

PERENCANAAN KEMBALI TEBAL PERKERASAN JALAN BETON BERTULANG MENERUS DENGAN METODE AASHTO 1993 DAN EVALUASI *CRACK* (STUDI KASUS RUAS JALAN TOL BALARAJA KM. 34+500 – 36+300)

oleh :

Muhammad Fakhruriza Pradana

Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: mfakhruriza@untirta.ac.id

Rindu Twidi Bethary

Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: rindubethary@untirta.ac.id

Siti Hadiyati Rohmah

Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: sitihadiyati@rocketmail.com

Abstrak: Ruas tol Balaraja Barat – Cikupa merupakan jalur transportasi dan jalur pengiriman barang antarkota yang strategis penghubung provinsi Banten dengan DKI Jakarta. Ruas tol tersebut mempunyai volume lalu lintas yang padat dan sering mengalami kemacetan pada jam-jam sibuk. Sehingga, diperlukan perencanaan tebal perkerasan yang tepat, efisien serta optimal agar dapat mengakomodir beban yang melintas di atasnya serta sesuai dengan umur rencana jalan tersebut. Penelitian ini memiliki tujuan untuk merencanakan kembali tebal perkerasan jalan beton bertulang menerus dengan metode AASHTO dan evaluasi *crack/retak* dari data existing lapangan dan data hasil perencanaan serta menganalisa hasil keduanya dengan bantuan *software Hiperpav 3.2*. Hasil yang diperoleh tebal perkerasan beton bertulang menerus dengan menggunakan metode AASHTO 1993 yaitu sebesar 28 cm, sambungan memanjang (*tie bar*) didapat diameter 13 mm dengan jarak 900 mm. Hasil perancangan tulangan memanjang menghasilkan diameter tulangan memanjang 16 mm dan jarak 100 mm serta tulangan melintang diameter 13 mm dengan jarak 900 mm. Dari hasil analisa data existing dengan tebal perkerasan 23 cm menggunakan *software Hiperpav 3.2* diperoleh nilai rata-rata jarak *crack* 2,98 ft dan nilai rata-rata lebar *crack* adalah 0,027 in. Sedangkan, hasil analisa data perencanaan dengan tebal perkerasan 28 cm menggunakan *software Hiperpav 3.2* diperoleh nilai rata-rata jarak *crack* 2,72 ft dan nilai rata-rata lebar *crack* didapat 0,022 in. Dari hasil perbandingan evaluasi *crack* yang terjadi semakin besar tebal perkerasan beton maka *crack* yang terjadi akan semakin kecil.

Kata Kunci : *Crack*, Perkerasan, Rigid, Tebal, Tol

Abstract: West Balaraja toll road - Cikupa is transport and delivery of goods intercity lines connecting strategic Banten province to Jakarta. The toll road has heavy traffic volume and is often congested on the hour - rush hour. Thus, the required thickness of pavement proper planning, efficient and optimized to accommodate the burden of passing above and by the design life of the road. This study has the objective to re-plan the thick continuously reinforced concrete pavement with AASHTO methods and evaluation of existing crack of the data field and the data and analyze the results of the planning results both with the help of software Hiperpav 3.2. Results obtained continuously reinforced concrete pavement thickness using the AASHTO 1993 method is 28 cm, longitudinal joint (tie-bars) obtained a diameter of 13 mm with a distance of 900 mm. Results of longitudinal reinforcement design produce a longitudinal reinforcement diameter of 16

mm and a distance of 100 mm and transverse reinforcement diameter 13 mm at a distance of 900 mm. From the data analysis with the existing pavement thickness of 23 cm using Hiperpav 3.2 software obtained an average value of 2.98 ft crack distance and the average value of the crack width is 0,027 in hand, the data analysis plan with pavement thickness of 28 cm using software Hiperpav 3.2, obtained an average value of 2.72 ft crack distance and the average value of the crack width obtained 0.022 in. From the results of comparative evaluation of crack which occurs the greater the thickness of concrete pavement crack that occurs will be smaller.

Keywords : Crack, Pavement, Rigid, Tickness, Toll

Pendahuluan

Perkembangan Provinsi Banten yang semakin berkembang dengan laju pertumbuhan lalu lintasnya menjadi semakin tinggi sehingga kegiatan rutinitas masyarakat yang melalui jalan di Provinsi Banten terutama di jalan tol Tangerang – Merak, khususnya ruas tol Balaraja Barat – Cikupa. Ruas tol Balaraja Barat – Cikupa mempunyai volume lalu lintas yang padat dan sering mengalami kemacetan pada jam-jam sibuk.

Pentingnya fungsi jalan dalam kehidupan manusia telah mendorong untuk pertimbangan pemilihan tipe perkerasan yang akan digunakan untuk dapat merencanakan perkerasan jalan secara lebih efektif dan efisien.

Tujuan dan Lokasi Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Menghasilkan tebal perkerasan beton bertulang menerus.
2. Mengetahui besar jarak retak/*crack* dan lebar *crack* yang terjadi.

Lokasi penelitian pada ruas jalan Tol Balaraja – Cikupa Km 34+500 - 36+300 arah Jakarta.

Tinjauan Pustaka

Menurut Undang-undang No. 38/2004, 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. Macam-macam jalan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Jalan umum
2. Jalan khusus
3. Jalan tol

Berdasarkan bahan ikat, lapisan perkerasan terbagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Lapisan perkerasan lentur
2. Lapisan perkerasan kaku
3. Lapisan perkerasan komposit

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perkerasan beton tak bertulang bersambungan/*Jointed plain concrete pavement* (JPCP)
2. Perkerasan beton bertulang bersambungan/*Jointed reinforced concrete pavement* (JRCP)
3. Perkerasan beton bertulang menerus/*Continuously reinforced concrete pavement* (CRCP)

Beton bertulang menerus merupakan perkerasan beton yang tulangan dan panjang pelatnya dibuat menerus tanpa sambungan melintang. Umumnya, perkerasan beton bertulang menerus

mempunyai tulangan lebih banyak dan sambungan-sambungan hanya dibutuhkan untuk keperluan pelaksanaan. Jarak tulangan dibuat lebih rapat, karena tulangan berfungsi untuk mendistribusikan *crack* agar seragam disepanjang perkerasan. Selain itu, tulangan juga untuk mencegah timbulnya *crack* yang terlalu lebar.

94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Sumber: AASHTO, 1993

Kriteria Perencanaan Perkerasan Beton Bertulang Menerus Metode AASHTO 1993

Parameter-parameter perancangan dalam perencanaan tebal pelat beton adalah:

- a. Menetapkan umur rancangan
- b. Perancangan lalu lintas, *Equivalent single axle load* (ESAL)
- c. Menetapkan faktor distribusi arah dan lajur (F_D dan F_L)
- d. Menghitung pertumbuhan lalu lintas
- e. Menetapkan kemampuan pelayanan
- f. Menetapkan reliabilitas
- g. Menetapkan deviasi standar normal menggunakan tabel di bawah ini

Tabel 1. Hubungan antara R dengan ZR

R (%)	Z _R
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476

- h. Menetapkan deviasi standar Keseluruhan
Penetapan ini harus memenuhi syarat perkerasan kaku dengan nilai S_0 diantara 0,3 – 0,4.
- i. Menghitung modulus reaksi tanah dasar efektif (k)

$$k = \frac{MR}{19,4} \text{ dengan}$$

$$MR = 1500 \times \text{Nilai CBR}$$

dimana:

k = modulus reaksi tanah dasar

MR = modulus resiliens

CBR = nilai CBR lapangan

- j. Menghitung modulus elastisitas beton dan modulus lentur beton

$$E_c = 57000(f'_c)^{0,5}$$

$$\text{dan } S'_c = 7,5(f'_c)^{0,5}$$

dengan:

E_c = modulus elastis beton (Psi)

f'_c = kuat tekan beton semen (Psi)

S'_c = modulus lentur beton (Psi)

- k. Menetapkan koefisien drainase
Penetapan koefisien drainase mengikuti tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekomendasi Nilai Koefisien Drainase (C_d)

Mutu drainase	Persen waktu dimana perkerasan berada dalam kelembaban mendekati jenuh			
	1%	1-5%	5-25%	>25%
Sangat Baik	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
Cukup	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Kurang	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80

Mutu drainase	Persen waktu dimana perkerasan berada dalam kelembaban mendekati jenuh			
	1%	1-5%	5-25%	>25%
Sangat Kurang	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Sumber: AASHTO, 1993

1. Menetapkan koefisien penyaluran beban mengikuti standar AASHTO, beban (J) 1993 seperti pada tabel 3 berikut ini.
Perhitungan koefisien penyaluran

Tabel 3. Koefisien Penyaluran Beban

Bahu	Aspal		Perkerasan Beton Bersambung	
Alat Pelimpahan Beban	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Jeis Perkerasan				
1. Sambungan Biasa Dengan Bertulang	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
2. Beton Bertulang	2,9 - 3,2	N/A	2,3 - 2,9	N/A

Sumber: AASHTO, 1993

Rumus yang digunakan pada perhitungan tebal pelat adalah

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

dengan:

- D = Tebal pelat beton
- W₁₈ = Beban sumbu standar total (ESAL) selama umur rencana
- ΔPSI = Kemampuan pelayanan
- S_o = Deviasi standar keseluruhan
- Z_R = Konstranta pada nilai reliabilitas
- I_{Pt} = Indeks permukaan
- S'_c = Modulus keruntuhan beton
- C_d = Koefisien drainase
- J = Koefisien penyaluran beban
- E_c = Modulus elastisitas beton (psi)
- k = Modulus reaksi tanah (pci)

Perancangan sambungan dan tulangan

- a. Menghitung *tie bar*

$$A_s = \frac{WDFLP}{f_s}$$

dengan:

- A_s = luas penampang tulangan
 - W = berat volume pelat beton
 - F = koefisien gesek antara dasar pelat dan permukaan lapis pondasi bawah
 - D = tebal pelat beton
 - L = lebar perkerasan
 - P = panjang perkerasan
 - F_s = tegangan tarik ijin tulangan baja
- Panjang *tie bar* ditentukan dari persamaan (Fwa dan Wei, 2006)

$$l = 2 \left(\frac{A_s \times f_s}{U_a \times S} \right) + \delta$$

dengan:

- l = panjang *tie bar*
- A_s = luas tampang *tie bar*
- F_s = tegangan tarik ijin tulangan baja

- Ua = tegangan lekat ijin
 $(1.97 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot 14,22$ (psi)
- S = keliling tulangan *tie bar*
- δ = jarak kelonggaran (0,05)

- b. Menetapkan koefisien gesek
 Koefisien gesek dihitung menggunakan tabel 4.

Tabel 4. Koefisien Gesek (F)

Tipe material di bawah pelat beton	F
Permukaan	2
Stabilisasi	8
Stabilisasi	8
Stabilisasi	8
Koral	5
Batu Pecah	5
Batu pasir	2
Tanah	9

Sumber: AASHTO, 1993

- c. Menetapkan sifat baja
 Tabel 5 digunakan untuk menetapkan sifat baja berdasarkan kuat luluh dan kuat tarik ijin dari baja.

Tabel 5. Kuat Luluh & Tarik Ijin Baja

Tipe	Fy (psi)	Fs (psi)
Grade 40	40.000	30.000
Grade 60	60.000	45.000
Welded wire fabric (WWF)	65.000	48.750
Deformed wire fabric (DWF)	65.000	48.750

Sumber: AASHTO, 1993

- d. Menghitung kebutuhan tulangan memanjang

- 1) Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan jarak *crack* di antara 3,5 ft – 8 ft

$$\bar{x} = \frac{1.32 \left(1 + \frac{ft}{1000}\right)^{6.7} \times \left(1 + \frac{\alpha_s}{\alpha_c}\right)^{1.15} \times (1+\theta)^{2.19}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{5.20} \times (1+P)^{4.40} \times (1+1000Z)^{1.79}}$$

Rumus tersebut terhubung dengan tabel 6

dan tabel 7 untuk mendapatkan nilai koefisien susut dan koefisien termal berdasarkan kuat tarik beton dan macam agregat kasar yang digunakan.

Tabel 6. Koefisien Susut Beton

Kuat tarik tak langsung beton, Ft (psi)	Koefisien susut beton, z (in/in)
300 atau kurang	0,00080
400	0,00060
500	0,00045
600	0,00030
700 atau lebih	0,00020

Sumber: AASHTO, 1993

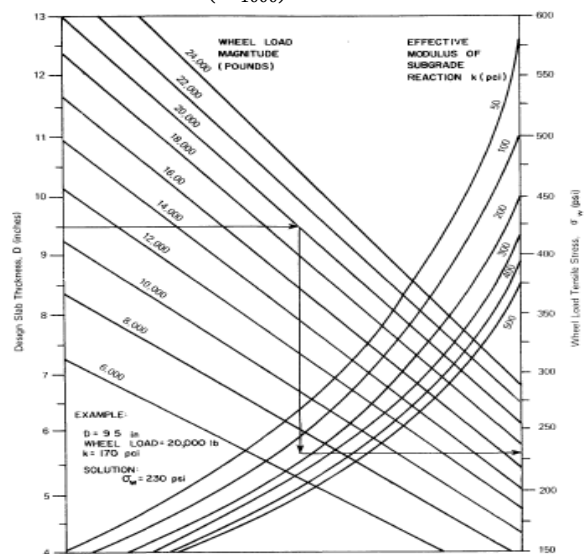
Tabel 7. Koefisien Termal Beton

Macam agregat kasar	Koefisien termal beton, α_c (1/°F)
Quartz	0,0000066
Batu pasir	0,0000065
Kerikil	0,0000060
Granit	0,0000053
Basalt	0,0000048
Batu gamping	0,0000038

Sumber: AASHTO, 1993

- 2) Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan lebar *crack* 0,04 in

$$CW = \frac{0.00932 \left(1 + \frac{ft}{1000}\right)^{6.53} \times (1+\theta)^{2.2}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{4.91} \times (1+P)^{4.55}}$$



Gambar 1. Grafik untuk Menentukan Tegangan Tarik akibat Beban Roda, σ_w

3) Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan tegangan berlebih.

$$\sigma_s = \frac{47,3 \left(1 + \frac{DTd}{100}\right)^{0,42} \times \left(1 + \frac{ft}{1000}\right)^{4,09}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{3,14} \times (1+P)^{2,74} \times (1+1000Z)^{0,494}}$$

Perhitungan tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan tegangan berlebih dilakukan menggunakan rumus di atas dengan bantuan tabel 8.

Jumlah tulangan minimum

$$N_{min} = \frac{0,01273 \times P_{min} \times D \times b}{d^2}$$

Jumlah tulangan maksimum

$$N_{max} = \frac{0,01273 \times P_{max} \times D \times b}{d^2}$$

dengan:

- d = diameter tulangan (in)
- P_{max} = persen maksimum tulangan yang dibutuhkan
- P_{min} = persen minimum tulangan yang dibutuhkan
- D = tebal pelat beton (in)
- b = lebar pelat perkerasan (in)

Tabel 8. Tarik Ijin Untuk Tulangan Baja

Kuat tarik langsung beton, 28 hari (psi)	Tegangan kerja ijin/ kuat tarik ijin (fs) untuk tulangan Grade 60, fs = 45.000 psi		
	Dia ½" (No 4)	Dia 5/8" (No 5)	Dia ¾" (No 6)
300	65.000	57.000	54.000
400	67.000	60.000	55.000
500	67.000	61.000	56.000
600	67.000	63.000	58.000
700	67.000	65.000	59.000
800	67.000	67.000	60.000

Sumber: AASHTO, 1993

e. Menghitung kebutuhan tulangan melintang

$$P_s = \frac{LFW}{2 f_s} \times 100$$

dengan:

- P_s = persen tulangan yang dibutuhkan (%)
- L = panjang pelat (ft)
- F = koefisien gesek
- W = berat volume pelat beton (pci)
- F_s = tegangan tarik ijin tulangan baja

(psi)

Jarak antar tulangan melintang

$$Y = \frac{A_s}{P_s \times D} \times 100$$

dengan:

- Y = jarak antar tulangan melintang (in)
- A_s = luas penampang tulangan (in²)
- D = tebal pelat beton (in)
- P_s = persen tulangan yang dibutuhkan (%)

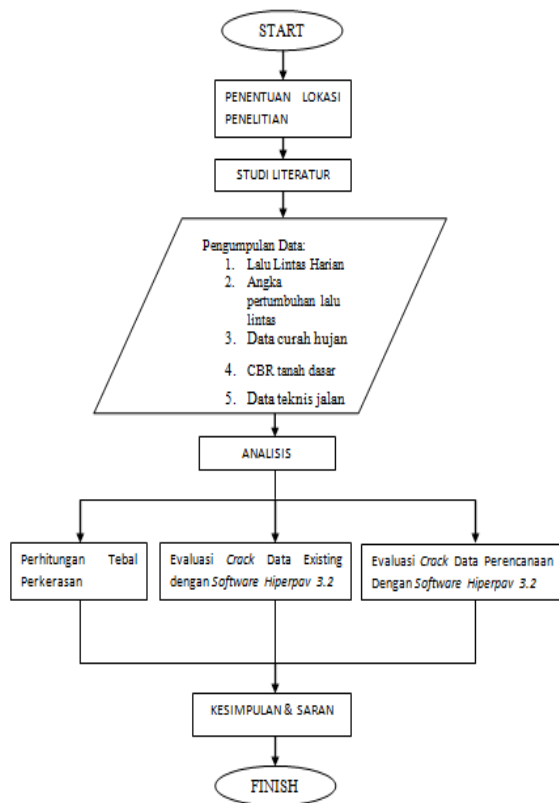
Evaluasi *crack* pada Perkerasan Beton Bertulang Menerus

Penelitian ini mengevaluasi jarak *crack* dan lebar *crack*. Jarak *crack* terdiri dari *crack* memanjang dan melintang. Sedangkan, lebar *crack* terdiri dari gompal, penurunan atau patahan, *crack* tambahan serta *punchout*.

Software Hiperpav 3.2

Sistem HIPERPAV® 3.2 dikembangkan sebagai alat untuk memprediksi kerusakan perkerasan kaku baik JPCP, JRCP dan CRCP. Pada sistem ini dapat mengetahui kemampuan prediktif untuk konsultan, kontraktor, dan pemasok beton agar dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat berkontribusi untuk mencapai perkerasan yang baik. Hal ini penting untuk mengenali berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja perkerasan beton. HIPERPAV 3.2 dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain perkerasan sehingga peningkatan kinerja perkerasan jangka panjang dapat dicapai.

Metodologi Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Perhitungan Tebal Perkerasan Beton dengan Metode AASHTO 1993

Parameter yang diketahui:

- a. Klasifikasi jalan : bebas hambatan
- b. Fungsi jalan : rural (luar kota)
- c. Umur rencana : 20 Tahun
- d. CBR : 6%
- e. Mutu beton : FS 45
- f. Kuat tekan beton 500 kg/cm²

g. Pertumbuhan lalu lintas didapat 8,18% per tahun

Langkah-langkah perhitungan tebal perkerasan dapat dilihat pada bagian dibawah ini.

1. Perhitungan ESAL rancangan

Perhitungan ESAL rancangan dapat dilihat pada tabel 9, sehingga didapatkan

$$\begin{aligned}
 W_{18} &= \sum F_D \times F_L \times V_i \times E_{k_i} \\
 &= 0,5 \times 0,7 \times 511.511.135,09 \\
 &= 179.028.897,28 \\
 &= 1,7902 \times 10^8 \text{ (ESAL)}
 \end{aligned}$$

2. Kehilangan kemampuan pelayanan

Tingkat pelayanan awal, $P_o = 4,5$ dan tingkat pelayanan akhir, $P_t = 2,5$. $\Delta \text{PSI} = 4,5 - 2,5 = 2,0$

3. Reliabilitas digunakan 85%

4. Standar normal deviasi adalah $Z_R = -0,1037$

5. Standar deviasi keseluruhan adalah $S_o = 0,3$

6. Modulus Resillient (MR) = 9000 psi

7. Modulus reaksi tanah dasar (k) = 464 pci

8. Modulus elastisitas beton (E_c) = 4806286,508 psi

9. Modulus lentur beton ($S'c$) = 632,40 psi

10. Koefisien drainase (Cd) dengan keadaan kualitas drainase antara *good - fair* ditetapkan 1,2.

Coba tebal pelat 11 in

$$\begin{aligned}
 \log_{10} 1,7902 \times 10^8 &= [-1,037 \times 0,30] + 7,35 \log_{10}(11+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{4,5 - 2,5}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(11+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \\
 &\quad \times \log_{10} \frac{632 \times 1,2 \times [11^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times \left(11^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{4806287}{464} \right)^{0,25}} \right)}
 \end{aligned}$$

Jadi, tebal perkerasan didapatkan sebesar 11 in = 28 cm.

Tabel 9. ESAL Rancangan

Tipe Kendaraan	Lalu Lintas	Faktor Ekivalensi	ESAL ₀ (2015)	ESAL Rancangan (2035)
1	2	3	4=(2x3xa)	6 = (4xb)
Mobil Penumpang	15.163	0,0004	2.213,798	103.380,67
Pick Up (1.1)	3.718	0,247	335.196,290	15.653.107,48
Bus Besar (1.2)	794	0,3006	87.116,886	4.068.213,22
Bus Kecil (1.2)	160	0,247	14.424,800	673.614,09
Truk Sedang (1.2 M)	5.084	1,3084	2.427.945,544	113.381.005,96
Truk Berat (1.2 H)	1583	3,0022	1.395.894,941	81.005.547,94
Truk Tandem (1.22)	2.289	3,7918	3.167.992,023	147.939.941,79
Truk Gandeng (1.2-2.2)	161	3,9083	229.671,249	10.725.264,15
Truk Semi Trailer (1.2-22)	973	4,1891	1.388.013,204	69.474.878,60
Truk Trailer (1.22-222)	721	5,5728	1.097.871,747	68.486.181,18
Total				511.511.135,09

Sumber: Analisa, 2015

11. Perancangan sambungan dan tulangan

Diketahui data sebagai berikut :

- Tebal pelat (D) = 11 in = 28 cm
- Lebar pelat (L) = 3,6 m = 144 in
- Panjang pelat (P)= 75 m = 2952,9 in
- Koefisien gesek (F) = 1,8
- Berat volume beton (W) = 25 kN/m³ = 0,09 pci
- Baja di pilih Grade 60 dengan nilai Fy = 60.000 psi

a. Sambungan *tie bar*

Diameter *tie bar*

$$A_s = \frac{WDFLP}{f_s} = \frac{(0,09 \times 11 \times 1,8 \times 144 \times 2952,9)}{45000}$$

= 0,1719 in² maka

d = 0,5 in

panjang *tie bar*

$$l = 2 \left(\frac{A_s \times f_s}{U_a \times S} \right) + \delta$$

$$= 2 \left(\frac{0,1719 \times 45.000}{626,399 \times 1,57} \right) + 0,05$$

= 15,79 in = 401 mm

Jarak antar *tie bar*

Tie bar dengan jarak pendekat 3,6 m (12 ft) Jarak maksimum *tie bar* adalah 36 in = 900 mm. Jumlah tulangan per 75 m = 75000 mm = $\frac{75000}{900} = 83,3 \approx 83$ buah.

b. Perancangan tulangan memanjang

Tulangan yang dipilih Ø 5/8 in (d) = 16 mm

Diketahui:

- Kuat tarik ijin $f_s = 45000$ psi
- Kuat tarik beton tak langsung 28 hari = 640 psi
- Penyusutan beton (z) = 0.0003 in/in
- Koefisien ekspansi termal beton dari bahan kerikil (α_c) = 0.000006 in/in/°F
- Koefisien ekspansi termal baja (α_s) = 0.000005 in/in/°F
- Beban roda maksimum = 24000 lb
- Modulus reaksi tanah dasar efektif= 464
- Penurunan temperatur = 55°F

Hitungan tulangan memanjang dengan syarat: $P_{max} > P_{min}$

1. Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan jarak *crack* diantara 3,5 ft – 8 ft

$$\bar{x} = \frac{1,32 \left(1 + \frac{f_t}{1000}\right)^{6,7} \times \left(1 + \frac{\alpha_s}{\alpha_c}\right)^{1,15} \times (1+\theta)^{2,19}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{5,20} \times (1+P)^{4,40} \times (1+1000Z)^{1,79}}$$

$\alpha_s/\alpha_c = 0,83$

$\bar{x} = 3,5$ ft didapat $P_{max} = 0,791$ dan $\bar{x} = 8$ ft didapat $P = 0,496$

2. Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan lebar *crack* 0.04 in

$$C_w = \frac{0,00932 \left(1 + \frac{f_t}{1000}\right)^{6,53} \times (1+\theta)^{2,2}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{4,91} \times (1+P)^{4,55}}$$

$\sigma_w = 200$ psi

$C_w = 0,04$ in didapat $P = 0,535$

3. Tulangan yang dibutuhkan untuk mengendalikan tegangan berlebih.

$$\sigma_s = \frac{47,3 \left(1 + \frac{DTd}{100}\right)^{0,42} \times \left(1 + \frac{ft}{1000}\right)^{4,09}}{\left(1 + \frac{\sigma_w}{1000}\right)^{3,14} \times (1+P)^{2,74} \times (1+1000Z)^{0,494}}$$

σ_s dengan \emptyset 5/8 di dapat 65 ksi (Tabel 19). Sehingga $P = 0,543$.

Check syarat: $P_{max} > P_{min}$

$0,791 > 0,543$ OK

Jumlah tulangan

$$N_{min} = \frac{0,01273 \times 0,543 \times 11 \times 144}{0,625^2} = 28$$

$$N_{max} = \frac{0,01273 \times 0,791 \times 11 \times 144}{0,625^2} = 41$$

Jadi, untuk lebar 3,6 m digunakan 36 buah, dengan jarak antar tulangan 100 mm.

c. Perancangan tulangan melintang

Coba \emptyset 1/2 in = 13 mm untuk tulangan melintang

$$P_s = \frac{LFW}{2 f_s} \times 100$$

$$= \frac{246,075 \times 1,8 \times 0,09}{90.000} \times 100 = 0,04 \%$$

Jarak antar tulangan melintang

$$Y = \frac{0,171}{0,044 \times 11} \times 100$$

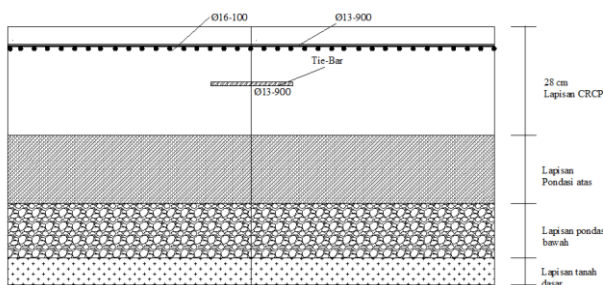
$$= 35,29 \text{ in}$$

$$= 896,47 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

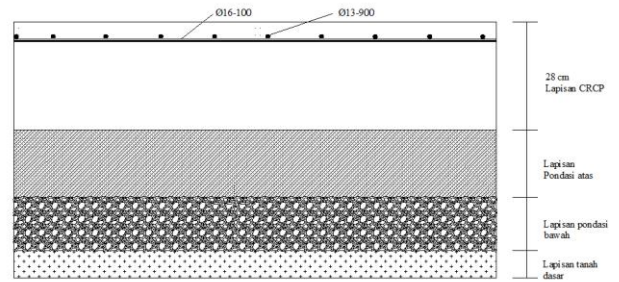
Jadi, untuk panjang 75 m dengan jarak antar tulangan 900 mm = $83,3 \approx 83$ buah.

d. Gambar potongan melintang dan memanjang

e.



Gambar 3. Potongan Melintang Perkerasan



Gambar 4. Potongan Memanjang Perkerasan

Evaluasi crack pada Perkerasan Existing

Pada jarak crack didapat 2,98 ft dengan batas minimal 3,5 ft – 8 ft. lebar crack didapat 0,027 in dengan batas maksimal 0,04 in. Tegangan baja didapat 37,4 ksi dengan batas maksimal 56,9 ksi. Hasil di atas menunjukkan bahwa perkerasan eksisting, ditinjau dari retak jarak rata-rata, retak lebar rata-rata dan tegangan baja maksimum berada di bawah batas kriteria dan retak yang terjadi masih terkendali.

Tabel 10. Hasil analisa output Hiperpav Menggunakan Data Eksisting

Time Period to Plot: 1 year				
	Min	Value	Max	Unit
Crack Spacing Average	3.50	2.98	8.00	ft
Crack Spacing Standard Deviation	N/A	1.49	N/A	ft
Crack Width Average	N/A	0.027	0.040	inches
Maximum Steel Stress	N/A	37.4	56.9	ksi
Bond Development Length	N/A	18.91	N/A	inches

Evaluasi crack Data Perencanaan

Pada retak jarak didapat 2,72 ft dengan batas minimal 3,5 ft – 8 ft. Retak lebar didapat 0,022 in dengan batas maksimal 0,04 in. Tegangan baja didapat 27,5 ksi dengan batas maksimal 60 ksi. Hasil di atas menunjukkan bahwa pada perencanaan perkerasan, di tinjau dari retak jarak rata-rata, retak lebar rata-rata dan tegangan baja maksimum masih dalam batas kriteria dan retak yang terjadi masih terkendali.

Tabel 11. Hasil analisa output Hiperpav Menggunakan Data Perencanaan

Time Period to Plot: 1 year				
	Min	Value	Max	Unit
Crack Spacing Average	3.50	2.72	8.00	ft
Crack Spacing Standard Deviation	N/A	1.27	N/A	ft
Crack Width Average	N/A	0.022	0.040	inches
Maximum Steel Stress	N/A	27.5	60.0	ksi
Bond Development Length	N/A	17.32	N/A	inches

Hasil perbandingan antara data eksisting yang diperoleh dari lapangan dengan data perencanaan memiliki hasil yang berbeda. Dari beberapa kriteria pada tabel 12 data eksisting memiliki hasil lebih besar dibandingkan dengan data perencanaan. Hal ini disebabkan tebal perkerasan data eksisting lebih kecil yaitu 23 cm dibandingkan tebal perkerasan data perencanaan yaitu 28 cm. Sehingga, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar tebal perkerasan beton maka *crack* yang terjadi akan semakin kecil.

Tabel 12. Perbandingan Hasil Analisa output Hiperpav

Kriteria	Data Eksisting	Data Perencanaan
Jangka waktu plot	1 Tahun	1 Tahun
Retak jarak rata-rata	2,98 ft	2,72 ft
Standar deviasi jarak retak	1,49	1,27
Lebar retak rata-rata	0,027 in	0,022 in
Tegangan baja maksimum	37,4 ksi	27,5 ksi
Pengembangan panjang ikatan	18,91 in	17,32 in

Sumber: Analisa, 2015

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada Jalan Tol Tangerang – Merak STA 34+500 – 36+300 arah dari Merak - Jakarta, setelah dilakukan analisa juga pembahasan

didapatkan kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan beton bertulang menerus dengan menggunakan metode AASHTO 1993 yaitu sebesar 28 cm, sambungan memanjang (*tie bar*) didapat diameter 13 mm dengan jarak 900 mm. Hasil perancangan tulangan memanjang menghasilkan diameter tulangan memanjang 16 mm dan jarak 100 mm serta tulangan melintang diameter 13 mm dengan jarak 900 mm.
2. Dari hasil analisa data eksisting dengan menggunakan *software Hiperpav 3.2*. Nilai rata-rata jarak retak 2,98 ft dengan standar deviasi 1,49. Nilai rata-rata lebar retak adalah 0,027 in dengan nilai maksimum 0,04 in. Tegangan baja maksimum 37,4 ksi dengan kriteria 56,9. Hal ini menjadikan perkerasan eksisting mampu mengendalikan retak. Sedangkan, hasil analisa data perencanaan dengan menggunakan *software Hiperpav 3.2*. Pada jarak retak didapat 2,72 ft dengan batas minimal 3,5 ft – 8 ft. Lebar retak didapat 0,022 in dengan batas maksimal 0,04 in. Tegangan baja didapat 27,5 ksi dengan batas maksimal 60 ksi. Hasil diatas menunjukkan bahwa pada perencanaan perkerasaan, ditinjau dari jarak retak rata-rata, lebar retak rata-rata dan tegangan baja maksimum masih dalam batas kriteria dan retak yang terjadi masih terkendali.

Daftar Pustaka

Anonim. (1993). AASHTO Guide For Design of Pavement Structures 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Anonim. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009

- Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jakarta
- Austrroads. (1987). A guide to the Visual Assesment of Pavement Condition Austrroads, Australia.
- Austrroads. (1987). Pavement Design,. A guide to the Structural Designof road Pavement. Design of New Rigid Pavements. Austrroads, Australia.
- Budianto Ulil Absyor, Agus. (2011). Analisa Pengaruh Kendaraan Berlebih (Overload) terhadap Umur Rencana Jalan dan Kerugian Biaya Transportasi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon
- Direktoral Jenderal Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi Bangunan, Pd T-14-2003. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). Pelaksanaan Perkeasan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi Bangunan, Pd T-05-2004. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Pradana, M. F., Bethary, R. T., & Dewa, G. T. (2013). Studi Identifikasi dan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku dan Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Kawasan Industri Krakatau Cilegon). Jurnal fondasi, 2(1).
- Pradana, M. F., Bethary, R. T., & Enggalita, T. I. (2013). Perencanaan Kembali Perkerasan Jalan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 Dan AASHTO 1993 (Studi Kasus Ruas Jalan Maja-Citeras). Jurnal Fondasi, 2(2).
- Federal Highway Administration. (2006). The investigation, modeling, and validation of the enhanced High PERformancePAVing (HIPEPAV®) II software program, Publication No. FHWA HRT 04-127. U.S Department of Transportation Federal Highway Administration
- Federal Highway Administration. (2005). Computer-Based Guidelines for Concrete Pavement Volume II Design and Constraction Guidelines and Hiperpav II user’s Manual, Publication No. FHWA HRT 04-122, U.S Depart. Of Transportation Federal Highway Administration
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011). Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2007). Pemeliharaan Jalan Raya. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- NAVFAC DM-54. (1985). Civil Engineering Pavement, Design Manual 5.4, Depart of Navy Naval Facilities Engineering Command, 200 Stovall Street, Alexandria, VA.
- PT. Margamandala Sakti. (2013). Spesifikasi Umum Pekejaan Pelebaran Jalan dan Jembatan Ruas Cikupa – Balaraja Barat pada Jalan Tol Tangerang – Merak.
- PT. Margamandala Sakti. (2010). Draft Laporan Akhir Perencanaan Re-konstruksi Jalan Tol Tangerang-Merak dengan perkerasan kaku.
- PT. Margamandala Sakti. (2014). Laporan Final Analisa Teknis Perkerasan Jalan Proyek Pelebaran Jalan Tol Tangerang – Merak.
- Rohmah, Siti Hadiyati. (2014). Laporan Kerja Praktek Metode Pelaksanaan Proyek Pelebaran Jalan Dan Jembatan Pada Ruas Jalan Tol Cikupa – Balaraja Barat

Km. 34+500 – 36+300. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa: Cilegon.

Saodang, Hamirhan. 2004. Konstruksi Jalan Raya. Nova . Bandung.

Suryawan, A. 2009. Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (RigidPavement)-Perencanaan Metode AASHTO 1993, Spesifikasi, Parameter Desain, Contoh Perhitungan, Beta Offset, Yogyakarta.