



Peningkatan Tebal Lapis Perkerasan Kaku pada Jalan Yos Sudarso Kumbe dengan Metode AASHTO

D.S. Nababan^a, C. Utary^{a*} dan Z. Abidina^a

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Musamus, Merauke, Indonesia 99611

* Corresponding author's e-mail: utary_ft@unmus.ac.id

Received: 30 May 2023; revised: 10 July 2020; accepted: 13 July 2023

Abstract: Yos Sudarso Road is a connecting road heavily traveled by heavy vehicles. The number of heavy vehicles that often pass through this road is one of the supporting factors for the damage to the road, in addition to the absence of maintenance and improvement carried out, resulting in a decrease in the level of serviceability of the road. This condition is the main objective of this research, namely to determine the design of increasing the thickness of the rigid pavement layer on Jalan Yos Sudarso Kumbe. The method used in this improvement is the American Association Of State Highway And Transporting official 1993. The research conducted on Yos Sudarso Kumbe road includes collecting CBR data using DCP tools, surveying traffic volume to find the LHR value, then observing how long the puddle of rainwater on the road surface will disappear to determine the drainage quality. From the results of the analysis and calculations carried out using the 1993 AASHTO method with 15% CBR, the thickness of the pavement layer is 135 mm (5.2 inches) because the thickness of the pavement layer does not meet the minimum standard of rigid pavement thickness with low traffic volume. The minimum standard of rigid pavement thickness with low traffic volume is 150 mm (6 inches), with $\varnothing 10$ mm reinforcement and 30 cm spacing between support, $\varnothing 19$ mm dowel, 45 cm length, 30 cm spacing between bars, and $\varnothing 16$ mm tie bars, 70 cm length, 75 cm spacing between bars.

Keywords: AASHTO 1993, CBR, rigid pavement, joints, reinforcement.

Abstrak: Jalan Yos Sudarso merupakan jalan penghubung yang banyak dilalui oleh kendaraan berat. Banyaknya kendaraan berat yang sering melalui jalan ini menjadi salah satu faktor pendukung rusaknya jalan tersebut, Selain itu tidak adanya pemeliharaan dan peningkatan yang dilakukan mengakibatkan turunnya tingkat kemampuan pelayanan pada jalan tersebut. Kondisi inilah yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui desain peningkatan tebal lapis perkerasan kaku pada Jalan Yos Sudarso Kumbe. Metode yang digunakan pada peningkatan ini adalah American Association Of State Highway And Transporting official 1993. Penelitian yang dilakukan di jalan Yos Sudarso Kumbe ini meliputi pengambilan data CBR lapangan menggunakan alat DCP, survei volume lalu lintas yaitu untuk mencari nilai LHR, berikutnya mengamati berapa lama genangan air hujan yang ada dipermukaan jalan akan hilang untuk menentukan kualitas drainase. Dari hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan menggunakan metode AASHTO 1993 dengan CBR 15% di dapat tebal lapis perkerasan yaitu 135 mm (5,2 inci), karena tebal lapis perkerasan tersebut tidak memenuhi standar minimum tebal lapis perkerasan kaku dengan volume lalu lintas rendah, maka digunakanlah standar minimum tebal lapis perkerasan kaku dengan volume lalu lintas rendah yaitu 150 mm (6 inci), dengan digunakan tulangan $\varnothing 10$ mm dan jarak antar tulangan 30 cm, digunakan dowel $\varnothing 19$ mm, panjang 45 cm, jarak antar batang 30 cm, dan digunakan tie bars $\varnothing 16$ mm, panjang 70 cm, jarak antar batang 75 cm.

Kata kunci: AASHTO 1993, CBR, perkerasan kaku, sambungan, tulangan.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang kemudian berkembang terus sebagai salah satu prasarana penghubung untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam melakukan berbagai aktifitas perekonomian baik itu aksesibilitas maupun mobilitas barang dan jasa [1].

Kerusakan jalan di wilayah Kabupaten Merauke merupakan masalah yang sangat besar saat ini, karena penurunan kualitas jalan akan mempengaruhi peningkatan dan perkembangan suatu wilayah [2]. Salah satu ruas jalan yang kualitas dan tingkat pelayanannya menurun adalah Jalan Yos Sudarso yang terletak di kampung Kumbe, distrik Malind, Kabupaten Merauke. Jalan tersebut banyak dilintasi oleh kendaraan berat, seperti truk pengangkut material konstruksi. Dengan banyaknya kendaraan berat yang sering melalui jalan ini juga ikut menjadi salah satu faktor pendukung rusaknya jalan tersebut, Selain itu tidak

adanya pemeliharaan dan peningkatan yang dilakukan mengakibatkan turunnya tingkat kemampuan pelayanan pada jalan tersebut.

Dengan melihat kondisi tersebut serta jalan ini merupakan jalan penghubung yang sering kali dilalui masyarakat maupun kendaraan berat, jelas bahwa jalan ini sangat membutuhkan perbaikan khususnya pada lapis perkerasannya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan tebal lapis perkerasan yang sesuai dengan kebutuhannya [3]. Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang "Peningkatan Tebal Lapis Perkerasan Kaku pada Jalan Yos Sudarso Kumbe dengan Metode AASHTO"

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Yos Sudarso Kumble, Kabupaten Merauke, dan panjang total jalan yang diteliti adalah 1 km dan lebar 3,5 di mulai dari STA 0+000 sampai STA 1+000 seperti yang ditunjukkan Gambar 1.

2.2. Data

a. Data CBR tanah dasar

Data CBR tanah dasar didapat dari hasil pengujian langsung dilapangan dengan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP).

b. Data lalu lintas harian rata – rata (LHR)

Data LHR didapat dari hasil survei volume lalu lintas pada Jalan Yos Sudarso Kumble.

c. Data kualitas drainase

Data kualitas drainase didapat dari hasil pengamatan dilapangan dengan cara mengamati berapa lama waktu hujan turun setelah itu mengamati berapa lama genangan air hujan yang ada dipermukaan jalan akan hilang.

d. Data pertumbuhan lalu lintas

Data pertumbuhan lalu lintas diperoleh dari kantor SAMSAT Merauke.

e. Data curah hujan

Data curah hujan diperoleh dari kantor BMKG Merauke.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Peningkatan tebal perkerasan yang di rencanakan mengacu pada AASHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) yang memuat landasan teori dan tahan prektis dalam perencanaan perkerasan kaku [4]. Untuk peningkatan tebal perkerasan kaku terdapat beberapa parameter yang harus di perhatikan sebagai berikut:

2.3.1. Equivalent Single Axle Load (ESAL)

Parameter yang digunakan untuk mencari nilai ESAL mencakup: umur rencana, lalu lintas harian rata-rata, *vehicle damage factor*, pertumbuhan lalu lintas tahunan, faktor distribusi arah, dan faktor distribusi lajur. Berikut ini rumus umum perhitungan ESAL.

$$W_{18} = LHR \times VDF \times D_D \times D_L \times 365 \quad (1)$$

dimana:

W_{18} = *Equivalent Single Axle Load* (ESAL)

LHR = jumlah lalu lintas harian rata-rata 2 arah

VDF = *Vehicle Damage Factor*

D_D = faktor distribusi arah

D_L = faktor distribusi lajur

Volume lalu lintas yang dipakai untuk perencanaan tebal perkerasan adalah volume lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Berikut ini persamaan yang digunakan untuk mencari nilai volume lalu lintas kumulatif.

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (2)$$

dimana:

W_t = jumlah beban gandar standar kumulatif

W_{18} = *Equivalent Single Axle Load* (ESAL)

n = umur pelayanan atau umur rencana (UR)

i = pertumbuhan lalu lintas (%)

2.3.2. Reliability

Reliability adalah probabilitas bahwa permukaan jalan yang rencanakan akan tetap memuaskan sepanjang umur rencana. Semakin tinggi keandalan penggunaan, semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisi [5]. Penentuan nilai reliability ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Reliability (R)

Klasifikasi jalan	Reliability: R (%)	
	Perkotaan	Pedesaan
Jalan tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 – 80

Hubungan antara nilai reliability (R) dan nilai standard normal deviation (ZR) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standard normal deviation (ZR)

R (%)	Z _R	R (%)	Z _R
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Standar deviasi adalah parameter yang digunakan untuk menjelaskan variasi data masukan. Nilai standar deviasi mewakili kondisi lokal yang ada. AASHTO 1993 merekomendasikan nilai (So) 0,30 – 0,40 untuk perkerasan kaku.

2.3.3. Serviceability

Serviceability adalah tingkat penyajian yang diberikan oleh permukaan jalan seperti yang dirasakan oleh pengguna jalan. Nilai kegunaan ialah nilai yang menentukan tingkat penyajian fungsional dari sistem permukaan jalan.

2.3.4. California Bearing Ratio (CBR)

Dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar. Dalam menentukan nilai CBR yang digunakan dalam perencanaan perkerasan ada banyak metode yang digunakan salah satunya adalah metode *Japan Road Ass* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$CBR_{segment} = CBR_{rata-rata} - \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R} \quad (3)$$

dimana:

- CBR_{segment} = CBR yang mewakili satu segmen
- CBR_{rata-rata} = CBR rata-rata dalam satu segmen
- CBR_{maks} = CBR maksimum dalam satu segmen
- CBR_{min} = CBR minimum dalam satu segmen
- R = konstanta berdasarkan jumlah titik pengamatan

2.3.5. Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus reaksi tanah dasar (k) digunakan untuk mengestimasi dukungan pelat beton semen oleh lapisan dibawahnya. Untuk menentukan nilai modulus reaksi tanah dasar efektif tergantung dari kondisi struktur perkerasan, yakni penggunaan lapisan pondasi bawah [6].

2.3.6. Factor Loss Of Support

Faktor kehilangan daya dukung (Ls) dimasukkan dalam desain perkerasan kaku untuk memperhitungkan potensi peningkatan kehilangan daya dukung karena erosi atau perubahan partikel tanah [7].

2.3.7. Material Beton Semen

Menurut ASTM C-78, kuat tekan beton harus dinyatakan sebagai kuat tarik lentur pada umur 28 hari, diperoleh dari hasil pengujian balok yang dibebani pada tiga titik, biasanya sekitar 3 sampai 5 MPa (30 sampai 50 kg/cm²) Balok yang diuji berukuran 150 mm x 150 mm x 500 mm [8]. Ada 2 parameter dalam uji kuat beton yaitu modulus elastisitas beton dan *flexural strength*. Kuat tekan beton *f'_c* ditetapkan sesuai pada spesifikasi pekerjaan. Modulus lentur beton hanya digunakan dalam desain perkerasan kaku. Nilai modulus lentur beton yang digunakan adalah angka rata-rata kuat tarik lentur pada usia 28 hari. Kuat lentur yang umum digunakan saat ini *Sc'* = 45 kg/cm² = 640 psi

2.3.8. Drainage coefficient

Koefisien drainase (Cd) memungkinkan buat memodifikasi ketebalan beton desain dengan mempertimbangkan kondisi drainase (Tabel 3). Kelembaban dapat mempengaruhi kinerja perkerasan, yaitu mengurangi kekuatan pondasi dan tanah dasar, dan juga dapat menyebabkan melengkungnya pelat [9]. Untuk penentuan persentase struktur perkerasan dalam setahun terkena air sampai ke tingkat jenuh menggunakan persamaan berikut.

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100 \quad (4)$$

dimana:

- P_{heff} = persen hari effective hujan dalam setahun yang akan berpengaruh tekananya perkerasan (%)
- T_{jam} = rata-rata hujan per hari (jam)
- T_{hari} = rata-rata jumlah hari hujan per tahun (hari)
- W_L = faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (1-C)
- C = koefisien pengaliran

Tabel 3. Drainage coefficient (Cd)

Kualitas drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan Dipengaruhi oleh Kadar Air yang Mendekati Jenuh			
	< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	>25 %
Baik sekali	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Baik	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Sedang	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Jelek	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Jelek sekali	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

2.3.9. Load transfer coefficient

Koefisien pelimpahan beban (J) adalah faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan perkerasan kaku untuk mentransfer beban ke daerah retak seperti joint atau retakan [10]. Untuk nilai koefisien perpindahan beban tergantung pada jenis perkerasan lihat Tabel 4.

Tabel 4. Load transfer coefficient

Bahu jalan	Aspal		Pelat Beton Semen	
	Yes	No	Yes	No
Jenis Perkerasan				
Perkerasan bersambung tampa atau dengan tulangan	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Perkerasan beton menerus dengan tulangan (CRCP)	2.9 – 3.2	N/A	2.3 – 2.9	N/A

2.3.10. Perhitungan Tebal Pelat

Persamaan yang digunakan:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_O + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,2 - 0,32 P_t) * \log_{10} \frac{S'_C C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times [D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot k)^{0,25}}]} \tag{5}$$

dimana:

- W_{18} = Equivalent Single Axle Load (ESAL)
- Z_R = standar normal deviasi
- S_O = standar deviasi
- D = tebal pelat beton
- ΔPSI = serviceability loss
- P_O = initial serviceability
- P_t = terminal serviceability
- S'_C = modulus of rapture (psi)
- C_d = drainage coefficient
- J = load transfer coefficient
- E_c = modulus elastisitas (psi)
- k = modulus reaksi tanah dasar (pci)

Pada perencanaan tebal perkerasan kaku di Indonesia yang telah tersedia dibatasi untuk lalu lintas sedang/berat yaitu pada jalan yang dilewati lebih dari 1 juta ESAL (equivalent single axle load 18-kip/8,2 ton) selama umur rencana. Sementara itu kebutuhan teknologi perkerasan

jalan untuk lalu-lintas rendah sangat besar mengingat panjang jalan kabupaten/kota mencapai kurang lebih 80% dari panjang jalan di Indonesia. Rancangan tebal jalan beton untuk lalu lintas rendah mempunyai tebal yang tipis yaitu 150 mm, 200 mm dan 230 mm yang pemilihannya tergantung pada Lalu Lintas Harian Rata-rata Kendaraan Niaga [11].

2.3.11. Perencanaan tulangan

Tujuan dari pendistribusian tulangan bukan untuk mencegah terjadinya retakan pada pelat beton, akan tetapi untuk membatasi lebar retak pada daerah konsentrasi beban, sehingga pelat beton pada daerah retak tidak menunjukkan retak dan meningkatkan ketahanan pelat penahan. Untuk luas tulangan pada perkerasan ini dihitung dengan persamaan berikut.

$$A_s = \frac{11,7 \times F \times L \times h}{f_s} \tag{6}$$

dimana:

- A_s = luas tulangan yang diperlukan (mm²/lebar)
- F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya
- L = jarak antar sambungan (m)
- h = tebal pelat (mm)
- f_s = tegangan tarik baja ijin (MPa)

Menurut SK SNI T-15-1991-03, nilai A_s minimum untuk semua kondisi = 0,14% dari luas penampang beton.

2.3.12. Perencanaan sambungan

Kinerja perkerasan kaku tergantung pada kinerja dari sambungan, dan jika sambungan rusak maka akan merusak bagian permukaan jalan tersebut. Tujuan dari sambungan perkerasan kaku adalah untuk mengoreksi kerusakan akibat pemuaian dan susut.

- 1) Sambungan memanjang dengan batang pengikat (tie bars)
Tie bars adalah tulangan baja ulir yang di gunakan untuk mempertahankan kontak yang baik antara tepi yang berdekatan dari pelat beton. Untuk mencari panjang tie bars digunakan persamaan berikut.

$$I = (38,3 \times \emptyset) + 75 \tag{7}$$

dimana:

- I = panjang batang pengikat (mm)
- \emptyset = diameter batang pengikat (mm), dengan jarak batang pengikat 75 cm.

2) Sambungan susut melintang dengan ruji (*dowel*)
Dowel adalah alat pendistribusi beban antar dua pelat yang berdekatan, sehingga ukuran yang digunakan harus cukup besar dan dipasang pada interval yang relatif pendek untuk memberikan tahanan terhadap lentur, geser dan dukungan untuk pelat beton. AASHTO 1993 dan PCA 1991 merekomendasikan diameter *dowel* = D/8, panjang 45 cm (18 inci) dan jarak 30 cm (12 inci) [12].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Faktor ESAL

Dalam peningkatan tebal perkerasan ini umur rencana yang di ambil yaitu 20 tahun. Nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang digunakan adalah LHR yang di peroleh dari hasil survei kendaraan selama 7 hari di Jalan Yos Sudarso Kumbe. Hasil perhitungan LHR dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan LHR

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	LHR kend/hari
1	Sedan, jeep, st. wagon	54	8
2	Pick-up, combi	97	14
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	0	0
4	Bus kecil	0	0
5	Bus besar	0	0
6	Truck 2 as (H)	611	88
7	Truck 3 as	0	0
8	Trailer 4 as, truck gandengan	0	0
9	Truck s. trailer	0	0

3.1.1. Vehicle Damage Factor (VDF)

Untuk nilai Vehicle Damage Factor (VDF) yang digunakan adalah berdasarkan jenis kendaraan. Karena

untuk jenis kendaraan yang di survei adalah sedan, pick-up, dan truck maka digunakan nilai VDF dari masing - masing kendaraan tersebut yaitu: sedan 0,0005, pick-up 0,2174 dan truck 2 AS (H) 2,4159 yaitu berdasarkan Bina Marga MST 10 ton [13].

3.1.2. Pertumbuhan lalu lintas tahunan

Untuk data jumlah kendaraan di Kabupaten Merauke untuk 5 tahun kebelakang dimulai dari tahun 2017 sampai dengan 2021 yang didapat dari Kantor SAMSAT Merauke dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah kendaraan Kabupaten Merauke untuk 5 tahun kebelakang

Jenis Kendaraan	Tahun				
	2017	2018	2019	2020	2021
Ambulance	10	11	15	21	22
Blind Van	4	9	12	15	24
Jeep	35	64	99	130	163
Light Truck	164	393	573	650	782
Microbus	9	9	9	450	454
Minibus	377	809	1.261	1.479	1.973
Pick Up	277	580	896	897	1.108
Sedan	5	8	12	17	21
Truck	19	32	48	66	82
Total	900	1.915	2.925	3.725	4.629

Setelah didapat jumlah kendaraan untuk 5 tahun kebelakang, maka dari jumlah tersebut dapat dicari nilai pertumbuhan lalu lintas (i). untuk nilai pertumbuhan lalu lintas yang digunakan pada peningkatan ini adalah 0,51%. Dan untuk nilai pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (R) didapat 20,999.

3.1.3. Faktor distribusi arah

Nilai faktor distribusi arah untuk perkerasan kaku: $D_D = 0,3 - 0,7$ dan untuk peningkatan ini digunakan 0,5.

Tabel 7. Hasil perhitungan nilai traffic desain (W18)

No	Jenis Kendaraan	LHR	VDF	DD	DL	365	W18
		a	b	c	d	e	a*b*c*d*e
1	Sedan, jeep, st. wagon	8	0,0005	0,5	100%	365	0,730
2	Pick-up, combi	14	0,2174	0,5	100%	365	555,457
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	0	0,2174	0,5	100%	365	,000
4	Bus kecil	0	0,2174	0,5	100%	365	0,000
5	Bus besar	0	0,3006	0,5	100%	365	0,000
6	Truck 2 as (H)	88	2,4159	0,5	100%	365	38.799,354
7	Truck 3 as	0	2,7416	0,5	100%	365	0,000
8	Trailer 4 as, truck gandengan		3,9083	0,5	100%	365	0,000
9	Truck s. trailer	0	4,1718	0,5	100%	365	0,000
Total nilai W18							39.355,541

3.1.4. Faktor distribusi lajur

Faktor distribusi lajur ditentukan oleh banyaknya lajur dan lajur yang direncanakan. Karena jalan yang diteliti merupakan jalan 2 lajur 2 arah maka didapat nilai faktor distribusi lajur (D_L) = 100%.

Setelah semua nilai parameter *Equivalent Single Axle Load* (W18) didapat, maka dapat dihitung nilai traffic desain (W18), hasil perhitungan nilai traffic desain dapat dilihat pada Tabel 7.

3.2. Reliability

Dengan melihat klasifikasi jalan pada Jalan Yos Sudarso Kumble merupakan jalan arteri, untuk itu nilai *reliability* yang digunakan pada perencanaan ini adalah 90%. Sehubungan dengan nilai *reliability* (R) berpengaruh terhadap penentuan nilai *standard normal deviation* (ZR), karena didapat nilai *reliability* (R) 90% maka digunakan nilai *standard normal deviation* (ZR) -1,282. AASHTO 1993 merekomendasikan nilai (So) untuk perkerasan kaku adalah 0,30 – 0,40 maka digunakan nilai *standard deviation* (So) 0,35.

3.3. Serviceability

Serviceability adalah tingkat penyajian yang diberikan oleh permukaan jalan seperti yang dirasakan oleh pengguna jalan [14]. AASHTO 1993 merekomendasikan nilai initial *serviceability* (Po) 4,5. Untuk nilai Terminal *serviceability index* (Pt) yang digunakan adalah 2,5. *Total loss of serviceability* (ΔPSI) merupakan kehilangan kemampuan pelayanan total. Untuk nilai (ΔPSI) yang digunakan adalah 2,0.

Tabel 8. Data CBR lapangan Jalan Yos Sudarso Kumble

No	Titik Pengamatan	Nilai CBR	CBR Rata-Rata
1	1	25,66	21,50
2	2	33,45	
3	3	21,03	
4	4	14,18	
5	5	19,79	
6	6	22,25	
7	7	17,29	
8	8	26,53	
9	9	15,78	
10	10	17,76	
11	11	22,30	
12	12	17,29	
13	13	22,20	
14	14	24,07	
15	15	17,45	
16	16	18,46	
17	17	25,98	
18	18	23,25	
19	19	21,28	
20	20	24,69	
21	21	20,87	

3.4. California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR), dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar *modulus of subgrade reaction* (k). Untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar pada jalan Yos Sudarso Kumble telah dilakukan pengujian CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* dengan jumlah titik pengujian sebanyak 21 titik, untuk nilai CBR lapangan dapat dilihat pada Tabel 8.

Dalam perencanaan perkerasan harus menggunakan nilai CBR desain, dan untuk mendapatkan nilai CBR desain dapat diperoleh dengan [15].

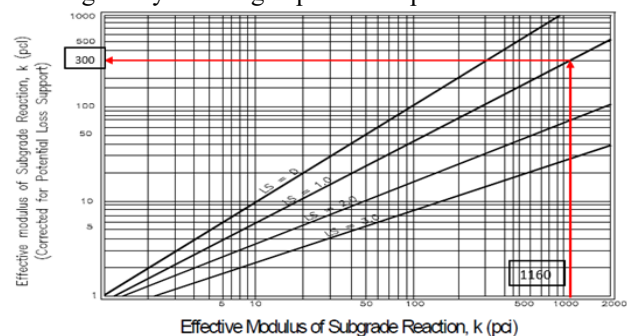
$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R}$$

$$CBR_{segmen} = 21,50 - \frac{33,45 - 14,18}{3,18}$$

$$CBR_{segmen} = 15,44\% \text{ dibulatkan} = 15\%$$

3.5. Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus reaksi tanah dasar (k) digunakan sebagai input utama dalam perencanaan perkerasan kaku. Untuk nilai modulus reaksi tanah dasar (k) didapat 1.160 pci. Grafik koreksi modulus reaksi tanah dasar terhadap potensi kehilangan daya dukung dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Modulus reaksi tanah dasar dikoreksi terhadap potensi kehilangan daya dukung lapis pondasi

Hasil yang didapat dari gambar 3 adalah nilai modulus reaksi tanah dasar efektif (k) dikoreksi terhadap potensi kehilangan daya dukung lapis pondasi adalah 300 pci.

3.6. Material Beton Semen

Mutu beton yang digunakan pada peningkatkan tebal perkerasan ini adalah mutu beton untuk perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia yaitu mutu beton K-350 atau sama dengan 350 kg/cm^2 dengan nilai $f'_c = 4.977 \text{ psi}$. Untuk nilai modulus elastisitas beton yang digunakan pada peningkatkan ini adalah 4.021.228 psi. Nilai modulus lentur beton yang digunakan adalah angka rata-rata kuat tarik lentur pada usia 28 hari. Kuat lentur yang umum digunakan saat ini $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.

3.7. Drainase Coefficient

Menurut AASHTO 1993 terdapat 2 variabel yang digunakan dalam menentukan nilai koefisien drainase. Untuk mutu drainase pada Jalan Yos Sudarso Kumble adalah baik. Dengan diketahui variabel mutu drainase baik

serta didapat nilai variabel perkerasan terkena air 2,512%, maka digunakan nilai *drainase coefficient* (Cd) 1,10.

3.8. Load Transfer Coefficient (J)

Untuk nilai koefisien pelimpahan beban tergantung pada jenis perkerasan. Dalam perencanaan ini digunakan jenis perkerasan bersambungan dengan tulangan join dengan *dowel* untuk itu digunakan nilai *load transfer coefficient* (J) 2,5 – 3.1 digunakan nilai 2,8.

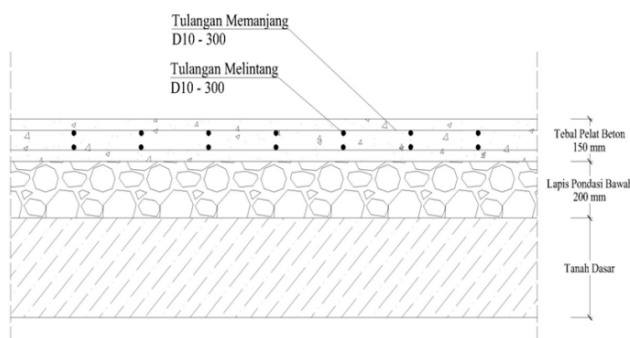
3. 9. Perhitungan Tebal Pelat

Setelah seluruh parameter ditentukan, maka dapat dihitung tebal pelat rencana dengan nilai tebal pelat (D) 5,2 inci (coba-coba) dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_D + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right] + \frac{1,624 \times 10^7}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,2 - 0,32 P_t) S'_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]} \times \log_{10} \frac{640 \times 1,10 \times [5,2^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[5,2^{0,75} - \frac{18,42}{(4.021.228 : 300)^{0,25}} \right]}$$

5,91721 < 5,93075 ok!!

Setelah memasukkan parameter input desain perkerasan kaku didapat nilai tebal pelat 5,2 inci (coba-coba) = 5,93075 > W18 traffic yaitu = 5,91721 maka asumsi tebal pelat dapat digunakan sehingga didapat tebal pelat beton adalah 5,2 inci = 13,21 cm ~ 13,5 cm. Dari hasil perhitungan tebal pelat yang telah dilakukan didapat tebal pelat 5,2 inci = 13,5 cm belum memenuhi standar minimum tebal pelat untuk perancangan perkerasan kaku pada jalan bervolume lalu lintas rendah, untuk itu digunakan standar minimum tebal pelat yaitu 150 mm. Untuk gambar penampang lapis perkerasan dapat di lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Lapis perkerasan kaku

3.10. Perhitungan Tulangan

Tujuan dari pendistribusian tulangan bukan untuk mencegah terjadinya retakan pada pelat beton, akan tetapi untuk membatasi lebar retak pada daerah konsentrasi beban, sehingga pelat beton pada daerah retak tidak menunjukkan retak dan meningkatkan ketahanan pelat penahan [16].

1) Tulangan memanjang

Untuk perhitungan tulangan digunakan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{11,7 \times F \times L \times h}{f_s}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \frac{11,7 \times 1,8 \times 10 \times 150}{240}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 131,63 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times \text{luas penampang pelat}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times 150 \times 1.000$$

$$A_{s \text{ min}} = 210 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ perlu}}$$

$$= 131,63 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Digunakan diameter tulangan 10 mm dengan:

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ min}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{210}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = \frac{1.000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = \frac{1.000}{300} \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 261,80 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = 261,80 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ min}}$$

$$= 210 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Memenuhi Syarat

2) Tulangan melintang

$$A_s = \frac{11,7 \times F \times L \times h}{f_s}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \frac{11,7 \times 1,8 \times 5,5 \times 150}{240}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 72,39 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times \text{luas penampang pelat}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times 150 \times 1.000$$

$$A_{s \text{ min}} = 210 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ perlu}} = 72,39 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Digunakan diameter tulangan 10 mm dengan:

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ min}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{210}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = \frac{1.000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = \frac{1000}{300} \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2$$

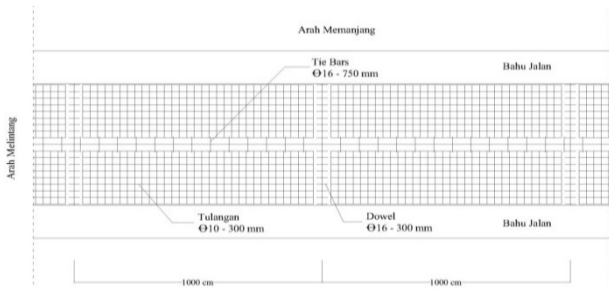
$$= 261,80 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s \text{ terpasang}} = 261,80 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ min}}$$

$$= 210 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Memenuhi Syarat

Penampang tulangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang tulangan

3.11. Perhitungan Sambungan

3.11.1. Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (Tie Bars)

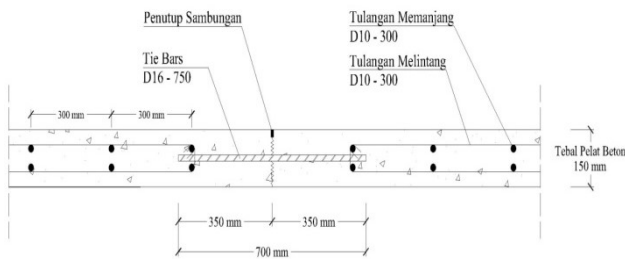
Pd.T-14-2003, mengisyaratkan tie bars adalah tulangan BJTU-24 dengan diameter minimal 16 mm. dengan panjang batang pengikat (tie bars) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17].

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

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

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

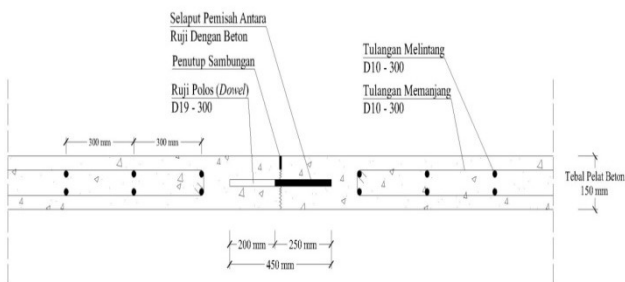
Penampang sambungan memanjang dapat di lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penampang sambungan memanjang dengan batang pengikat (tie bars)

3.11.2. Sambungan susut melintang dengan ruji (dowel)

Dowel terbuat dari batang baja lurus dan rata tanpa benjolan. AASHTO 1993 dan PCA 1991 merekomendasikan panjang dowel 45 cm (18 inci) dan jarak 30 cm (12 inci), dengan diameter dowel 19 mm. Untuk gambar penampang sambungan melintang dengan Ruji (Dowel) dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang sambungan melintang dengan ruji (dowel)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan tentang Peningkatan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Jalan Yos Sudarso Kumbe Dengan Metode AASHTO, maka diperoleh kesimpulan tebal pelat perkerasan kaku pada ruas Jalan Yos Sudarso Kumbe dengan CBR 15% yaitu 13,5 cm (5,2 inci). Karena tebal pelat tidak memenuhi standar minimum tebal pelat perkerasan kaku untuk lalu lintas rendah yaitu 15 cm untuk itu pada peningkatan tebal perkerasan ini digunakan tebal pelat standar untuk perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah yaitu 15 cm (6 inci). Pada peningkatan perkerasan kaku ini menggunakan desain perkerasan kaku bersambung dengan tulangan dengan rincian sebagai berikut:

- 1). Panjang pelat 10 m
- 2). Lebar pelat 2 x 2,75 m (5,5 m)
- 3). Untuk tulangan memanjang dan melintang digunakan tulangan 10 mm dengan jarak antar tulangan yaitu 30 cm.
- 4). Sambungan memanjang dengan batang pengikat (tie bars) digunakan baja ulir diameter 16 mm, panjang 70 cm, dan jarak antar batang 75 cm.
- 5). Sambungan melintang dengan ruji (dowel) digunakan baja polos diameter 19 mm, panjang 45 cm, dan jarak antar ruji 30 cm.

Daftar Pustaka

- [1] Weimintoro, O.H. Hermawan, T.H.S “Analisa Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 dan Rencana Anggaran Biaya Konstruksinya Pada Ruas Jalan Banjaran-Balamosa”, *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 1, p.1, 2021.
- [2] S. Muslimah, D.S. Nababan, and S. Suyadi, “Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Metode Analisa Komponen”, *Musamus Journal of Civil Engineering*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2019.
- [3] D.S. Nababan, C. Utary, and Z.D.M. Murdin, “Analisis Perencanaan Ulang Perkerasan Kaku Dengan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP 2017)”, *Musamus Journal of Civil Engineering*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2021.
- [4] AASHTO, *Aashto Guide for Design of Pavement Structures*, New York: American Association of State Higway and Transportation Officials, 1993.
- [5] R.M.Silitonga, “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode AASHTO 1993 Pada Ruas Jalan Dusun Betung Kabupaten Katingan”, *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, vol. 4, no. 1, p. 14, 2020.
- [6] M.F.P. Ahmad, C. Umam, and R.T. Bethary, “Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 dan Metode (Studi Kasus : Jalan Akses Tol Cilegon Barat)”, *Prosiding the 19th International Symposium of Indonesian Inter University Transportation Studies Forum*, vol. 3, p.

- 1, 1993.
- [7] D.T. Febriani, "Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak di Jalan Antar Kota Menggunakan Metode AASHTO Tahun 1993", *Jurnal Civronlit Unbari*, vol. 4, no. 1, p. 22, 2019.
- [8] D.A. Maulana, *Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993 Di Jalan Alternatif Ajung - Rambipuji*, Jember: Universitas Jember, 2021.
- [9] Binkot and B. Marga, *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1990.
- [10] M. A. Hartono and E. A. Latifa, "Analisis Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993 dan Metode Austroads 2012 Terhadap Keekonomisan Biaya", *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 26, 2020.
- [11] Standar Nasional Indonesia, *Rancangan Tebal Jalan Beton untuk Lalu Lintas Rendah*, Jakarta: BNSP, 2017.
- [12] R. Herliana, H. Azwansyah, and Said, "Analisa Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Khatulistiwa Kota Pontianak Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993," *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2017.
- [13] A. Suryawan, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
- [14] T.N.Purba, *Peningkatan Jalan menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Ruas Jalan Sm . Raja, Kota Medan (Studi Kasus)*, Medan: USU, 2017.
- [15] S.Sukirman, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Bandung: Nova, 2010.
- [16] F. Affandi, *Perencanaan Perkerasan Kaku Dengan Tulangan*, Bandung: Informatika, 2011.
- [17] Departemen Pekerjaan umum, *Modul Rde - 11 : Perencanaan Perkerasan Jalan*, Jakarta: DPU, 2005.

This page is intentionally left blank