

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak di Jalan Antar Kota Menggunakan Metode AASHTO Tahun 1993

Ditty Trianita Febriani

1200822201003

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil

Universitas Batanghari, Jambi, E-mail: Ditty.Trianita@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak dengan metode AASHTO 1993 dan membandingkan perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak dengan perencanaan dan perhitungan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah yang tidak lunak. Berdasarkan hasil analisis Tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah lunak dengan CBR 2,83% adalah 11,42 Inchi atau 29 cm. Rincian sebagai berikut Lebar Pelat = 2 x 3,5 m, Panjang Pelat = 5,5 m, *Dowel bars* digunakan Ø32 mm, panjang 45 cm, dan jarak 300 mm, *Tie Bars* digunakan Ø16 mm, panjang 80, dan jarak 600 mm, *Mesh Bars* digunakan Ø12 mm dan jarak 200 mm. Tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah lunak dengan CBR 2,83% adalah 11,42 Inchi atau 29 cm. Sementara tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah tidak lunak dengan CBR 6% adalah 11,02 Inchi atau 28 cm. Jadi, CBR tanah dasar sangat mempengaruhi tebal lapis perkerasan kaku. Sebagai tambahan tanah lunak pada dasarnya mudah mengalami lendutan sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut dibutuhkan pemasangan besi tulangan.

Kata Kunci : perencanaan tebal lapis perkerasan kaku, tanah lunak, metode AASHTO 1993

PENDAHULUAN

Transportasi telah menjadi salah satu kebutuhan vital masyarakat, maka perlu adanya prasarana transportasi yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tersebut sesuai dengan standar – standar yang ada. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan dimana jalan merupakan sistem dari jaringan yang di rencanakan sesuai dengan kriteria perencanaan teknik sehingga dapat berfungsi mencapai layanan yang optimal, aman dan nyaman.

Jalan antar kota berpotensi tinggi memiliki lalu lintas berat khususnya di jalan – jalan menuju pelabuhan atau sentral produksi. Seperti pada salah satu kabupaten di Provinsi Jambi yaitu Kabupaten Tanjung Jabung Timur yang terdapat pelabuhan barang dimana pendistribusian barang dari pelabuhan ke kota atau ke daerah yang dituju menggunakan truk tronton maupun truk trailer yang dapat menampung beban lebih dari 10 ton. Hal ini tentu saja mengakibatkan perlunya penanganan lebih pada perkerasan jalan yang akan dilalui oleh kendaraan berat tersebut.

Tanah di Tanjungjabung Timur adalah tanah lunak. Dengan kondisi seperti ini, maka pembangunan konstruksi jalan harus direncanakan lebih cermat agar perkerasan jalan pada lokasi tersebut bisa di dukung oleh tanah dasar dan dapat menahan beban dari kendaraan bermuatan berat yang melintas. Perkerasan kaku memiliki beberapa metode dalam perencanaan diantaranya adalah Metode Bina Marga dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Dalam penelitian ini penulis memilih menggunakan metode perencanaan AASHTO tahun 1993.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak dengan metode AASHTO 1993 dan membandingkan perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak dengan perencanaan dan perhitungan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah yang tidak lunak.

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak menggunakan metode AASHTO tahun 1993 dan bagaimana perbandingan perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak dan tanah yang tidak lunak.

Salah satu metoda perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan adalah metoda AASHTO 1993. Metoda ini sudah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan, serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metoda AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perencanaan yang didasarkan pada metoda empiris. Langkah-langkah / tahapan, prosedur dan parameter-parameter perencanaan secara praktis sebagai berikut dibawah ini :

Analisis lalu-lintas (Traffic Design)

Analisa lalu – lintas mencakup umur rencana, lalu – lintas harian rata – rata, pertumbuhan lalu – lintas tahunan, *Vehicle damage factor*, dan *equivalent single axle load*.

a) Umur Rencana

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

b) Faktor Pertumbuhan Lalu – Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid

c) Lalu – lintas harian rata – rata (LHR) dan pertumbuhan lalu – lintas tahunan

Penggolongan kendaraan terdapat paling tidak 3 (tiga) versi yaitu berdasar Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (Tabel 2.3), berdasar Pedoman Teknis No. Pd-T-19-2004-B Survai pencacahan lalu lintas dengan cara manual. Data yang dibutuhkan untuk perencanaan dari parameter lalu-lintas harian rata-rata dan pertumbuhan lalu-lintas tahunan yang digabungkan sekalian data/parameter *vehicle damage factor* (VDF).

d) Vehicle Damage Factor

Nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) diambil berdasarkan :

- Bina Marga MST-10
- NAASRA MST-10
- PUSTRANS 2002 (*Over Loaded*)
- PANTURA 2003 MST-10
- Semarang – Demak 2004
- Yogyakarta – Tempel 2004

Dalam penelitian ini menggunakan Nilai VDF dari Bina Marga MST-10 sebagai parameter. Mengacu pada buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen No. SNI 1732-1989-F dan Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelmen beam No. 01/MN/BM/83 Bina Marga MST 10, dimaksudkan *damage factor* didasarkan pada muatan sumbu terberat sebesar 10 ton. Angka ekivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal / ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb). Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus dibawah ini :

$$Sumbu Tunggal = \left(\frac{Beban\ satu\ sumbu\ tunggal\ dalam\ Kg}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Sumbu Ganda = 0,086 \left(\frac{Beban\ satu\ sumbu\ tunggal\ dalam\ Kg}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

Faktor Distribusi Arah

Faktor distribusi arah : $D_D = 0,3 - 0,7$ dan umumnya diambil 0,5 (AASHTO 1993 hal. II-9). Faktor distribusi lajur (D_L), mengacu pada Tabel 2.8 (AASHTO 1993 hal. II-9).

Rumus umum desain traffic (ESAL = Equivalent Single Axle Load) :

$$W_{18} = \sum_{N1}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \dots\dots\dots (2.3)$$

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

CBR

California Bearing Ratio (CBR), dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar (*modulus subgrade reaction* : k).

CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasar besaran 6 % untuk lapis tanah dasar, mengacu pada spesifikasi (versi Departemen Pekerjaan Umum edisi 2005). Akan tetapi tanah dasar dengan nilai CBR 5 % dan atau 4 % pun dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tebal perkerasan (Ari, 2009: 28), masalah yang terpengaruh adalah fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah, atau masalah penanganan khusus lapis tanah dasar.

Material Konstruksi Perkerasan

Material perkerasan yang digunakan dengan parameter yang terkait dalam perencanaan tebal perkerasan sebagai berikut :

a) Pelat beton

- *Flexural strength* (Sc') = 45 kg/cm²
- Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : fc' = 350 kg/cm² (disarankan)

b) *Wet lean Concrete*

- Kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm) : fc' = 305 kg/cm²

Sc' digunakan untuk penentuan parameter *Flexural strength*, dan fc' digunakan untuk penentuan parameter modulus elastisitas beton (Ec).

Reliability

Reliability : Probabilitas bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama masa layannya.

Penetapan angka *Reliability* dari 50 % sampai 99,99 % menurut AASHTO merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melehetnya besaran-besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi *reliability* yang dipakai semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisih (deviasi) desain. Besaran – besaran desain yang terkait dengan ini antara lain :

- Peramalan kinerja perkerasan
- Peramalan lalu-lintas
- Perkiraan tekanan gandar
- Pelaksanaan konstruksi

Reliability (R) mengacu pada Tabel 2.9 (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-9).

Standard normal deviate (Z_R) mengacu pada Tabel 2.10 (diambil dari AASHTO 1993 halaman I-62).

Standard deviation untuk *rigid pavement* : $S_o = 0,30 - 0,40$ (diambil dari AASHTO 1993 halaman I-62).

Penetapan konsep *Reliability* dan Standar Deviasi, parameternya ditentukan sebagai berikut :

- Berdasar parameter klasifikasi fungsi jalan
- Berdasar status lokasi jalan urban/rural
- Penetapan tingkat *Reliability* (R)
- Penetapan *standard normal deviation* (Z_R)
- Penetapan standar deviasi (S_o)
- Kehandalan data lalu-lintas dan beban kendaraan.

Serviceability

Terminal Serviceability index (P_t) mengacu pada Tabel 2.11 (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-10).

Inisial serviceability untuk *rigid pavement* : $P_o = 4,5$ (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-10).

Total loss of serviceability : $\Delta PSI = P_o - P_t$

Penetapan parameter serviceability :

- Initial serviceability : $P_o = 4,5$
- Terminal serviceability index major highway : $P_t = 2,5$
- Terminal serviceability index jalan lalin rendah : $P_t = 2,0$
- Total loss of serviceability : $\Delta PSI = P_o - P_t$(2.4)

Modulus Reaksi Tanah

Modulus of subgrade (k) menggunakan gabungan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasar ketentuan CBR tanah dasar.

$$M_R = 1.500 \times CBR \dots\dots\dots(2.5)$$

$$k = \frac{M_R}{19,4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Modulus Elastisitas Beton

$$E_c = 57.000 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (psi)

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

Kuat tekan beton f'_c ditetapkan sesuai pada spesifikasi pekerjaan (jika ada dalam spesifikasi). Di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

Flexural Strenght

Flexural Strenght (modulus of repture) ditetapkan sesuai pada Spesifikasi pekerjaan. Flexural Strenght di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $S'_c = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.

Drainage Coefficient

a) Variabel faktor Drainase

AASHTO memberikan 2 variabel untuk menentukan nilai koefesien drainase.

- Variabel pertama : mutu dranaise, dengan variasi *excellent, good, fair, poor, very poor*. Mutu ini ditentukan oleh berapa lama air dapat dibebaskan dari pondasi perkerasan.
- Variabel kedua : persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat mendekati jenuh air (*saturated*), dengan variasi $< 1 \%$, $1 - 5 \%$, $5 - 25 \%$, $> 25 \%$.

b) Penetapan variabel mutu drainase

Penetapan variabel pertama mengacu pada tabel 2.12. (*diambil dari AASHTO 1993 halaman II-22*).

Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan relatif kecil berdasar hidrologi yaitu berkisar 70 – 95 % air yang jatuh di atas jalan aspal/beton akan masuk ke sistem drainase (sumber : BINKOT Bina Marga)

c) Penetapan variabel prosen perkerasan terkena air

Penetapan variabel kedua yaitu prosentase struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air sampai tingkat *saturated*, relatif sulit, belum ada data rekaman pembanding dari jalan lain, namun dengan pendekatan- pendekatan, pengamatan dan perkiraan berikut ini, nilai dari faktor variabel kedua tersebut dapat didekati.

Prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dapat dilakukan pendekatan dengan asumsi sebagai berikut :

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100 \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana :

P_{heff} = Prosen hari efektif hujan dalam setahun yang akan berpengaruh terkenanya perkerasan (dalam %)

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 ke pondasi jalan (%)

Load Transfer

Load Transefer Coefficient (J) mengacu pada tabel 2.15. (diambil dari AASHTO halaman II-26), dan AASHTO halaman III-132.

Pendekatan penetapan parameter load transfer :

- Joint dengan dowel : J = 2,5 – 3,1 (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-26)
- Untuk overlay design : J = 2,2 – 2,6 (diambil dari AASHTO 1993 halaman III-132).

Persamaan Penentuan Tebal Pelat

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t \times \log_{10} \frac{S'_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]}) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana :

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

Z_R = Standar normal deviasi

S_o = Standar deviasi

D = Tebal pelat beton (inchi)

ΔPSI = serviceability loss = $p_o - p_t$

p_o = Initial Serviceability

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

k = Modulus reaksi tanah dasar (pci)

Reinforcement Design

a) Tie Bar

Tie bar dirancang untuk memegang plat agar teguh dan dapat menahan gaya-gaya tarik maksimum. Tie bar tidak dirancang untuk memindah beban.

b) Dowel

Alat pemindah beban yang biasa dipakai adalah dowel baja bulat polos.

$$d = \frac{D}{8} \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

d = Diameter dowel (Inches)

D = Tebal pelat beton (Inches)

METODE PENELITIAN

Objek penelitian dikhususkan pada simpang selamat datang yang terletak di kecamatan pasar kota jambi. Jenis data yang diperlukan ada dua jenis yaitu :

- a) Data primer, yaitu data yang dibuat oleh peneliti untuk maksud khusus menyelesaikan permasalahan yang sedang ditanganinya. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini penulis tidak memiliki data primer berupa Data Inventori Jalan.
- b) Data sekunder yaitu data yang telah dikumpulkan untuk maksud selain menyelesaikan masalah yang sedang dihadapi. Data ini dapat ditemukan dengan cepat. Dalam penelitian ini yang menjadi sumber data sekunder adalah perencanaan terdahulu, Data CBR, Data Lalu lintas, literatur, jurnal, serta situs di internet yang berkenaan dengan penelitian yang dilakukan

Pengambilan Data penelitian

Pengambilan data dengan Survei Inventori Jalan, Survei Tanah, Foto Dokumentasi, Survei Volume Lalu - lintas, Survei Lingkungan dan menentukan CBR Tanah Dasar dengan Alat DCP

Peralatan Penelitian

Untuk mendukung lancarnya penelitian ada beberapa hal yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Alat tulis untuk pencatatan survey
- 2) Formulir survei
- 3) Meteran untuk pengukuran lokasi
- 4) Stop watch
- 5) Kamera hp untuk dokumentasi survey

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi Jalan

Dari Hasil Inventori Jalan yang dilakukan, dapat dilihat kondisi *existing* jalan sebagai berikut :

Tabel 1 Inventori Kondisi badan jalan & bahu jalan

No	STA	Badan Jalan			Bahu Jalan		
		Lebar	Konstruksi	Kondisi	Lebar	Konstruksi	Kondisi
1	(0+000) – (1+000)	4,5	LASTON	Rusak ringan	1	Agregat	Sedang
2	(1+000) – (2+000)	4,5	LASTON	Rusak ringan	1	Agregat	Sedang

Sumber : PT. Yoka Tiga Consultant (2014)

Tabel 2 Inventori Kondisi saluran samping & bangunan pelengkap

No	STA	Saluran Samping Ada/tidak ada	Bangunan Pelengkap				
			Gorong2/Box	Jembatan	Rambu-rambu	Guide pos	Patok KM
1	(0+000) – (1+000)	Tidak ada	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
2	(1+000) – (2+000)	Tidak ada	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

Sumber : PT. Yoka Tiga Consultant (2014)

Kondisi Tanah

Kondisi tanah pada ruas jalan ini cenderung datar dan rata karena tidak berada pada daerah berbukit maupun lereng. Adapun data CBR tanah dasar yang didapatkan yaitu melalui uji CBR lapangan berupa tes penetrometer konus dinamis atau *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), maka didapat data CBR sebagai berikut :

Tabel 3 Data CBR Tanah

No	STA	Nilai CBR (%)
1.	0 + 000	2,535
2.	0 + 200	3,022
3.	0 + 400	3,573
4.	0 + 600	3,911
5.	0 + 800	4,031
6.	1 + 000	2,940
7.	1 + 200	2,825
8.	1 + 400	2,474
9.	1 + 600	3,077
10.	1 + 800	1,329
11.	2 + 000	1,392
Rata - rata		2,828

Sumber : PT. Yoka Tiga Consultant (2014)

Data Lalu – Lintas

Berdasarkan data sekunder hasil survei tenaga ahli PT. Yoka Tiga Consultant, diperoleh data lalu – lintas pada tahun 2014 ruas jalan Muara Sabak (Dermaga) – Ds. Simpang sebagai berikut :

Tabel 4 Hasil survey data lalu lintas harian

No.	Tipe Kendaraan	Golongan
1.	Sedan, jeep, st. wagon	390 Kend/hari
2.	Pick-up, combi	469 Kend/hari
3.	Truk 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	322 Kend/hari
4.	Bus kecil	99 Kend/hari
5.	Bus besar	5 Kend/hari
6.	Truck 2 as (H)	554 Kend/hari
7.	Truck 3 as	63 Kend/hari
8.	Trailer 4 as, truck gandengan	1 Kend/hari
9.	Truck s. trailer	39 Kend/hari

Sumber : PT. Yoka Tiga Consultant (2014)

Perhitungan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL)

Menentukan Umur Rencana

Berdasarkan Tabel 2.1 umur rencana perkerasan jalan baru (UR), umur rencana untuk perkerasan kaku adalah 40 tahun

Menentukan Faktor Pertumbuhan lalu lintas tahunan

Berdasarkan Tabel 2.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk Desain, faktor pertumbuhan lalu lintas pada jalan kolektor rural > 2021 – 2030 tahun akhir umur rencana adalah 2,5 %.

Menentukan Faktor Distribusi arah dan Faktor Distribusi Lajur

Berdasarkan Tabel Faktor Distribusi Lajur (DL) :

Jumlah lajur per arah = 1

Faktor distribusi lajur (DL) = 100 %

Faktor distribusi Arah (DA) = 0,3 – 0,7 → diambil 0,5

Menentukan VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai VDF yang diambil untuk perhitungan ESAL yaitu berdasarkan Bina Marga MST-10 dengan rincian perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5. Beban kendaraan yang diambil berdasarkan beban standar dengan ketentuan muatan yang diizinkan.

Menghitung Nilai ESAL

Cara Perhitungan *ekivalen Single Axel Load* (ESAL) dapat dilihat dari persamaan 2.3.

Perencanaan Tebal Perkerasan Metode AASHTO 1993

Berikut ini adalah data parameter perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) berdasarkan metode AASHTO 1993 :

- a. Jalan direncanakan 1 lajur 2 jalur/arah
- b. Lebar Badan Jalan direncanakan masing – masing 3,5 m
- c. *Lean Concrete* 125 mm
- d. Kuat Tekan Beton ($f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2 = 4.977 \text{ psi}$)
- e. *Flexural strenght/modulus of rupture* ($Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 669 \text{ psi}$)
- f. $E_c = 57.000 \times (f_c')^{\frac{1}{2}} = 57.000 \times (4.977)^{\frac{1}{2}} = 4.021.228 \text{ psi}$

Menentukan nilai *Reliability*

Berdasarkan Tabel 2. 9 Realibility (R) disarankan :

Jalan Kolektor Rural = 75 % – 95 % → diambil 90%

Berdasarkan Tabel 3. 10 Standard normal deviation (Z_R) :

$Z_R (90) = -1,282$

Standard Deviation(S_o) *Rigid Pavement*

$S_o = 0,3 - 0,4 \rightarrow$ diambil 0,35

Menentukan Nilai *Serviceability*

Berdasarkan Tabel 2. 11 *Terminal Serviceability* (Pt) disarankan :

Percent of people statung unaccptable = 55 → 2,5

Initial Serviceability (Po) untuk *rigid pavement* : 4,5

$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,5 - 2,5 = 2,0$

Modulus Reaksi Tanah Dasar

$$M_R = 1.500 \times CBR$$

$$= 1.500 \times 2,828$$

$$= 4.242 \text{ psi}$$

$$k = \frac{M_R}{19,4} = \frac{4.242}{19,4} = 218,7 \text{ psi}$$

Drainage Coefficient

Berdasarkan Tabel 2.15 *Drainage Coefficient* (Cd) disarankan :

Quality Of Drainage = Good

Time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation = (>25%)

Cd → 1.00

Load Transfer

Berdasarkan Tabel 2.16 *Load Transfer Coefficient* (J) disarankan :

Shoulder = Tied PCC

Load Transfer Device = Yes

Pavement Type = Plain Jointed & Jointed Reinforced

J → 2,5 - 3,1 → diambil 3,1

Perhitungan Tebal Pelat Beton

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{18} &= Z_R S_o + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ &+ (4,22 - 0,32 p_t \times \log_{10} \frac{S'_c C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]}) \\ 7,373 &= (-1282 \times 0,35) + 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 \\ &+ \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - (0,32 \times 2,5)) \\ &\times \log_{10} \frac{669 \times 1 \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 2,8 \times \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(4.021.228/218,7)^{0,25}} \right]} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas selanjutnya dimasukkan ke excel dan menggunakan metode *trial and eror* dalam mendapatkan nilai D atau tebal pelatnya. Didapat nilai D sebesar 11,42 in atau 29cm.

Perhitungan Penulangan dan Sambungan

Tie Bar

Sesuai dengan tabel 2.16 dari tebal pelat sebesar 11,42 In atau 29 cm didapatkan :

$$\emptyset \text{ Tie bar} = \frac{5}{8} \text{ Inchi} = 15,875 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Batang} = 30 \text{ Inchi} = 76,2 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 48 \text{ Inchi} = 121,92 \text{ cm} \approx 120 \text{ cm}$$

Dipakai Tie Bar $\emptyset 16 - 600\text{mm}$.

Dowel

Sesuai dengan tabel 2.17 dari tebal pelat sebesar 11,42 In atau 29 cm didapatkan :

$$\emptyset \text{ Dowel} = 1 \frac{1}{4} \text{ Inchi} = 31,75 \text{ mm} \approx 32 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Batang} = 18 \text{ Inchi} = 45,72 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 12 \text{ Inchi} = 30,48 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dipakai Dowel $\emptyset 32 - 300\text{mm}$.

Penulangan Pada perkerasan bersambung dengan tulangan

Penulangan Tengah dipakai untuk menahan kuat lentur yang mungkin terjadi diakibatkan lendutan dari tanah dasar yang lunak.

Parameter desain tulangan wiremesh :

$$F = 1,8 \rightarrow \text{stabilisasi semen}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$f_s = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 29 \text{ cm}$$

Penulangan yang dipakai : M12 – 200mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \pi (11,7 \text{ mm})^2 \right) \times \frac{\left[\left(\frac{1 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) + 1 \right]}{1 \text{ m}}$$

$$A_s = 107,51 \text{ mm}^2 \times 6/\text{m}'$$

$$A_s = 645,07 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

Cek Luas Penampang tulangan :

$$A_s = \frac{11,76 \times F \times L \times h}{f_s}$$

$$A_s = \frac{11,76 \times 1,8 \times 5\text{m} \times 290\text{mm}}{390\text{Mpa}}$$

$$A_s = 78,7 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times h \times 1000$$

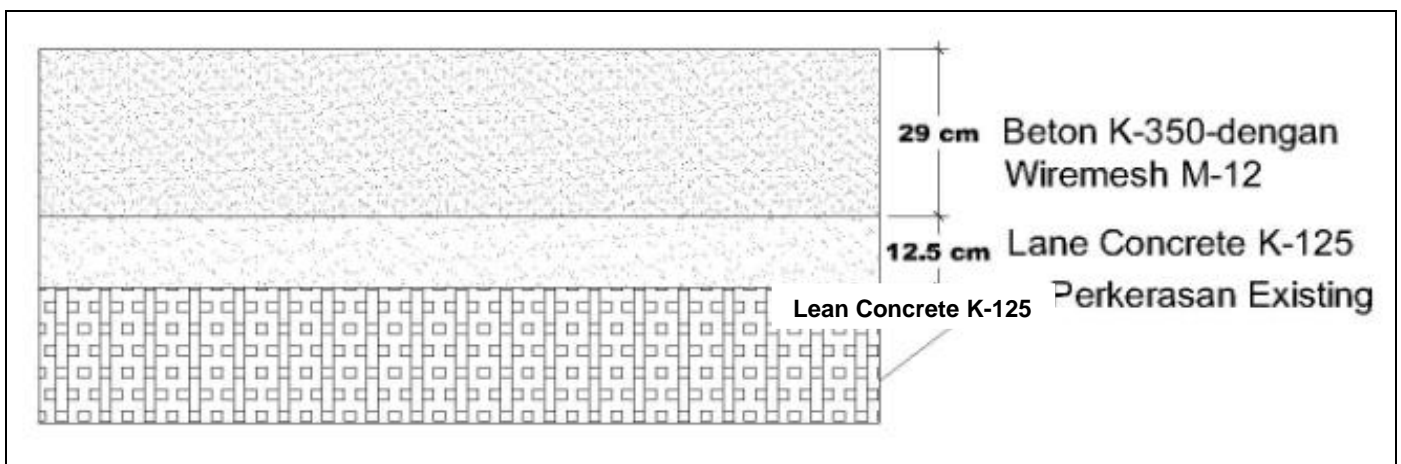
$$A_{s \text{ min}} = 0,14\% \times 290\text{mm} \times 1000$$

$$A_{s \text{ min}} = 406 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ dibutuhkan}$

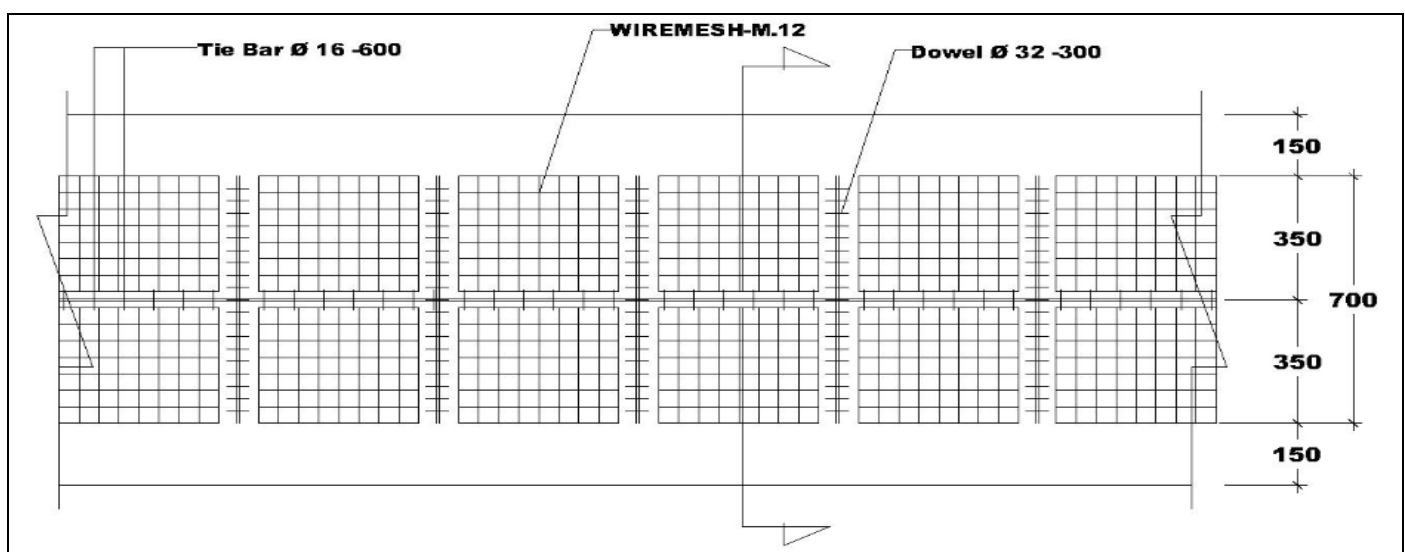
$$645,07 \text{ mm}^2 / \text{m}' > 406 \text{ mm}^2 / \text{m}' \rightarrow \text{Oke !!}$$

Maka, dapat digambarkan hasil perencanaan tebal lapis perkerasan kaku pada tanah lunak sebagai berikut :



Sumber :Data Olahan (2017)

Gambar.1 Rencana Lapis Perkerasan



Sumber :Data Olahan (2017)

Gambar.2 Rencana Penulangan Perkerasan Kaku

Perhitungan Perbandingan ketebalan dengan nilai CBR tanah biasa

Dengan nilai CBR = 6% , maka didapat nilai D sebesar 11,02 in atau 28cm.

Tabel 5 Design Thickness Of Rigid Pavement with CBR 6%

NO	DATA ITEM	SYMBOL	VALUE	UNIT	Remarks
Input Data :					
1	Design Life Years		40	years	
2	Design Line : - number of lanes		2	lanes	
	- number of direction		2	way	
3	Predicted number of 18-kip esal application	W18	23.614.717	axles	
4	Log10(w18)		7,373		
5	Reliability	R	90	%	
6	Standard normal deviate	Zr	-1,282		
7	Combine Standard Error	So	0,35		
8	Innitial Serviceability index	Po	4,5		
9	Terminal Serviceability index	Pt	2,5		
10	D PSI	Pt - Po	2		
11	Concrete Class	K	350	kg/cm2	
12	PPC compressive strength (in psi)	fc'	4.977	psi	fc' = 350 x14.22 psi (Concrete class K350)
13	Modulus of Elasticity (psi) for Portland Cement	Ec	4.021.228	psi	Ec = 57.000x(fc') ^{0.5}
14	Modulus of Rapture (psi)	Sc'	640	psi	Sc' = 45 kg/m2 x 14.22 psi
15	Load transfer coefficient	J	3,1		For jointed concrete pavement with dowels and with tied concrete shoulders is 3,1
16	Drainage coefficient	Cd	1		for good drainage
17	CBR Sub grade :	CBR	6,00	%	Selected Embankment
18	Resilient (Elastic) modulus (psi)	MR1	9.000	psi	MR = 1500 x CBR or
19	Effective Modulus of Subgrade Reaction (pci)	k1	464	pci	k = MR/19.4
20	Roadbed (Lane Concrete K-125)	D _{3B}	5	in	
Output Data :					
21	Thickness of Concrete Slab (D)		inches	cm	CBR (%) of Subgrade
		D =	11,02	28,00	6,00
	Log10(w18)		7,446		
	Need Log 10(w18)		7,373		
			Thickness is enough		

Sumber :Data Olahan (2017)

SIMPULAN

Dari hasil perhitungan Tebal Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak menggunakan metode AASHTO 1993 dan membandingkan Tebal perkerasan kaku dengan parameter CBR yang berbeda – beda dapat disimpulkan:

- Tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah lunak dengan CBR 2,83% adalah 11,42 Inchi atau 29 cm. Rincian sebagai berikut :
 - Lebar Pelat = 2 x 3,5 m
 - Panjang Pelat = 5,5 m
 - Dowel bars digunakan Ø32 mm, panjang 45 cm, dan jarak 300 mm
 - Tie Bars digunakan Ø16 mm, panjang 80, dan jarak 600 mm
 - Mesh Bars digunakan Ø12 mm dan jarak 200 mm
- Tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah lunak dengan CBR 2,83% adalah 11,42 Inchi atau 29 cm. Sementara tebal Lapis Perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO untuk tanah tidak lunak dengan CBR 6% adalah 11,02 Inchi atau 28 cm. Jadi, CBR tanah dasar sangat mempengaruhi tebal lapis perkerasan kaku. Sebagai tambahan tanah lunak pada dasarnya mudah mengalami lendutan sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut dibutuhkan pemasangan besi tulangan.
- Semakin rendah CBR tanah, maka semakin tebal perkerasan kaku yang direncanakan

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide For Design of Pavement Structure 1993.*
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).*
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan No.02/M/BM/2013.*
- Republik Indonesia. 2004. *Undang – undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan.* Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004, Nomor 132. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Konstruksi Jalan Raya Buku 2 : Perancangan Perkerasan Jalan Raya .* Bandung : Nova.
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur.* Bandung: Nova.
- Suryawan, Ari. 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portlan (Rigid Pavement).* Yogyakarta : Beta Offset Yogyakarta.
- Putranto, Yonandika.P., dan Achmad. 2016. *Perencanaan Tebal Perkerasan kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas jalan Tol karanganyar, Jurnal, Malang : Universitas Brawijaya.*