Serta terdapat pelabuhan, hasil tambang dan timbunan batu bara, sehingga terdapat pula kendaraan-kendaraan perusahaan tambang yang melintasi ruas jalan Batanghari II tersebut. Kendaraan yang melintas pada ruas jalan Batanghari II didominasi oleh kendaraan truk kecil maupun besar pengangkut hasil ekonomi seperti sawit, kelapa, dan hasil bumi lainnya. Kondisi jalan yang baik akan meningkatkan produktifitas serta menurunkan biaya perjalanan sehingga tercapai kesejahteraan daerah yang dilintasi jalan tersebut.

Kondisi jalan Batanghari II pada STA 18+500 merupakan perkerasan lentur yang telah hancur permukaannya hingga lapisan pondasi di bawahnya. dan ketika terjadi hujan terdapat genangan air yang tertampung pada perkerasan sehingga air tidak bisa kemana-mana hingga kering sendiri, karena terdapat lubang-lubang akibat beban pada roda kendaraan, sehingga jalan menjadi becek dan bisa mengakibatkan antrian akan membuat perjalanan menempuh waktu lebih lama dari sebelumnya. Ditambah lagi kendaraan berat juga melintas sehingga jalan akan semakin rusak parah, kenyamanan dan keamanan pun juga turut diperhitungkan guna keselamatan berlalu lintas.

Berdasarkan permasalahan di atas dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan peningkatan ruas jalan Batanghari II menjadi perkerasan kaku. Sehingga penulis mencoba merencanakan perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993

Rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah tebal pelat beton yang dibutuhkan pada perencanaan *rigid pavement* metode AASHTO 1993 ?
2. Berapakah kebutuhan tulangan pelat beton dalam perencanaan ?

Tujuan studi yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan struktur perkerasan lentur menjadi perkerasan kaku dengan menggunakan metode AASHTO 1993 sebagai alternatif terhadap kerusakan jalan selama ini akibat beban lalu lintas.
2. Menghitung tebal pelat beton yang dibutuhkan pada perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993.
3. Menghitung tulangan yang dibutuhkan dalam perkerasan kaku.

Perencanaan Dengan Metode AASHTO 1993

- Analisa lalu lintas. Mencakup umur rencana , LHR, pertumbuhan lalulintas, *vehicle damage factor*
- *Traffic Design*

$$W_{18} = \sum_{N_1}^{N_n} LHR_J \times VDF_J \times D_D \times D_L \times 365$$

Dimana :

W_{18} = *Traffic Design* pada lajur lalu lintas, *Equivalent Single Axle Load*.

LHR_j = Jumlah lalu lintas harian rata-rata 2 arah untuk jenis kendaraan j.

VDF_j = Vehicle Damage Factor untuk jenis kendaraan j.

D_D = Faktor Distribusi Arah.

D_L = Faktor Distribusi Lajur.

N_1 = Lalu lintas pada tahun pertama jalan dibuka.

N_n = Lalu lintas pada akhir umur rencana.

Lalu lintas kumulatif sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Dimana :

W_t = Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif.

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

n = Umur pelayanan, atau umur rencana UR (tahun).

i = Perkembangan lalu lintas (%).

- **Serviceability.** Nilai serviceability ini diberikan dalam beberapa tingkatan antara lain:
 - a). Initial Serviceability (*open traffic*) $P_o = 4,5$.
 - b). Terminal Serviceability Index jalur.

Tabel 1. : Terminal serviceability index (pt).

Terminal Serviceability Level	Percent of People Stating Unacceptable
3,0	12
2,5	55
2,0	85

Sumber : AASHTO 1993

c). Total loss of Serviceability : $\Delta PSI = P_o - P_t$.

- **Reliability**

Tabel 2. : Reliability (R) disarankan.

Functional Classification	Recomended Level of Reliability : R (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : AASHTO 1993

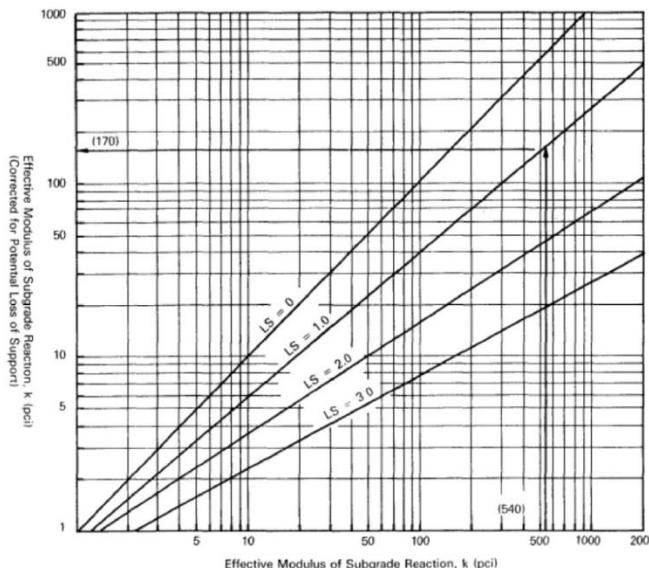
- Standar normal deviate (Z_R) berdasarkan nilai reliability yaitu berkisar 0,0 hingga -3,750. Standar deviation untuk rigid pavement : $S_o = 0,30 - 0,40$.

- CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar. $M_R = 1.500 \times CBR$ dan $k = \frac{M_R}{19,4}$.

Dimana :

M_R = Resilient modulus

k = modulus of subgrade reaction



Gambar 1. : Correction of Effective Modulus of Subgrade Reaction for Potensial Loss of Subbase Support (6)

Sumber : AASHTO 1993

Faktor *Loss of Support* (LS) memiliki nilai 0 – 3.

- Modulus Elastisitas Beton $E_c = 57000 (f'_c)^{0,5}$.

Dimana :

E_c = Modulus elatisitas beton (psi).

f'_c = Kuat tekan beton, silinder (psi).

- Drainage Coefficient AASHTO 1993 memberikan kualitas drainase excellent, Good, Fair, Poor, dan Very poor.

- Persamaan Penentuan Tebal Pelat (D)

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \\ \times \log_{10} \frac{S_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]}$$

Dimana :

W_{18} = Traffic design, Equivalent single axle load (ESAL)

Z_R = Standar normal deviasi

S_o = Standar deviasi

D = Tebal pelat beton (inci)

ΔPSI = Serviceability loss = $P_o - P_t$

P_t = Terminal serviceability index

S_c' = Modulus of rupture sesuai spesifikasi pekerjaan (psi)

C_d = Drainage coefficient

J = Load transfer coefficient

E_c = Modulus elastisitas (psi)

k = Modulus reaksi tanah dasar (pci)

- Perencanaan Penulangan.

Perencanaan dengan Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

$$A_s = \frac{F \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dimana :

A_s = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g = gravitasi (m/detik²).

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/m³)

F = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Tabel 3. : Recommended Friction Factors

Type of Material Beneath Slab	Friction Factor (F)
Surface treatment	2,2
Lime stabilization	1,8
Ashphal stabilization	1,8
Cement stabilization	1,8
River gravel	1,5
Crushed stone	1,5
Sandstone	1,2
Natural subgrade	0,9

Sumber : AASHTO 1993

• **Tie Bar**

Menurut Pd.T-14-2003. Sambungan memanjang dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm.

Tabel 4. : Tie Bar

Jenis dan mutu baja	Tegangan kerja (psi)	Tebal perkerasan (in)	Panjang (in)	Diameter batang $\frac{1}{2}$ in			Diameter batang $\frac{5}{8}$ in		
				Jarak maximum (in)			Jarak maximum (in)		
				Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft	Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48
		12	25	32	29	26	30	48	48

Sumber : literatur/makalah UI dalam Ari Suryawan (2016)

• **Dowel (Ruji)**

Tabel 5. : Diameter ruji

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber : Pd.T-14-2003

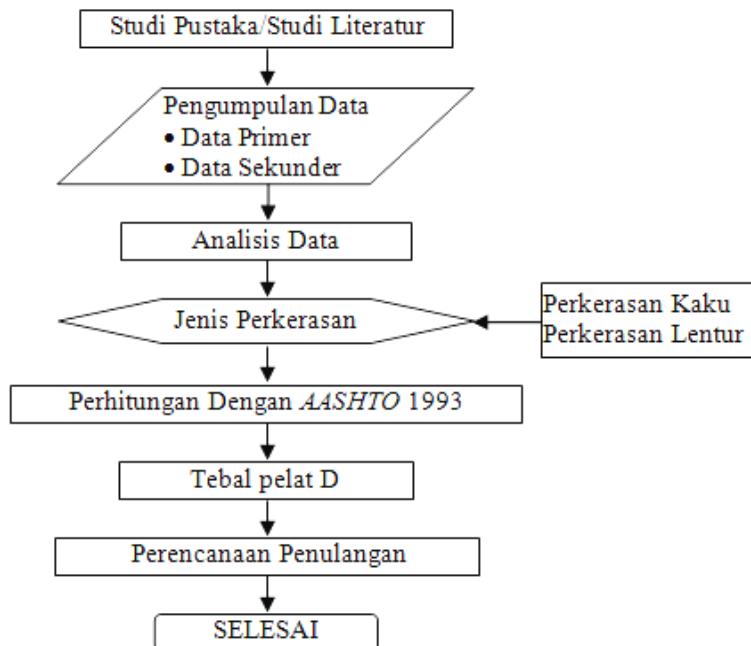
Tabel 6. : Ukuran dan jarak batang dowel (ruji) yang disarankan

Tebal Pelat Perkerasan	Dowel							
	Diameter		Panjang		Jarak			
inci	mm	inci	mm	inci	mm	inci	mm	
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300	
7	175	1	25	18	450	12	300	
8	200	1	25	18	450	12	300	
9	225	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300	
10	250	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300	
11	275	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300	
12	300	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300	
13	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300	
14	350	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300	

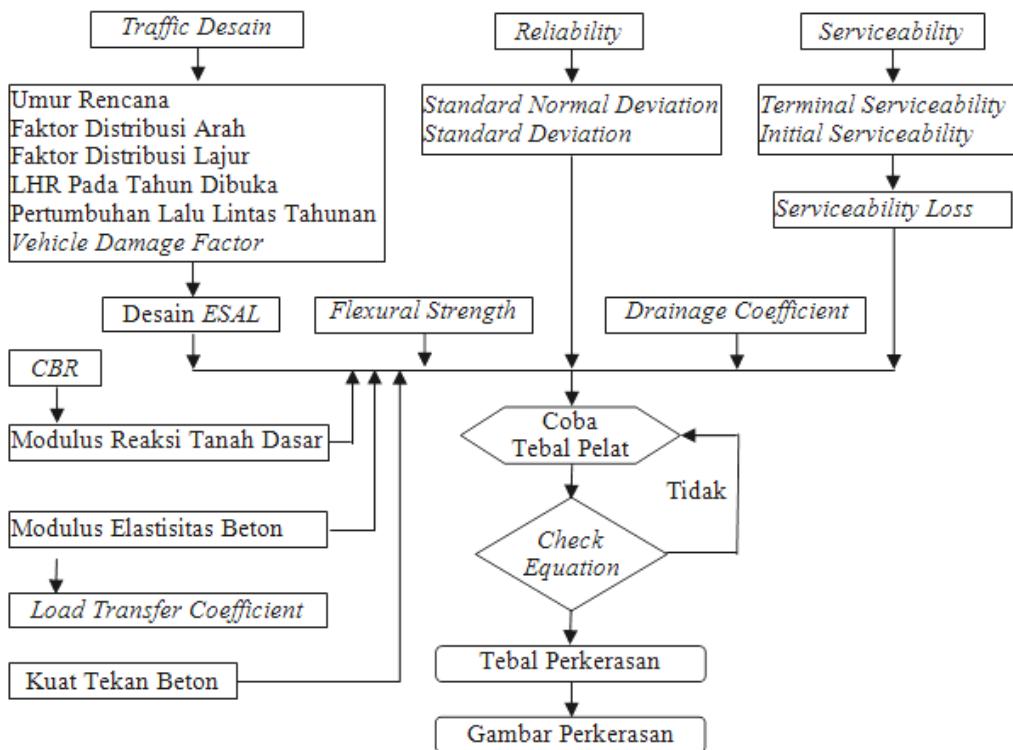
Sumber : principles of pavement design by yoder & witczak, 1975 dalam Shirley L. Hendarsin, 2000

METODE

Secara ringkas penelitian ini bisa dilihat dari bagan alir penelitian berikut :



Gambar 2. : Bagan alir studi
Sumber : Data Olahan, 2019



Gambar 3. : Bagan alir perencanaan perkerasan kaku metode AASHTO 1993
Sumber : Data Olahan, 2019

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modulus Reaksi Tanah Dasar

Nilai CBR ditetapkan 6%.

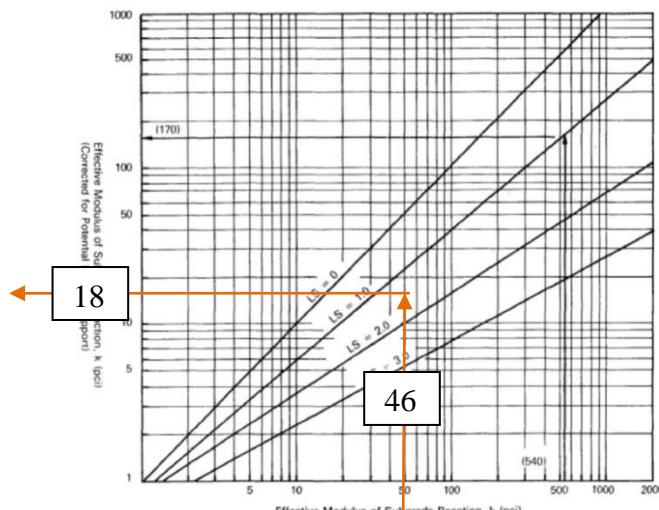
$$M_R = 1500 \times CBR = 1500 \times 6 = 9000$$

$$K = \frac{M_R}{19,4} = \frac{9000}{19,4} = 464 \text{ pci}$$

Lapis subbase : Agregat kelas B

Loss of support (LS) = 3

Koreksi *effective modulus of subgrade reaction*, dengan gambar 4.1. di bawah didapat : $k = 18 \text{ pci}$



Gambar 4. : *Effective modulus of subgrade reaction, k (pci)*

Traffic Design

Tabel 7. : LHR, VDF, dan Perhitungan Desain Lalulintas (ESAL)

No	Jenis Kendaraan	Gol	LHR	VDF	DD	DL	Hari Dalam Setahun	W ₁₈
1	Kendaraan Ringan	2	1457	0,0024	0,5	1	365	625,428
2	Angkutan Penumpang	3	35	0,0024	0,5	1	365	15,024
3	Pick Up	4	648	0,0099	0,5	1	365	1175,792
4	Bus kecil	5a	1	0,2397	0,5	1	365	43,740
6	Truk ringan 2 sumbu	6a	467	0,2397	0,5	1	365	20426,455
7	Truk sedang 2 sumbu	6b	428	3,0420	0,5	1	365	237611,645
8	Truk 3 sumbu	7a	411	2,6100	0,5	1	365	195765,968
$\sum W_{18} =$								455664,051

Sumber : Hasil Perhitungan 2020

Didapat nilai W_{18} dalam setahun, $W_{18} = 455.664,051$

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Umur rencana 30 tahun :

$$W_t = 455.664,051 \times \frac{(1+0,05)^{30} - 1}{0,05} = 30.273.794,429 \text{ ESAL}$$

Modulus Elastisitas Beton

Digunakan $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$, konversi ke satuan psi = $350 \times 14,22 = 4977 \text{ psi}$.

Maka, $E_c = 57000(f'_c)^{0,5} = 57000 (4977)^{0,5} = 4.021.228 \text{ psi}$

Tabel Parameter dan Desain Yang Digunakan

Tabel 8. : Parameter dan data yang digunakan dalam perencanaan

NO	Parameter	AASHTO	Desain	Keterangan
1	Umur Rencana	-	30	20 - 40 Tahun
2	Lalu-lintas, ESA	-	30273794,429	> 30 Juta ESAL
3	Terminal Serviceability (pt)	2,0 - 3,0	2,0	Index permukaan perkerasan awal
4	Initial Serviceability (po)	4,5	4,5	Untuk rigid pavement
5	Serviceability Loss (ΔPSI)	po - pt	2,5	
6	Reability (R)	75 - 99,9	95	
7	Standar Normal Deviation (Zr)	- 0,674 sd - 1,645	-1,645	
8	Standar Deviation (So)	0,30 - 0,40	0,35	

9	Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)	6%	Berdasarkan CBR = 6*)
10	Modulus Elastisitas Beton (Ec)	4021227,8	Berdasarkan : $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
11	Flexural Strength (S'c)	45	Berdasarkan : $S'c = 45 \text{ kg/cm}^2$
12	Drainage Coefficient (Cd)	1,20 - 1,15	Baik
13	Load Transfer Coefficient (J)	2,5 - 3,1	Join dengan dowel

Sumber : Data perencanaan 2020

Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{18} &= Z_R S_0 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \times \\ &\quad \log_{10} \frac{S_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]} \\ \log_{10} W_t &= -1,645 \times 0,35 \times 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2,5}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + \\ &\quad (4,22 - 0,32 \times 2) \times \log_{10} \frac{640 \times 1,175 \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(4,020,228 : 18)^{0,25}} \right]} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *trial and error* di atas dapatlah hasil nilai $D = 11,04$ inci. yaitu 28 cm dengan umur rencana 30 tahun.

Perhitungan Penulangan

Data yang diketahui :

- Tebal pelat (h) : 280 mm
- Lebar pelat (b) : 3,5 m
- Panjang pelat (p) : 10 m
- Koefisien gesek (F) : 1,5 (batu pecah)
- Tegangan tarik baja izin (fs) : 240 MPa

Perkerasan Bersambung Dengan Tulangan

1. Tulangan memanjang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{F \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \\ A_s &= \frac{1,5 \times 10 \times 2400 \times 9,81 \times 0,28}{2 \times 240} = 206,01 \text{ mm}^2/\text{m} \\ A_s \min &= 0,0014 \times 280 \times 1000 = 392 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

2. Tulangan melintang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{F \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \\ A_s &= \frac{1,5 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,28}{2 \times 240} = 72,10 \text{ mm}^2/\text{m} \\ A_s \min &= 0,0014 \times 280 \times 1000 = 392 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Batang Pengikat (Tie Bar)

Menurut Pd.T-14-2003 dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm dengan jarak 75 cm atau dengan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} At &= 204 \times b \times h \\ &= 204 \times 3,5 \times 0,28 \\ &= 199,92 \text{ mm}^2 \\ 1 &= (38,3 \times \varphi) + 75 \\ &= (38,3 \times 16) + 75 \\ &= 687,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sedangkan menurut literatur/makalah UI dalam Ari Suryawan (2016) berdasarkan tabel 2.13 dengan grade 40 dicoba tulangan D1/2 inci (12,70 mm) dengan panjang 25 inci (635 mm) dan jarak maksimum D29 inci (736 mm).

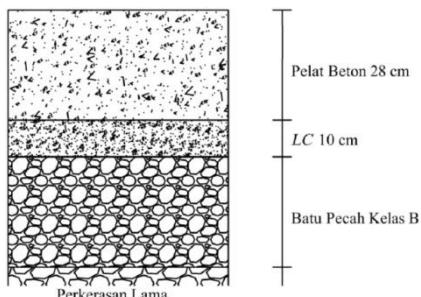
Dowel

Menurut Pd.T-14-2003 berdasarkan tabel 2.14 yaitu D36 mm. Sedangkan menurut *principles of pavement design by yoder & witczak*, 1975 dalam Shirley L.Hendarsin (2000) berdasarkan tabel 2.15 yaitu D32 mm

Pembahasan

Tebal Pelat Beton

Dari hasil perhitungan didapat tebal pelat beton 28cm

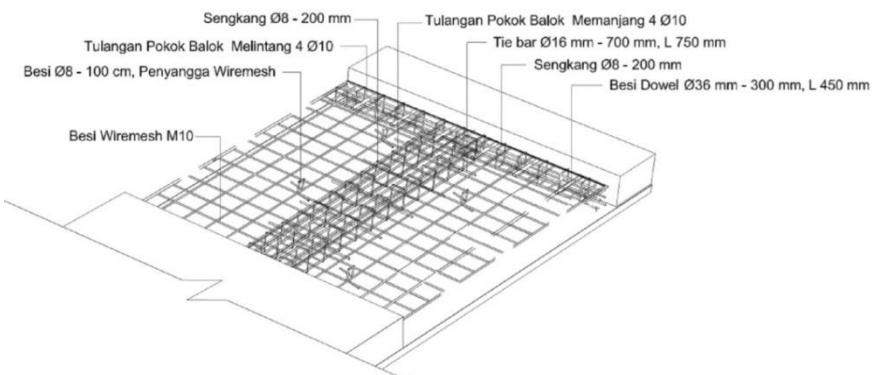


Gambar 5. : Tebal perkerasan

Sumber : Gambar olahan tugas akhir, 2020

Kebutuhan Tulangan

Dari hasil kebutuhan tulangan memanjang dan melintang $A_s = 392 \text{ mm}^2/\text{m}$, dapat digunakan tulangan wiremesh M10 – 150 mm = $523 \text{ mm}^2/\text{m}$



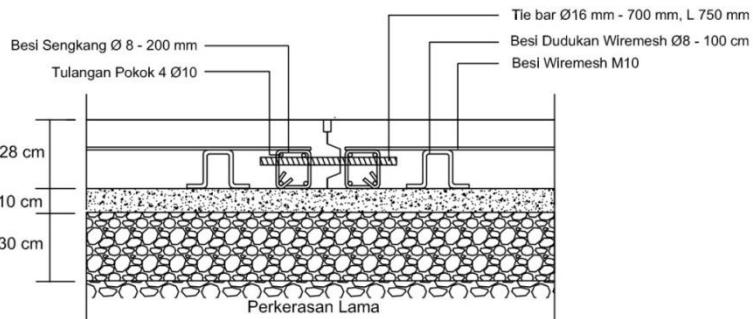
Gambar 6. : Detail tulangan

Sumber : Gambar olahan tugas akhir, 2020

Batang Pengikat (Tie Bar)

Maka dari hasil kedua literatur tersebut, penulis mencoba menggunakan menurut Pd.T-14-2003 tulangan sebagai berikut :

- Diameter tulangan : 16 mm
- Panjang : 700 mm
- Jarak tulangan : 750 mm



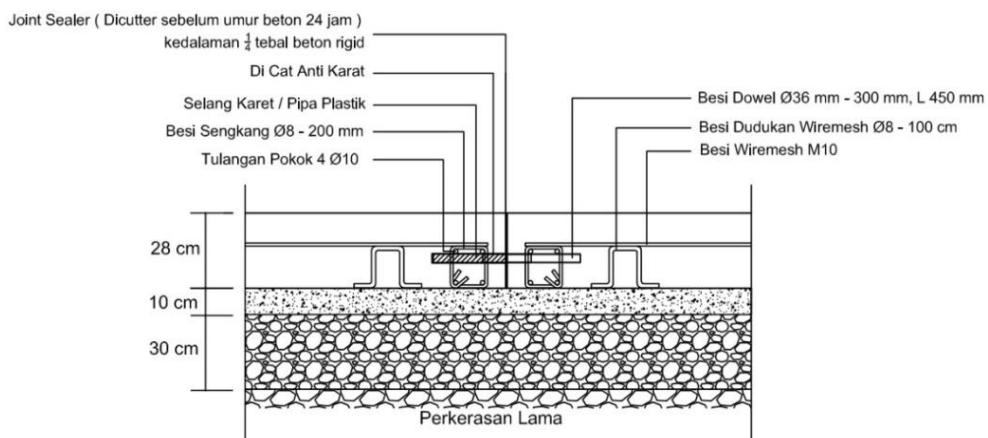
Gambar 7. : Detail tie bar

Sumber : Gambar olahan tugas akhir, 2020

Dowel

Maka dari hasil kedua literatur tersebut, penulis mencoba menggunakan menurut Pd.T-14-2003 tulangan sebagai berikut :

- Diameter tulangan : 36 mm
- Panjang : 450 mm
- Jarak tulangan : 300 mm



Gambar 8. : Detail dowel

Sumber : Gambar olahan tugas akhir, 2020

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada perencanaan perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993 pada jalan Batanghari II, Diperolehlah kesimpulan antara lain :

1. Dengan nilai ESAL umur rencana 30 tahun = 30.273.794,429 juta ESAL didapatkan tebal pelat beton 280 mm
2. Perencanaan menggunakan perkerasan bersambung dengan tulangan dengan lebar pelat 3,5 m dan panjang pelat 10 m dengan kebutuhan tulangan digunakan wiremesh M10 – 150mm.
3. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (tie bar) digunakan baja ulir 16 mm dengan panjang 700 mm serta jarak tulangan 750 mm.
4. Sambungan melintang dengan ruji/dowel digunakan tulangan polos 36 mm dengan panjang 450 mm serta jarak tulangan 300 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures*. Wasington DC, America.
- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, *Perencanaan perkerasan jalan beton semen*, Pd T-14-2003.
- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, *Survai Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual*, Pd.T-19-2004-B.
- Hendarsin Shirley L, 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung – Jurusan Teknik Sipil, Bandung.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. No.34 Tahun 2006, *Tentang Jalan*.
- Perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan*. Pd.T-05-2005-B.
- Sukirman Silvia, 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Penerbit Nova, Bandung.

Suryawan Ari, 2016. **Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)**, Beta Offset, Yogyakarta.
Undang Undang Republik Indonesia, Nomor 22 tahun 2009, **Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan**