

## Analisa Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) pada Ruas Jalan Simpang Puduk – Suak Kandis Kabupaten Muaro Jambi

Arman Ismail<sup>1\*</sup>, Amsori M Das<sup>2</sup>, Ari Setiawan<sup>3</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

\*Correspondence email: armanjkt4@gmail.com

**Abstrak.** Ruas Jalan Simpang Puduk merupakan jalan Kabupaten yang menghubungkan Muaro Jambi dengan Kota Jambi. Ruas jalan ini merupakan penghubung sektor ekonomi, sosial, dan budaya Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi, sehingga terdapat pula kendaraan-kendaraan pabrik yang melintas ruas jalan Simpang Puduk didominasi oleh kendaraan truk kecil maupun besar pengangkut hasil ekonomi dan hasil bumi lainnya. Kondisi Jalan Simpang Puduk merupakan perkerasan lentur yang telah hancur permukaannya hingga lapisan pondasi dibawahnya. Tujuan studi ini akan menganalisa perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993. Perencanaan dengan panjang jalan 312,9 m dan lebar 7 meter, dengan CBR tanah dasar 7,3%, dengan nilai W18 dalam setahun sebesar 455.664,051. Pada studi ini didapat nilai ESAL dalam 30 tahun sebesar 24.814.115,134 ESAL, dengan tebal pelat beton 27,2 cm. Dengan jenis sambungan perkerasan bersambung dengan tulangan dengan panjang pelat 5,5 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* Ø32 mm dengan panjang 450 mm dan jarak 300 mm.

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

**Abstract.** The Simpang Puduk road section is a district road that connects Muaro Jambi with Jambi City. This road section is a link to the economic, social and cultural sectors of Muaro Jambi Regency and Jambi City, so that there are also factory vehicles crossing the Simpang Puduk road section, dominated by small and large trucks transporting economic products and other agricultural products. The condition of the Simpang Puduk Road is a flexible pavement that has destroyed its surface to the foundation layer below it. The purpose of this study is to analyze rigid pavement using the 1993 AASHTO method. Planning with a road length of 312.9 m and a width of 7 meters, with a subgrade CBR of 7.3%, with a W18 value in a year of 455,664,051. In this study, the ESAL value in 30 years was 24,814,115,134 ESAL, with a concrete slab thickness of 27.2 cm. With a continuous type of pavement connection with reinforcement with a plate length of 5.5 meters, M10–150 mm wiremesh reinforcement is installed. As well as installed Tie Bar reinforcement 16 mm with a length of 700 mm and a distance of 750 mm. As well as 32 mm Dowel reinforcement with a length of 450 mm and a distance of 300 mm.

**Keywords :** AASHTO 1993, Rigid Pavement, Road Pavement, ESAL

### PENDAHULUAN

Ruas Jalan Simpang Puduk merupakan jalan Kabupaten yang menghubungkan Muaro Jambi dengan Kota Jambi. Ruas jalan ini merupakan penghubung sektor ekonomi, sosial dan budaya Kabupaten Muaro Jambi dan Kota Jambi, sehingga terdapat pula kendaraan-kendaraan pabrik yang melintasi ruas jalan Simpang Puduk tersebut. Kendaraan yang melintas pada ruas jalan Simpang Puduk 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 Simpang Puduk merupakan perkerasan lentur yang telah hancur permukaannya hingga lapisan pondasi dibawahnya dan ketika terjadi hujan terdapat genangan air yang tertampung hingga kering sendiri, karena terdapat lubang-lubang akibat beban pada roda kendaraan, sehingga jalan menjadi becek dan bisa mengakibatkan antrian kendaraan yang melintas, akibatnya kendaraan berjalan pelan dan menunggu antrian akan membuat perjalanan menempuh waktu lebih lama dari sebelumnya, dan ditambah lagi kendaraan berat juga melintas sehingga jalan akan semakin rusak parah, kenyamanan dan keamanan pun juga turut diperhitungkan guna keselamatan berlalu lintas.

### Landasan Teori

#### Umum

Menurut Peraturan Pemerintah nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, selanjutnya disebut PP No.34/2006. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

### Perencanaan Dengan Metode AASHTO 1993

- Analisa lalu lintas. Mencakup umur rencana , LHR, pertumbuhan lalu lintas, *vehicle damage factor*.
- Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan pertumbuhan lalu lintas tahunan. Adapun ciri pengenalan penggolongan kendaraan seperti di bawah ini, penggolongan lalu lintas berdasar Pedoman Teknis No. Pd.T-19-2004-B Survei pencacahan lalu lintas dengan cara manual.
- Angka ekivalen atau VDF menurut Pd.T-05-2005. Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus.

#### Traffic Design

$$W_{18} = \sum_{N1}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365$$

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.

$N1$  = Lalu lintas pada tahun pertama jalan dibuka.

$Nn$  = 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 (opentraffic)*  $P_o = 4,5$ .

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	Recommended 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

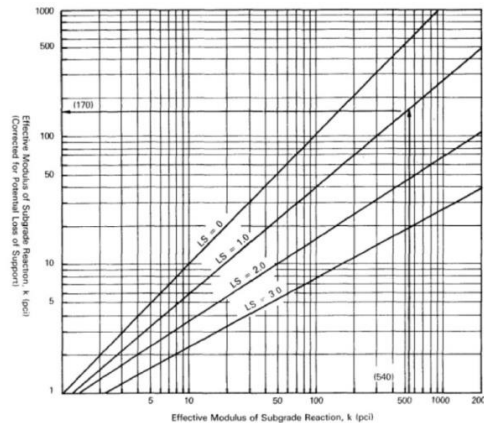
- *Standar normal deviate* ( $Z_R$ ) berdasarkan nilai *reliability* yaitu berkisar 0,0 hingga -3,750. *Standar deviation* untuk rigid pavement :  $S_o = 0,30 - 0,40$ .

- *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 Potential 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 elastisitas 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)

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 7,35 \log_{10} (D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t)$$

$$\times \log_{10} \frac{S_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[ D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot k)^{0,25}} \right]}$$

Dimana :

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

$Z_R$  = Standar normal deviasi

$S_0$  = Standar deviasi

$D$  = Tebal pelat beton (inci)

$\Delta \text{PSI}$  = Serviceability loss =  $P_0 - P_t$

$P_t$  = 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

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

Dimana :

$A_s$  = luas penampang tulangan baja (mm<sup>2</sup>/m lebar pelat)

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

$g$  = gravitasi (m/detik<sup>2</sup>).

$h$  = 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<sup>3</sup>)

$F$  = 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
Ashphalt 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 (Batang Pengikat)**

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 (inc)	Diameter batang 1/2 inc						Diameter batang 5/8 inc		
			Panjang (inc)	Jarak maximum (inc)			Panjang (inc)	Jarak maximum (inc)			
				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	48	
		7	25	48	48	48	30	48	48	48	
		8	25	48	44	40	30	48	48	48	
		9	25	48	40	38	30	48	48	48	
		10	25	48	38	32	30	48	48	48	
		11	25	35	32	29	30	48	48	48	
		12	25	32	29	26	30	48	48	48	

Sumber : Suryawan (2016)

• **Dowel (Ruji)**

**Tabel 5. : Diameter ruji**

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

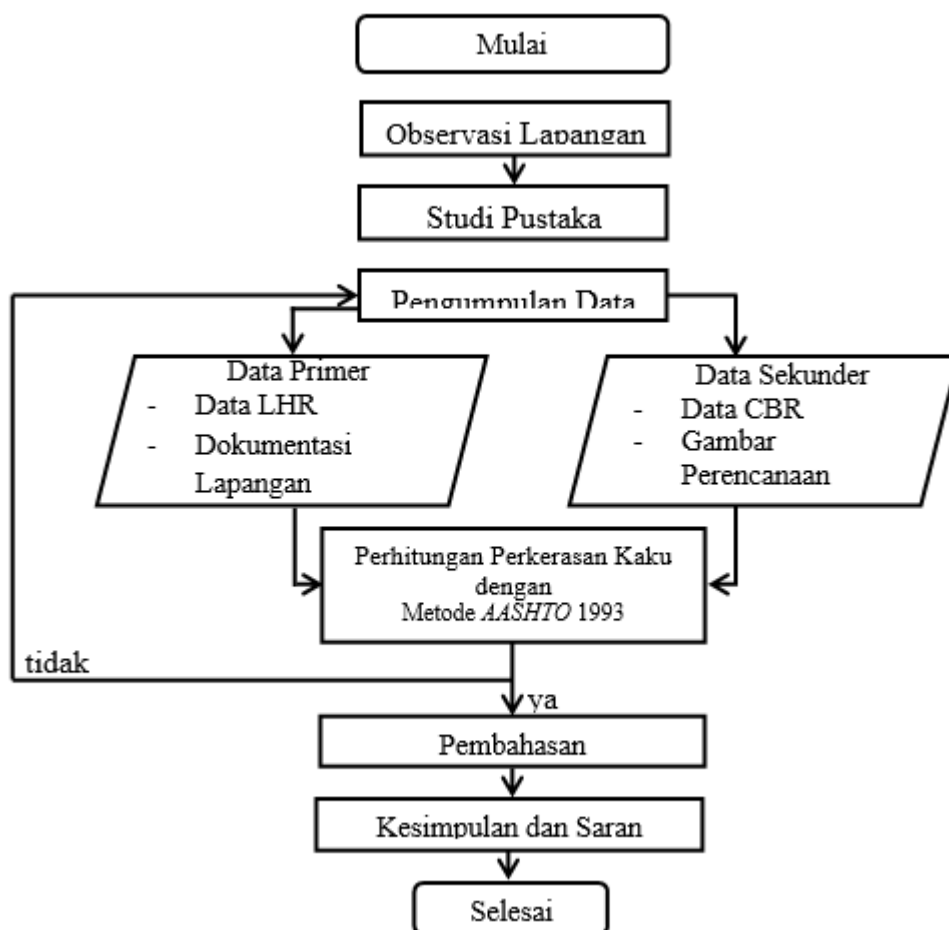
Sumber : Pd.T-14-2003

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

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
inc	mm	Diameter		Panjang		Jarak	
		inci	mm	inc	mm	inc	mm
6	150	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 1/4	32	18	450	12	300
10	250	1 1/4	32	18	450	12	300
11	275	1 1/4	32	18	450	12	300
12	300	1 1/2	38	18	450	12	300
13	325	1 1/2	38	18	450	12	300
14	350	1 1/2	38	18	450	12	300

Sumber : Hendarsin, 2000

**METODE**



Gambar 2. : Diagram Alir Penelitian

Sumber : Data Olahan, 2021

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Modulus Reaksi Tanah Dasar**

Nilai *CBR* ditetapkan 7,3%.

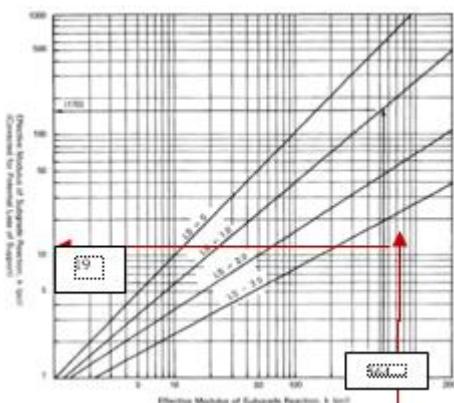
$$M_R = 1500 \times CBR = 1500 \times 7,3 = 10950$$

$$K = \frac{M_R}{19,4} = \frac{10950}{19,4} = 564 \text{ pci}$$

Lapis *subbase* : Agregat kelas B

*Loss of support* (LS) = 3

Koreksi *effective modulus of subgrade reaction*, dengan gambar 3 di bawah didapat :  $k = 19 \text{ pci}$



Gambar 3. : *Effective modulus of subgrade reaction*,  $k$  (pci)

Sumber : AASHTO 1993

Traffic Design

Tabel 7 Perhitungan Desain Lalu lintas, ESAL

No	Jenis Kendaraan	Golongan	LHR	VDF	DD	DL	Hari Dalam Setahun	W <sub>18</sub>
1	Kendaraan Ringan	2	1644	0.0024	0.35	1	365	493.989
2	Angkutan Penumpang	3	40	1.5672	0.35	1	365	8008.455
3	Pick Up	4	446	1.1336	0.35	1	365	64590.098
4	Truk ringan 2 sumbu	6a	128	6.4201	0.35	1	365	104980.763
5	Truk sedang 2 sumbu	6b	146	6.4201	0.35	1	365	119743.683
6	Truk 3 sumbu	7a	81	5.2422	0.35	1	365	54245.197
7	Truk Semi Trailer	7c	11	15.5362	0.35	1	365	21832.247
$\sum W_{18} =$								373894.432

Sumber : Hasil perhitungan 2021

Didapat nilai W<sub>18</sub> dalam setahun, W<sub>18</sub> = 373.894,432

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

Umur rencana 30 tahun :

$$W_t = 373.894,432 \times \frac{(1+0,05)^{30} - 1}{0,05} = 24.814.115,134 \text{ ESAL}$$

Modulus Elastisitas Beton

Digunakan f<sub>c</sub>' = 350kg/cm<sup>2</sup>, konversi ke satuan psi = 350 x 14,22 = 4977 psi.

Maka, E<sub>c</sub> = 57000(f<sub>c</sub>')<sup>0,5</sup> = 57000 (4977)<sup>0,5</sup> = 4.021.228 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	-	24814115,134	> 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)		7,3%	Berdasarkan CBR = 6*)
10	Modulus Elastisitas Beton (Ec)		4021228	Berdasarkan : f'c = 350 kg/cm <sup>2</sup>
11	Flexural Strength (S'c)		45	Berdasarkan : S'c = 45 kg/cm <sup>2</sup>
12	Drainage Coefficient (Cd)	1,20 - 1,15	1,175	Baik
13	Load Transfer Coefficient (J)	2,5 - 3,1	2,8	Join dengan dowel

Sumber : Data Olahan, 2021

Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \times$$

$$\log_{10} \frac{S_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[ D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot k)^{0,25}} \right]}$$

$$\log W_t = -1,645 \times 0,35 \times 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{2,5}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} +$$

$$(4,22 - 0,32 \times 2) \times \log_{10} \frac{640 \times 1,175 \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[ D^{0,75} - \frac{18,42}{(4.020.228:18)^{0,25}} \right]}$$

Dari hasil perhitungan *trial and error* di atas dapatlah hasil nilai  $D = 10,71$  inci. yaitu 27,2 cm dengan umur rencana 30 tahun.

### Perhitungan Penulangan

Data yang diketahui :

- Tebal pelat (h) : 272 mm
- Lebar pelat (b) : 3,5 m
- Panjang pelat (p) : 5,5 m
- Koefisien gesek (F) : 1,5 (batu pecah)
- Tegangan tarik baja izin (fs) : 240 MPa

### Perkerasan Bersambung Dengan Tulangan

#### 1. Tulangan memanjang

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

$$A_s = \frac{1,5 \times 10 \times 2400 \times 9,81 \times 0,28}{2 \times 240} = 206,01 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s \text{ min} = 0,0014 \times 280 \times 1000 = 392 \text{ mm}^2/\text{m}$$

#### 2. Tulangan melintang

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

$$A_s = \frac{1,5 \times 3,5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,28}{2 \times 240} = 72,10 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s \text{ min} = 0,0014 \times 280 \times 1000 = 392 \text{ mm}^2/\text{m}$$

### Batang Pengikat (Tie Bar)

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

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

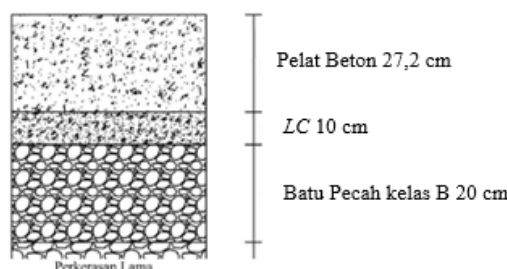
Sedangkan menurut literatur/makalah UI dalam Suryawan (2016) berdasarkan tabel 2.13 dengan grade 40 dicoba tulangan D1/2 inci (12,70 mm) dengan panjang 25 inci (635 mm) dan jarak maksimum D29 inci (736 mm).

### Dowel

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

### Tebal Pelat Beton

Dari hasil perhitungan didapat tebal pelat beton 27,2cm

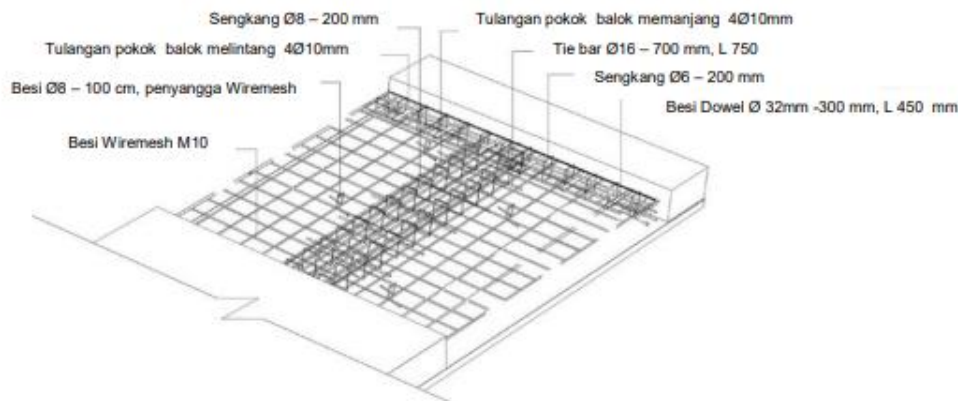


Gambar 4. : Tebal perkerasan

Sumber : Gambar olahan, 2021

### 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 mm<sup>2</sup>/m



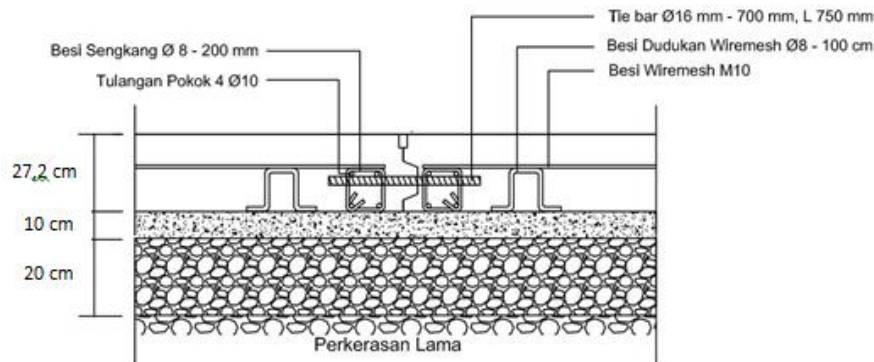
Gambar 5. : Detail tulangan

Sumber : Gambar olahan, 2021

### Batang Pengikat (Tie Bar)

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

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



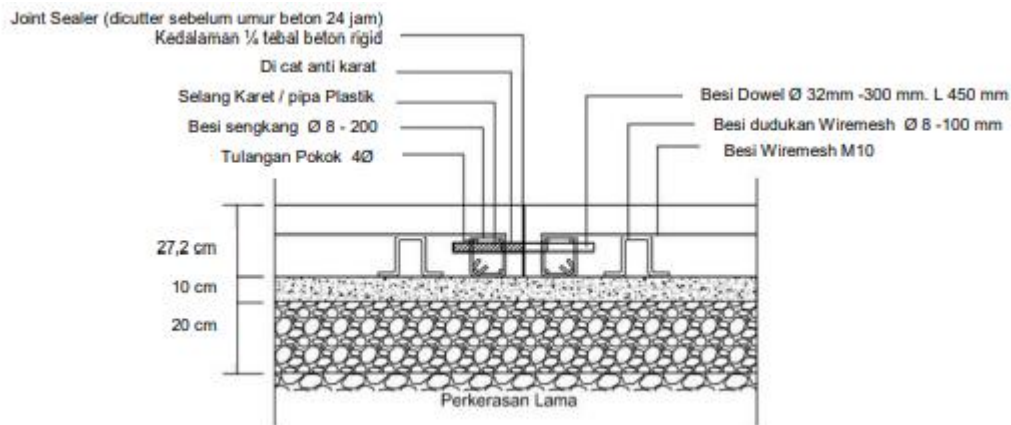
Gambar 7. : Detail tie bar

Sumber : Gambar olahan, 2021

### 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, 2021

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada analisa perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993 pada ruas Jalan Simpang Pudak – Suak Kandis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan antara lain :

1. Dengan nilai *ESAL* umur rencana 30 tahun = 24.814.115,134 *ESAL* didapat tebal pelat beton 272 mm.
2. Tebal Pelat Beton yang sudah ada adalah 270 mm, sedangkan analisis yang direncanakan adalah 272 mm.
3. Perencanaan menggunakan perkerasan bersambung dengan tulangan dengan lebar pelat 3,5 m dan panjang pelat 5,5 m dengan kebutuhan tulangan digunakan wiremesh M10 – 150 mm.
4. Sambungan memanjang yang sudah ada dengan batang pengikat (*tie bar*) adalah baja ulir D16 mm dengan panjang 600 mm serta jarak tulangan 800 mm, sedangkan analisis yang direncanakan yang didapat D16 mm dengan panjang 700 mm serta jarak 750 mm.
5. Sambungan melintang dengan ruji/dowel yang sudah ada adalah tulangan polos Ø32 mm dengan panjang 250 mm, sedangkan analisis yang direncanakan digunakan tulangan polos Ø32 mm dengan panjang 450 mm serta jarak tulangan 300 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures*. American Assosiation of State Highway and Transportation Officials. Wasington DC, USA.
- Bina Marga. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd. T-14-2003*. Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual Pd.T-19- 2004-B*. Jakarta.
- Hendarsin, Shirley L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Bandung. Bandung.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2006. *PP No 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*. Jakarta.
- Suryawan, Ari. 2016. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Yogyakarta: Beta Offset.