



ANALISA RUJI (DOWEL) DAN BATANG PENGIKAT (TIE BAR) PADA PERKERASAN KAKU

Furqon Affandi

RINGKASAN

Tegangan pada batang ruji (dowel) merupakan hasil dari geser, lentur dan tahanan. Tegangan ini bisa dianalisa secara analitis untuk menentukan factor factor yang mempengaruhi karakteristik penyaluran beban. Selanjutnya, efektifitas dari batang ruji untuk menyalurkan beban pada sambungan tergantung pada karakteristik tanah dasar juga. Sebagai hasilnya hampir semua agensi telah membuat standarisasi dari ukuran ruji ini, dimana diameter dan panjang ruji tergantung pada tebal perkerasan. Didalam menganalisa tegangan pada ruji, sangat penting bagi para perencana untuk memahami penyebab dan besarnya tegangan yang terjadi.

SUMMARY

Dowel bar stresses result from shear, bending, and bearing. These stresses can be analyzed analytically to determine factors which affect load transfer characteristics. In addition, the effectiveness of dowel bars to transfer the load across a joint depends to some extent upon to the characteristics of the subgrade. As a result most agencies have resorted to standard dowel sizes, wherein the diameter and length of dowel is dependent only upon pavement thickness. In analysis of stresses in dowels, it is important for the design engineer to understand the cause and relative magnitudes of the stresses.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan perkerasan kaku atau yang disebut juga dengan perkerasan beton semen di Indonesia belum begitu lama, dimana dimulai sekitar 18 tahun yang lalu. Saat ini perkembangan penggunaan perkerasan kaku di Indonesia menunjukkan kenaikan walaupun hal ini masih relatif kecil dibandingkan dengan perkerasan jalan aspal yang memang sudah lama sekali di kenal di Indonesia. Jenis perkerasan kaku yang digunakan di Indonesia ialah perkerasan bersambung tanpa tulangan, sedangkan jenis yang lainnya yaitu perkerasan bersambung dengan tulangan ataupun perkerasan menerus dengan tulangan hampir tidak pernah dipergunakan. Kalaupun dipergunakan jenis perkerasan kaku dengan tulangan, panjangnya dapat dikatakan sangat kecil sekali atau dapat dikatakan sangat tidak berarti dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Hal ini dikarenakan jenis perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, lebih mudah dalam pelaksanaan serta biayanya yang lebih murah dibandingkan kedua jenis perkerasan kaku lainnya.

Dengan melihat jenis perkerasan bersambung tanpa tulangan yang begitu banyak dipergunakan,

maka berarti pula banyak sambungan melintang yang diperlukan dikarenakan panjang pelat dari jenis ini lebih pendek dari kedua jenis perkerasan kaku lainnya, yaitu hanya sekitar 5 meter. Hal ini membawa konsekwensi penggunaan ruji (dowel) yang lebih banyak, sehingga pemahaman tentang kerja ruji dan batang pengikat perlu mendapat perhatian. Begitu juga pengertian terhadap batang pengikat (tie bar) perlu mendapat penekanan juga.

Agar beban lalu lintas dapat melalui perkerasan tersebut dengan baik, maka sambungan melintang perlu dibuat sedemikian rupa sehingga lalu lintas bisa melaluinya dengan nyaman dan aman selain konstruksi perkerasannya dapat bertahan dengan baik pula.

Pada pelat dengan ukuran yang panjang, retak antara sambungan sering tak dapat dielakkan, dimana umumnya dalam perencanaan seperti ini direncanakan pemasangan tulangan yang merata sepanjang pelat yang dimaksudkan untuk "memegang" retak agar tetap rapat sehingga penyaluran beban akan dilakukan oleh saling kunci agregat. Hal yang perlu diingat bahwa pemasangan tulangan yang merata pada pelat tersebut bukan dimaksudkan untuk menambah

kekuatan struktural dari perkerasan tersebut, tetapi semata mata hanya untuk mengontrol lebar retak.

Selanjutnya retak yang diakibatkan oleh lenting dan susut akan merugikan bilamana penyaluran beban yang melalui retak menjadi hilang. Dengan demikian perencana harus mempertimbangkan metoda yang dipergunakan untuk penyalur beban yang melalui retak. Hal ini bisa diatasi dengan beberapa cara:

- Penyaluran beban disediakan oleh saling kunci agregat, yang direncanakan pada pelat dengan ukuran yang relative pendek.
- Retak atau sambungan bisa "diikat" dengan batang tulangan yang tersebar merata guna mencegah terbukanya retak atau sambungan.
- Pergerakan pada sambungan bisa diijinkan dan memasang batang ruji pada sambungan tersebut.

II. DASAR PERTIMBANGAN PENGGUNAAN RUJI DAN BATANG PENGIKAT

Dasar pemilihan jenis perkerasan bersambung tanpa tulangan dan perkerasan bersambung dengan tulangan ialah berdasarkan lalu lintas yang harus dilayaninya dan jenis lapis pondasi yang digunakan. Perkerasan bersambung tanpa tulangan tanpa ruji dipilih untuk jalan dengan lalu lintas yang ringan atau perkerasan dengan lapis pondasi dari bahan stabilisasi semen (CTSB) yang dipasang diantara pelat dan tanah dasar.

Untuk jalan dengan lalu lintas yang berat, kerusakan berupa perbedaan fungsi pelat pada sambungan melintang (faulting) akan terjadi jika tidak dipasang ruji. Gangguan dari faulting pada sambungan bisa dimimalkan dengan menggunakan sambungan yang dimiringkan dimana kemiringannya antara 1: 6 sampai 1: 4,8.

Tulangan yang diperlukan untuk mengontrol retak, sangat dipengaruhi oleh panjang pelat. Penulangan pelat umumnya tidak diperlukan bilamana panjang pelat lebih kecil dari 6 meter. Cement Treated Subbase (CTSB) yang dipasang dibawah pelat, akan menambah kapasitas struktur perkerasan dan juga membantu penyaluran beban yang melalui sambungan baik yang menggunakan ruji maupun tidak. Panjang pelat juga mengontrol saling kunci agregat untuk penyalur beban, sehingga pemasangan ruji tidak diperlukan bilamana penyaluran beban pada sambungan bisa dilakukan oleh saling kunci agregat.

Jika jarak sambungan mencapai sekitar 12 meter, maka diperlukan penulangan untuk mengontrol retak, secara umum hal ini memerlukan pemasangan tulangan pada pelat dan sekaligus pemasangan dowel pada sambungan untuk membantu penyaluran beban. Tetapi bila jarak sambungan mencapai sekitar 150 meter, maka

penulangan nyata nyata diperlukan untuk mengontrol retak, dan perkerasan yang seperti ini disebut perkerasan menerus dengan tulangan dan tidak ada sambungan lain dipasang kecuali diperlukan sambungan pelaksanaan atau sambungan muai (expansion joint).

Saling kunci antar agregat tergantung pada banyak factor, termasuk jarak bukaan sambungan sebagai akibat susut dan atau susut akibat temperatur. Pergerakan sambungan bisa diperkirakan dari rumus sebagai berikut :

$$Z = L (12) [\epsilon \Delta t + \delta] \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

Z = bukaan pada sambungan

L = panjang pelat (ft)

ϵ = koefisien perubahan volume thermal (0,000005 in/in/F)

Δt = perbedaan total temperatur (^oFahrenheit)

δ = koefisien susut (0,00005 in/in)

Sambungan tanpa dowel pada umumnya memuaskan jika bukaan sambungan 0,04 in atau lebih kecil, sedangkan sambungan dengan ruji akan memuaskan bila besar bukaan pada sambungan lebih kecil dari 0,25 in. Dengan demikian pelat yang pendek tak perlu dowel.

Batang dowel merupakan alat penyalur beban, karenanya harus cukup kuat dan berjarak cukup rapat agar tahan terhadap lentur, geser, dan tahanan dari beton . Perencanaan batang dowel bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Secara umum ukuran batang dowel ditentukan berdasarkan pengalaman. Untuk pekerjaan jalan, tipikal batang dowel yang digunakan berdiameter 1 ¼", panjang 60 cm dan berjarak 30 cm antara satu dengan yang lainnya.

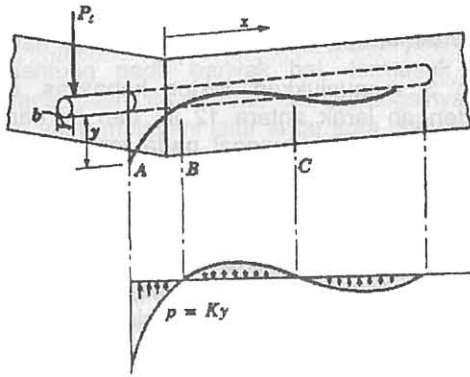
Batang Pengikat bukan merupakan penyalur beban, tetapi dimaksudkan untuk mengikat dua pelat agar menjadi kesatuan. Batang ruji harus halus dan diberi anti lengket di salah satu sisinya untuk memelihara pergerakan yang bebas pada pelat, sedangkan batang pengikat harus berulir atau dibengkokkan (hooked) dan harus terpasang secara kokoh pada beton agar fungsinya dapat terpenuhi. Batang pengikat berukuran lebih kecil dari ruji dan mempunyai jarak antar sumbu satu dengan yang lainnya yang lebih besar dibandingkan jarak antar antar ruji. Umumnya batang pengikat berukuran 5/8 in dan berjarak 90 cm dari sumbu ke sumbu.

III. ANALISA TEGANGAN PADA BATANG RUJI DAN BATANG PENGIKAT

3.1 Dasar dasar rumus analisa tegangan pada batang ruji

Berdasarkan analisa dari Timoshenko, batang ruji pada beton akan melendut sebagai mana terlihat pada Gambar 1. Bilamana beban bekerja pada

ujung dari ruji, maka batang ruji tersebut akan melendut ke bawah yang akan menimbulkan tegangan pada bagian bawah dari ruji tersebut untuk jarak yang ditunjukkan dari titik A ke titik B. Pada titik ini akan terjadi lendutan balik yang menghasilkan tekanan pada bagian atas dari ruji tersebut, dan kemudian pada jarak selanjutnya tegangan terjadi lagi pada bagian bawah dari batang ruji. Untuk simplifikasi analisa, tegangan yang terjadi pada batang ruji pada suatu jarak tertentu dapat diabaikan.



Gambar 1. Diagram tegangan pada ruji yang dibebani

Kekakuan relative dari ruji yang tertanam pada beton disajikan pada persamaan ini:

$$\beta = (K b / 4 E I)^{1/4} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- K = modulus dari reaksi ruji (pci)
- b = diameter ruji (in)
- E = modulus elastisitas dari ruji (pound per square inch, psi)
- I = momen inersia dari ruji (in⁴)

Beton bisa dipandang cukup kaku dibanding kan terhadap baja, maka momen yang terjadi pada permukaan beton ialah sebagai berikut :

$$M_o = - P_t z/2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana z = lebar bukaan sambungan

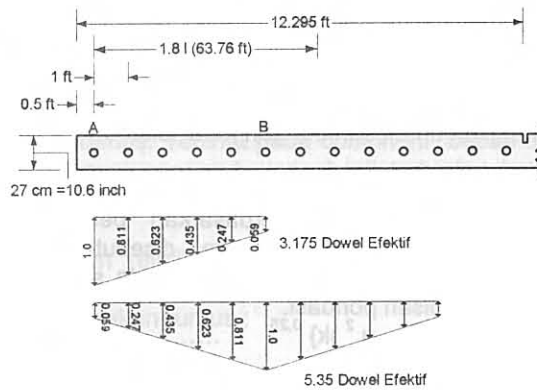
Dan tekanan pada beton di sambungan ialah :

$$\sigma = (K P_t / 4 \beta^3 E I) (2 + \beta z) \dots\dots\dots (4)$$

P_t ialah beban yang ditransferkan ke ruji dan ini lebih kecil dari beban rencana karena ada sebagian beban yang ditransferkan oleh perkerasan ke tanah dasar. Nilai K berkisar antara 300.000 dan 1.500.000 pci. Nilai β bervariasi sebagai fungsi dari (K)^{0,25}, sedangkan perubahan dalam modulus tidak berpengaruh besar terhadap perhitungan tegangan. Pemilihan nilai K =1.500.000 pci cukup baik.

3.2 Reaksi dowel sebagai kesatuan kerja

Bilamana beban bekerja pada sambungan, sebagian beban tersebut ditransferkan lewat ruji ke pelat disebelahnya. Ruji yang langsung bertepatan dengan pembebanan akan menerima bagian beban yang paling besar dan selanjutnya ruji yang lainnya akan menerima beban yang lebih kecil lagi sesuai dengan jarak dan letak masing masing dowel tersebut terhadap beban yang bekerja. Aksi dari grup ruji akibat beban yang langsung bekerja diatas suatu ruji tertentu, akan membagikan beban tersebut ke ruji tertentu itu dengan bagian yang paling besar dan kemudian menurun sampai nol pada jarak 1,8 l, dimana l adalah radius kekakuan relatif pelat yang dinyatakan dalam satuan "in" dari ruji yang menerima beban langsung tersebut. Kapasitas memikul beban dari sekumpulan (grup) ruji adalah sama dengan jumlah yang dipikul oleh masing masing ruji. Jika beban dari dua roda bekerja, maka akan terjadi tegangan yang overlap sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembebanan pada suatu susunan ruji

Beban yang ditransferkan ke masing masing dowel dari suatu susunan (grup) dowel merupakan fungsi dari lendutan di masing masing lokasi dowel. Lendutan akibat beban sudut akan lebih besar dibandingkan dengan lendutan akibat beban yang sama tapi diletakan pada bagian dalam pelat. Dikarenakan beban ditransferkan ke dowel adalah merupakan fungsi lendutan, maka dowel yang disudut adalah merupakan dowel yang kritis bagi pembebanan tepi. Bagi plat dengan radius kekakuan relative yang rendah (k tinggi), maka pengaruh dari beban roda yang kedua bisa diabaikan. Akan tetapi untuk pelat dengan radius kekakuan relative yang besar (k rendah) maka kejadian sebaliknyalah yang benar.

Bilamana 100 % dowel itu bekerja secara efektif, maka akan menyalurkan 50 % dari beban kerja tersebut. Bila efisiensi dicapai sebesar 100 %, maka masing masing pelat harus melendut dengan besar yang sama, dengan setengah beban kerja tersebut akan disalurkan ke tanah dasar dari

masing masing pelat yang bersebelahan. Bilamana hal itu tidak bisa dicapai, misalnya ketidak sempurnaan yang terjadi akibat beban berulang, atau ketidak sempurnaan pelaksanaan, maka hal ini cenderung akan menurunkan nilai tersebut.

3.3 Panjang ruji dari bagian yang terbenam di beton

Kapasitas transfer beban pada dowel tergantung pada panjang bagian yang tertanam dalam beton. Friberg telah menunjukkan bahwa pemotongan panjang dowel pada titik belok kedua dari lendutan tidak mempengaruhi tegangan pada beton. Pengujian menunjukkan bahwa untuk dowel berdiameter 3/4 inci, panjang bagian yang terbenam hendaknya sekitar 8 diameternya, tetapi nilai tersebut menurun dengan membesarnya diameter batang dowel tersebut. America Concrete Institute (ACI) menyarankan panjang dowel untuk jalan raya ialah 18 in, sedang untuk lapang terbang disarankan panjang dowelnya ialah 18, 20, dan 24 in untuk masing masing dowel berukuran 1, 1 1/4, dan 1 1/2 in.

Lebar sambungan umumnya yang digunakan untuk susut dan pelaksanaan ialah 0,25 in, sedangkan untuk sambungan muai ialah 0,75 inci.

Kekakuan relative dari pelat dan lapisan tanah dasar dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut: ini biasanya disebut radius kekakuan relative, yang tergantung pada sifat sifat pelat dan lapisan pondasi.

$$l = \{E h^3 / 12 (1 - \mu^2) k\}^{0.25} \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

- l = radius kekakuan relatif (in)
- E = modulus elastisitas perkerasan (psi)
- h = tebal perkerasan (in)
- μ = poisson ratio perkerasan
- k = reaksi modulus tanah dasar (pci)

Bearing stress yang diijinkan telah dievaluasi secara experiment yang nilainya sangat bervariasi tergantung pada diameter ruji tersebut. Nilai yang direkomendasikan oleh ACI dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$f_b = \{(4-b) / 3\} f_c \dots \dots \dots (6)$$

dimana :

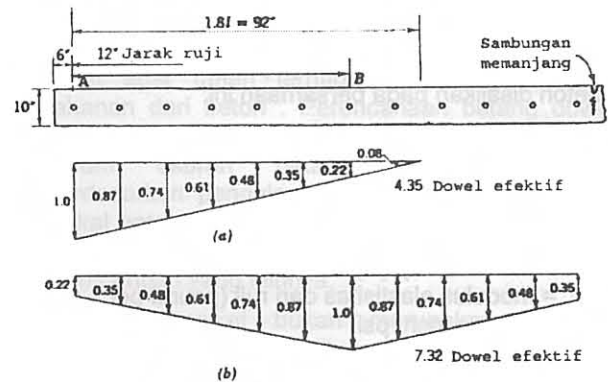
- f_b = allowable bearing stress (psi)
- b = diameter ruji (in)
- f_c = kuat tekan batas dari beton (psi)

Aksi dari keseluruhan ruji pada suatu sambungan (dowel group)
 Gambar 2 memperlihatkan metoda untuk menghitung kapasitas dowel secara keseluruhan pada suatu sambungan. Data pada Gambar 2 berdasarkan satu beban roda di tepi, jarak ruji dari

sumbu ke sumbu 12 in, dan untuk perkerasan kaku yang mempunyai radius kekakuan relative 63,76 inci. Dengan menganggap daya dukung ruji yang dekat ke bagian tepi sebesar 1(satu), maka faktor kapasitas adalah jumlah dari keseluruhan reaksi dowel tersebut.

Untuk kendaraan dengan jarak antar ban yang terluar dan ban dalam sebesar 13 in, maka roda yang paling luar dipertimbangkan akan berada dibagian tepi dan roda dalam akan berada dekat dengan ruji pertama. Beban rencana dalam keadaan seperti ini dianggap terkonsentrasi diatas dowel pertama.

Gambar 3 menunjukkan faktor kapasitas dari dowel dengan jarak antara 12 in, dan ini hanya berlaku untuk beban tunggal pada tepi luar dari perkerasan, dimana perkerasannya mempunyai kekakuan relative 60 in. Jika beban yang kedua diletakan pada jarak kurang dari 1,8 l dari tepi maka faktor tersebut harus dikoreksi. Misalnya beban yang kedua bekerja pada dowel yang keenam dari tepi, seperti yang ditunjukkan dengan garis putus putus pada Gambar 3, maka efektif dowel ada dua yaitu 5,004 untuk beban di A dan 8,330 untuk beban di B.



Gambar 3. Kapasitas dari susunan ruji

3.4 Keperluan batang pengikat dan tegangan ikatnya

Keperluan tulangan batang pengikat bar pada dasarnya sama dengan keperluan tulangan yang disajikan pada rumus dibawah ini, tetapi yang perlu diperhatikan disini bahwa L itu adalah lebar lajur, sehingga keperluan tulangan adalah sebagai berikut :

$$A_s = W f L d / f_s \dots \dots \dots (7)$$

dimana :

- W = berat dari pelat (psf)
- f = koefisien tahanan
- L = lebar lajur (ft)
- f_s = kuat tarik baja (psi)
- d = jarak antar batang pengikat

Tegangan ikat (the bond stress) pada batang pengikat dapat dihitung sebagai berikut :

$$u = WfLd / \Sigma o(t/2) \dots\dots\dots (8)$$

Dimana Σo = keliling batang pengikat (in)
 t = Panjang batang (in) .

IV. BEBAN LALU LINTAS DAN TEBAL PELAT PERKERASAN KAKU UMUMNYA DI INDONESIA

Beban lalu lintas yang lewat suatu jalan sangat tergantung pada banyak hal, termasuk daerah dimana jalan itu berada serta fungsinya. Pada jalan yang melayani jalur antar kota dengan fungsi yang sangat penting, beban lalu lintas serta beban sumbu dari kendaraan berat bisa jauh lebih besar dari besaran standar yang ditentukan.

Khusus untuk beban kendaraan berat, beban sumbu tunggal standar ialah 8,2 ton dan 13,6 ton untuk beban sumbu tandem standard an 18,5 ton untuk beban sumbu triple.

Berdasarkan pengujian beban sumbu kendaraan yang telah dilakukan di salah satu ruas jalan di Semarang - Demak dan Yogyakarta – Tempel, beban sumbu tunggal roda ganda bisa mencapai 17200 kg dari beban sumbu standard yang seharusnya 8200 kg, dan beban sumbu tandem mencapai 28000 kg dari beban standar yang seharusnya sebesar 13500 kg.

Tebal pelat beton yang umum dilaksanakan untuk perkerasan kaku di Indonesia berkisar antara 25 cm sampai 30 cm dengan kualitas beton setara K 350 yang mempunyai kuat tarik lentur minimum 45 kg/cm². Lapis pondasi yang dipergunakan ialah lapis pondasi beton kurus (lean concrete) dengan kuat tekan antara 75 kg/cm² sampai 100 kg/cm² dengan tebal 10 cm.

Besar beban roda akan mempengaruhi tegangan yang terjadi pada ruji sebagaimana diuraikan diatas dan tentunya beban berlebih (over load) akan mempengaruhi perencanaan ruji itu sendiri.

V. CONTOH PERHITUNGAN TEGANGAN PADA RUJI

Contoh ini menguraikan tegangan yang terjadi pada ruji akibat beban roda kendaraan yang melewatinya. Pada contoh ini, data dipilih yang sesuai dengan kondisi Indonesia seperti beban roda kendaraan, ketebalan pelat serta mutu beton perkerasan jalan serta mutu baja.

Jarak antara sumbu ke sumbu dari kedua beban tersebut ialah 6" dan letak ruji pertama 6" dari tepi. Tebal pelat 27 cm dengan mutu beton K 350 yang mempunyai kuat tarik lentur $M_R = 45 \text{ kg/cm}^2$. Lebar

sambungan susut sebesar 0,12 in. Ukuran ruji yang dipergunakan berdiameter 1".

Akan dicari tegangan pada beton di sambungan dan kecukupan ukuran ruji bila beban roda akibat beban sumbu tunggal roda ganda bekerja di titik A dan B sebagai mana terlihat pada Gambar 2 dengan besar sumbu 8200 kg (18000) pounds dan juga bila beban sumbu naik sampai 17200 kg.

Karena jarak antara roda satu dengan roda yang lainnya cukup dekat 6", serta ruji pertama terletak cukup dekat dengan tepi perkerasan hanya 6" maka bisa dianggap bahwa beban roda terletak diatas ruji pertama, yaitu dititik A.

Akan dihitung dahulu untuk beban sumbu tunggal sebesar 8200 kg dan baru diikuti oleh beban sumbu tunggal lainnya sebesar 17200 kg.

Dengan menganggap 50 % penyaluran beban, maka beban yang dipikul oleh ruji di A diakibatkan oleh beban yang terletak di A ialah $(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 8200) : 3,175 = (2050 \text{ kg} : 3,175) = 645 \text{ kg} = 1433 \text{ pounds}$. Sedangkan beban yang dipikul oleh ruji A akibat beban yang terletak di B, ialah $(2050 \text{ kg} : 5,35) (0,059) = 22,61 \text{ kg} = 49,74 \text{ pounds}$. Dengan demikian beban total yang harus dipikul oleh ruji 1483 pounds. Terlihat pada contoh ini beban di B mempunyai pengaruh yang kecil terhadap beban yang bekerja di ruji A.

Kekakuan relative dari ruji yang dipasang pada perkerasan beton ialah dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\beta = (K b / 4 E I)^{1/4} = \{(1,5 \times 10^6)(1,00) / 4(29 \times 10^6)(0,0491)\}^{1/4} = 0,716 \text{ in}$$

dimana :

K , modulus daya dukung ruji, $1,5 \times 10^6 \text{ pci}$

b , diameter ruji, 1"

E , modulus elastisitas ruji $29 \times 10^6 \text{ psi}$

I , momen inersia ruji , $0,0491 \text{ in}^4$

Lendutan pada sambungan

$$y_o = (Pt (2 + \beta z) / 4 \beta^3 E I) = \{(1483(2 + 0,716)(0,12) / 4 (0,716)^3 (29 \times 10^6)(0,0491)\} = 0,00154 \text{ in}$$

Tegangan yang bekerja pada beton pada permukaan dowel ialah sama dengan

$$\sigma = K y_o = 1.500.000 (0,00154) = 2310 \text{ psi}$$

Besar tahanan yang diijinkan untuk beton dengan mutu K350 (4030 psi), ialah :

$$f_b = \{(4-1)/3 (4030)\} = 4030 \text{ psi}$$

Terlihat bahwa tegangan yang bekerja sebesar 2310 psi masih lebih kecil dari tahanan ijin sebesar 4030 psi, sehingga ruji dengan diameter 1" masih memadai untuk pembebanan tersebut, dan ukuranya masih bisa diperkecil lagi.

Untuk beban roda yang menjadi 17200 kg, dapat dilakukan dengan cara yang sama dan didapat bahwa tegangan yang bekerja σ menjadi 4845 psi. Dengan demikian ruji berukuran 1" tidak memadai untuk beban seperti ini.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Ruji merupakan bagian penting dari perkerasan kaku yang perlu mendapat perhatian dalam penyaluran beban dari pelat yang satu ke pelat yang disebelahnya.
2. Kenaikan beban roda standar mengakibatkan keperluan ukuran ruji naik.
3. Besar beban yang bekerja pada ruji, selain tergantung pada besar beban roda juga tergantung pada jumlah dan jarak ruji yang terdapat pada daerah radius kekakuan relative pelat.
4. Perlu dilakukan pengecekan terhadap ukuran ruji standar sehubungan dengan beban berlebih pada roda kendaraan yang mungkin lewat pada jalan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clarkson H. Oglesby; Gary Hicks.R. Highway Engineering. Fourth Edition
2. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Laboratory; Concrete Roads. Design and Construction
3. Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen). Departemen Pekerjaan Umum. SKBI 2.3.28.1985
4. Perkiraan Faktor Daya Rusak Kendaraan (Vehicle Damage Factor) Pada Ruas Jalan Semarang – Demak dan Yogyakarta – Tempel Propinsi Jawa Tengah.Laporan Pengujian P.T Eskapaindo Matra bekerja sama dengan Pustrans, Balitbang Dept Kimpraswil. April 2004.
5. U.S Army Engineer School – Fort Belvoir, Virginia. Concrete and Rigid Pavements, Section III. January 1964
6. Yoder.E.J; Witczak M.W. Principles of Pavement Design

Penulis :

DR. Ir. Furqon Affandi, MSc. Ahli Peneliti Madya, serta Kepala Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Kimpraswil.