

PENGEMBANGAN PERANCANGAN PRAKTIS TEBAL PERKERASAN KAKU UNTUK LALU LINTAS RENDAH (DEVELOPMENT OF PRACTICAL DESIGN OF CONCRETE ROAD PAVEMENT THICKNES FOR LOW VOLUME ROADS)

Panji Krisna Wardana¹⁾, Nyoman Suaryana²⁾

^{1,2)} Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

^{1,2)} Jl A.H Nasution No. 264 Bandung 40294

¹⁾ e-mail: panji.krisna@pusjatan.pu.go.id, ²⁾nyomansuaryana@yahoo.com

Diterima: 2 November 2015; direvisi: 16 November 2015; disetujui: 1 Desember 2015

ABSTRAK

Seiring dengan peningkatan penggunaan jalan beton dan telah diketahui bahwa standar perencanaan jalan beton untuk lalu-lintas rendah belum ada, maka tujuan kajian ini adalah membuat perancangan tebal perkerasan kaku yang sederhana dan sesuai dengan kondisi di Indonesia. Metodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah metoda analitis dengan menggunakan metoda perancangan tebal perkerasan dari PCA (Portland Cement Assosiation). Berdasarkan hasil survey lapangan di Jawa Barat dan Jawa Tengah diperoleh bahwa Kuat tekan beton kubus yang dominan digunakan di jalan kabupaten/kota adalah 250 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 35$ Kg/cm²), 300 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 38$ Kg/cm²) dan 350 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 41$ Kg/cm²). Dari hasil simulasi perancangan diperoleh bahwa perbedaan temperatur antara sisi atas dan bawah pelat terlihat cukup berpengaruh, penambahan ketebalan untuk setiap penambahan 1°C adalah antara 5–7 mm. Mutu beton juga berpengaruh pada besarnya penambahan ketebalan perkerasan kaku, untuk setiap penambahan nilai kuat tekan beton 100 Kg/cm², maka ketebalan akan berkurang sekitar 1,6 mm. Nilai beban maksimum (MST) mempengaruhi tebal perkerasan beton, yaitu dengan penambahan tebal perkerasan beton sekitar 4 cm dapat menaikkan MST sebesar 4 ton. Dalam desain yang diusulkan, kelas jalan dibagi menjadi 3 kelompok dan CBR tanah dasar ditetapkan minimum 6 %. Sementara kuat tekan beton yang digunakan adalah K250 untuk jalan desa/pemukiman, K300 untuk jalan lokal/kolektor serta K350 untuk jalan daerah industri. Ketebalan jalan beton yang diperoleh berturut-turut adalah 15 cm, 20 cm dan 23 cm.

Kata kunci: jalan beton, lalu-lintas rendah, perancangan tebal, kuat tekan beton, CBR

ABSTRACT

Along with the increased use of concrete road and it is known that the Indonesian standard for design thickness of concrete pavements for low volume roads does not exist, then the aims of this study is to provide a guide for designing for low volume road applications, which is considering the local resources and climatic. The methodology used in this study is analytical method by using PCA (Portland Cement Assosiation) procedures of thickness design for concrete pavements. Based on the results of the feld survey on west and central Java are obtained that most municipal/city concrete roads are using the compressive strength of concrete cubes are 250 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 35$ Kg/cm²), 300 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 38$ Kg/cm²) and 350 Kg/cm² ($S'_{c\ 28} = 41$ Kg/cm²). From design simulation its obtain that temperature differential in slab, between the top and bottom of slab looks quite influential, the differential of 1°C will increase slab thickness between 5–7 mm. The quality of the concrete also effect on the concrete thickness, for each increasing of concrete compressive strength 100 Kg/cm², the thickness will be reduced approximately 1.6 mm. The maximum legal limit on single axle with dual whell will affect the thick concrete road, i.e. the addition of about 4 cm thick for increasing load limit by 4 tonnes. In the purposed of design, traffic volume are divided into 3 groups and the strength of subgrade is expressed in terms of soaked CBR with the minimum value of 6%. While compressive strength of concrete used is a village road is K250, and for local/collector road using K300, as well as for the road in industry area using K300. The thickness of the concrete slab obtained are 15 cm, 20 cm and 23 cm respectively.

Keywords: concrete road, low volume, thickness design, compressive strength, CBR

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang mempunyai peran yang sangat strategis dalam bidang ekonomi, sosial, budaya dan hankam. Indonesia memiliki kurang lebih 488.181 km ruas jalan yang secara administratif terdiri atas, Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan kabupaten/Kota. Sepanjang 47.017 km merupakan Jalan Nasional, 978 km jalan tol, 47.666 km Jalan Provinsi dan 392.521 km Jalan kabupaten/Kota (Bina Marga 2015). Berdasarkan data tersebut, panjang jalan kabupaten/Kota mencapai kurang lebih 80 % dari panjang jalan di Indonesia. Jalan kabupaten/Kota didominasi oleh jalan dengan volume lalu lintas yang rendah (*low volume roads*), bahkan pada beberapa ruas Jalan Nasional, beberapa ruas masih dapat dikategorikan sebagai jalan dengan lalu lintas rendah.

Teknologi jalan lalu lintas rendah khususnya untuk jalan dengan perkerasan kaku (jalan beton) belum banyak dikembangkan di Indonesia. Teknologi untuk perkerasan kaku di Indonesia yang telah dibuat umumnya dibatasi untuk lalu lintas sedang dan berat yaitu diatas jalan yang dilewati beban ekuivalen lebih dari 1 juta ekivalen beban sumbu tunggal (ESAL, *Equivalent Single Axle Load*) selama umur rencana, seperti yang diatur dalam Pedoman Perancangan Perkerasan Kaku bersambung tanpa tulangan (Pusjatan 2015). Dengan demikian teknologi jalan lalu lintas rendah dengan beban di bawah 1 juta ESAL selama umur rencana belum terstandarkan di Indonesia.

Perkembangan terkini dari jalan-jalan di Indonesia, khususnya jalan kabupaten/Kota telah banyak menggunakan perkerasan kaku. Alasan penggunaannya adalah karena harga konstruski jalan perkerasan kaku bersaing dengan jalan aspal dan jalan perkerasan kaku dianggap lebih tahan terhadap air. Perkerasan jalan beton menawarkan alternatif untuk pengganti perkerasan aspal pada daerah yang mempunyai dukung tanah yang rendah, harga agregat mahal dan kondisi drainase yang buruk (IRC 2014).

Seiring dengan peningkatan penggunaan perkerasan kaku untuk lalu lintas rendah di Indonesia, maka tujuan tulisan ini adalah

membuat kajian perancangan tebal perkerasan kaku yang sesuai dengan kondisi di Indonesia.

KAJIAN PUSTAKA

Struktur perkerasan untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat dibagi menjadi 3 kategori (AASHTO 1993), yaitu:

- a. Jalan kerikil
- b. Perkerasan lentur
- c. Perkerasan kaku

Menurut AASHTO (1993), volume lalu lintas yang rendah (*low volume roads*) adalah jalan yang akan dilewati beban lalu lintas kurang dari 1 juta ESAL selama umur rencana. Pada beban lalu lintas 700,000–1.000.000 ESAL, disarankan menggunakan struktur perkerasan lentur atau kaku.

Sementara menurut Perrie (2009) (CCI, *Cement & Concrete Institute*) volume lalu lintas yang rendah didefinisikan sebagai jalan dengan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) kurang dari 1000 kendaraan dengan kendaraan komersial kurang dari 30 % dan kendaraan berat (lebih dari 4 roda) kurang dari 15 %, dan sangat sedikit kendaraan dengan beban gandar tunggal melebihi 8,2 Ton.

Batasan lain yang digunakan antara lain adalah volume lalu lintas harian kendaraan niaga LHR_N (Lintas Harian Rata-Rata Kendaraan Niaga) lebih kecil dari 450 (Indian Road Congress 2014). Dimana LHR_N adalah kendaraan komersial dengan beban gandar lebih dari 50 kN (5 ton) dan kurang dari 100 kN (10 ton).

Pedoman perkerasan kaku untuk jalan yang melayani lalu lintas rencana lebih dari satu juta sumbu kendaraan niaga, diantaranya ialah Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd T-14-2003. Pedoman ini merupakan penyempurnaan Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Tahun 1985–SKBI 2.3.28.1985, sehingga para Perencana mempunyai pegangan dalam melakukan perencanaan perkerasan beton semen di Indonesia. Pedoman ini merupakan adopsi dari AUSTROADS, *Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements* (1992).

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan dua titik yang besarnya secara tipikal sekitar 30–50 Kg/cm².

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen Pd T-14-2003, didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Pada tahun 2015, Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd T-14-2003 direvisi, yang sampai dengan saat ini masih dalam proses persetujuan. Acuan yang digunakan tidak lagi AUSTROADS (1992), *Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements*, melainkan AASHTO (1993), *Design of Pavement Structure*. Namun pedoman tersebut masih sama dengan yang sebelumnya, yaitu untuk lalu-lintas sedang dan berat (lebih besar dari 1 juta ESA) dan menggunakan mutu beton yang tinggi (minimum 38 Kg/cm²).

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) mempunyai metoda tersendiri dalam perencanaan perkerasan beton untuk lalu lintas rendah. Metoda yang dikeluarkan oleh NCHRP mempunyai persamaan dengan metoda desain yang dikeluarkan oleh AASHTO. Asumsi desain yang digunakan oleh NCHRP dalam perencanaan perkerasan beton lalu lintas rendah adalah:

- a. Semua desain berdasar pada kebutuhan struktural untuk analisa desain selama masa layan 20 tahun. Lalu lintas yang diasumsikan adalah 50.000, 250.000, dan 750.000 truk / bis selama masa layan.
- b. Perencanaan desain berdasar pada tingkat reliability 50 atau 75 %, yang mana hal ini adalah tingkat reliabiliti yang biasa digunakan untuk jalan berlalu lintas rendah.
- c. Desain yang disediakan oleh NCHRP adalah untuk dua kondisi iklim negara Amerika Serikat. Iklim bagian utara Amerika dan iklim bagian selatan Amerika.
- d. Desain disediakan untuk 5 kualitas tanah dasar yaitu sangat baik, baik, cukup, buruk, sangat buruk.

- e. Rentang tebal beton pada desain perkerasan kaku pada metoda ini adalah dari 13 hingga 19 cm.
- f. Apabila menggunakan lapis fondasi bawah, material berbutir, yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dengan ketebalan 12,5 cm
- g. Nilai rata-rata kuat tarik lentur berkisar antara 45 Kg/cm² (pada umur 28 hari)
- h. Jarak antara sambungan melintang tergantung pada tebal pelat, jarak sambungan melintang didekati dengan persamaan sebagai berikut: Jarak antara sambungan (ft) = Tebal pelat (*inch*) x 2. Contohnya : Tebal pelat adalah 6 in (15 cm) maka membutuhkan jarak antar join maksimum adalah 12 ft (3,65 m).

IRC (*Indian Road Congress*), telah membuat pedoman perencanaan perkerasan kaku untuk lalu-lintas rendah, yang dikelompokkan menjadi :

- a. Lalu lintas di bawah 50 CVPD (*Comercial Vehicle per Day*) atau LHR_N (Lintas Harian Rata-rata Kendaraan Niaga), dengan parameter yang berpengaruh adalah beban kendaraan 50 kN.
- b. Lalu lintas dengan LHR_N antara 50 hingga 150, dengan parameter beban kendaraan 50 kN dan juga faktor perbedaan suhu antara sisi atas dan bawah pelat.
- c. Lalu lintas dengan LHR_N di atas 150, parameter yang berpengaruh ditambah dengan faktor *fatigue* yang lebih dominan.

Untuk konstruksi jalan pedesaan, direkomendasikan kuat tekan 28 hari minimal mencapai 300 Kg/cm² dan untuk kuat lentur tidak kurang dari 38 Kg/cm².

ACI (*American Concrete Institute*), membuat pedoman jalan beton untuk lalu-lintas rendah dengan menggunakan metoda PCA, dan dengan parameter sebagai berikut :

- a. Nilai rata-rata kuat tarik lentur berkisar antara 34 – 48 Kg/cm²
- b. Beban lalu lintas, meliputi :
 - Jalan Permukiman Rendah, 20-30 rumah. Jalan-jalan permukiman melayani lalu lintas ke dan dari beberapa rumah (20 sampai 30). Lalu lintas volume rendah, LHR kurang dari 200 dengan LHR_N 2–4 truk dua as enam ban dan lebih.
 - Jalan Permukiman >300 rumah. Volume lalu lintas harian permukiman LHR

berkisar 200-1000 dengan LHR_N dari 10–50. Beban maksimum untuk jalan-jalan ini adalah 98 kN (22 kip) as roda tunggal dan 150 kN (34 kip) as roda tandem.

- Jalan kolektor, volume lalu lintas harian (LHR) antara 1000–8000 dengan LHR_N antara 50 hingga 500. Truk menggunakan jalan ini umumnya memiliki beban as tunggal maksimum 115 kN (26 kips) dan beban tandem-axle maksimum 200 kN (44 kip).
- Jalan industri. Jalan industri menyediakan akses ke daerah industri. Total volume lalu lintas masih termasuk *low volume road* tapi persentase beban berat yang tinggi. LHR sekitar 2.000–4.000 dengan LHR_N antara 300–800. Beban gandar maksimum as tunggal lebih berat yaitu 133 kN (30 kip) dan beban as roda tandem 230 kN (52 kip) as roda tandem.

Dalam merencanakan tebal perkerasan kaku dengan Pedoman Perancangan Perkerasan Kaku bersambung tanpa tulangan (Pusjatan, 2015), perencanaan tersebut mengacu pada AASHTO 1993, penggunaan kuat tarik lentur, S'_c , adalah antara 600–700 psi (41,3–46,8 Kg/cm^2) sehingga untuk mutu yang lebih rendah tidak dapat digunakan.

HIPOTESIS

Penyederhanaan perancangan tebal perkerasan dengan membagi beban lalu-lintas dalam 3 kelompok dan menggunakan kuat tarik lentur beton yang rendah ($S'_{c\ 28} = 35\ Kg/cm^2$, $S'_{c\ 28} = 38\ Kg/cm^2$, dan $S'_{c\ 28} = 41\ Kg/cm^2$) dapat dilakukan dengan suatu katalog perencanaan.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah metoda analitis, yaitu dengan melakukan perancangan tebal perkerasan dengan memasukkan faktor kemampuan sumber daya yang ada, seperti kemampuan pencapaian besaran kuat tekan dan kondisi drainase di Indonesia, khususnya untuk jalan-jalan dengan lalu-lintas rendah.

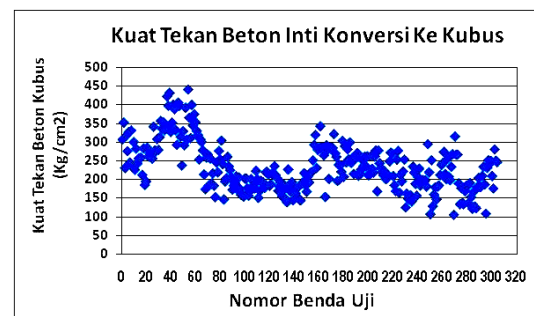
Metoda analisa yang digunakan mengacu pada metoda PCA (*Portland Cement Assosiation*) : *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavement*, 1995.

Kajian dimulai dari survey lapangan untuk melihat kuat tekan beton dan agregat lapis fondasi yang digunakan serta kondisi perkerasan. Selanjutnya dari kondisi lapangan tersebut dibuat simulasi perhitungan dengan metoda PCA untuk menghasilkan Desain perencanaan perkerasan kaku yang sederhana.

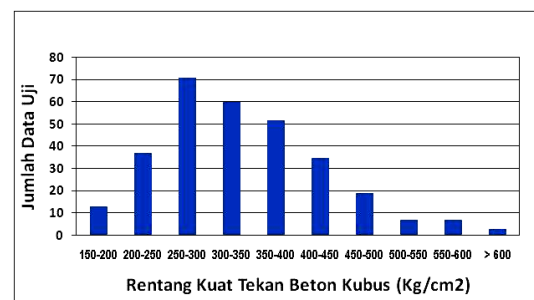
HASIL DAN ANALISIS

Pengujian kuat tekan beton

Untuk mengetahui penggunaan mutu beton yang umum digunakan untuk pekerjaan pembuatan jalan dengan perkerasan kaku, maka dilakukan pengumpulan data hasil-hasil pengujian yang telah dilaksanakan di Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Jumlah sampel 300 buah dan lokasi di jalan Kabupaten/kota di Jawa Barat dan Banten. Dari hasil pengumpulan data tersebut dilakukan analisis dan diperoleh sebaran data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Kuat Tekan Beton Inti Konversi ke Kubus terhadap 300 sampel uji



Gambar 2. Kuat Tekan Inti Beton Konversi ke Kubus terhadap 300 sampel uji

Pengujian temperatur

Berdasarkan dari hasil penelitian di Pusat Litbang Jalan dan Jembatan diperoleh bahwa (lihat Gambar 3.):

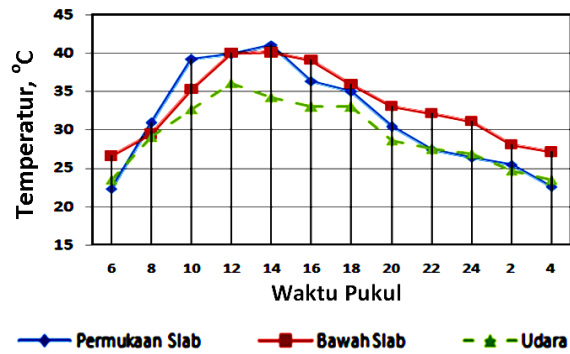
- Temperatur permukaan perkerasan kaku di Buntu (Jawa Tengah) tertinggi dan terendah di Buntu, temperatur permukaan terjadi antara 22°C dan 42°C, di bawah pelat antara 26°C dan 40°C, udara antara 24°C dan 36°C.
- Gradien temperatur permukaan dan di bawah pelat bervariasi antara siang dan malam. Pada siang hari antara 0°C dan 5°C, dan malam hari antara 1°C dan 5°C. Pada petang dan malam hari, temperatur bawah relatif lebih tinggi dari pada di permukaan.

Survey penerapan jalan beton

Survey lapangan pada kegiatan penelitian teknologi perkerasan kaku untuk lalu lintas rendah dilakukan untuk mendapatkan data-data kondisi eksisting perkerasan kaku yang telah diaplikasikan di beberapa daerah. Data-data yang diperoleh dari survey instansional

meliputi: data lalu lintas, mutu beton, tebal perkerasan, dan data desain.

Sedangkan survey lapangan dilakukan dengan cara visual dan melakukan pengukuran secara manual terhadap elemen-elemen dan kondisi lingkungannya. Hasil survey penerapan teknologi jalan beton untuk lalu lintas rendah diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Fluktuasi Temperatur Perkerasan dan Udara di Lokasi Uji coba Skala Penuh, Buntu-Kebumen (Dahlan, 2012)

Tabel 1. Data Teknis Jalan Beton di Jawa Barat dan Jawa Tengah

No.	Lokasi Kab. / Kota	Ruas Jalan	Panjang (km)	Lebar (m)	Tebal (cm)	Mutu Beton Kg/cm ²	Tahun Pembuatan	LHR	
1	Kab. Kudus	Undaan - Ngemplek	5	4.5	20	300	2012	Sedang	
2		Lingkungan Undaan	2	3	15	250	2010	Rendah	
3		Gulang - Payaman	2	4	20	300	2013	Sedang	
4		Lingkar - Peganjaran	1	4.5	25	350	2015	Berat	
5		UMK Darusalam	1	4.5	25	350	2015	Berat	
6	Kab. Demak	Nurcahya	2	5.5	20	300	2011	Sedang	
7		Demak - Bonang	6.7	5.5	20	300	2008	Sedang	
8		Bonang - Muro	9	4	20	300	2013	Sedang	
9		Kali Kondang	7	4	20	300	2013	Sedang	
10		Karangrejo - Demak	6	4	20	300	2012	Sedang	
11	Kota Semarang	Simpangan - Gn. Pati	2x3,5	7	20	300	2015	Sedang	
12		Tlogosari - Bangetayu	4	4.5	20	300	2013	Sedang	
13		Atmodirono	3	9	20	300	2014	Sedang	
14		Dipenogoro	7	4	20	300	2013	Sedang	
15		Woltermongonsidi	1.2	2x6	25	350	2015	Industri	
16	Kota Salatiga	Tingkir - Baruan	2	6	30	350	2015	Berat	
17		Arimbi	0.6	7	30	350	2013	Berat	
18	Kab. Bogor	Jalan Raya Cibinong		4.6	20	300		Sedang	
19		Jalan Pertanian		4.6	20	300		Sedang	
20		Jalan Ragajaya			4.6	20	300		Sedang
21		Jalan Kali Putih	3	3	15	250	2014	Rendah	
22		Jalan Desa B Madang	3	4-4.5	15	250	2015	Rendah	
23		Jalan Desa Batu	1	3	15	250	2014	Rendah	

Perancangan tebal perkerasan

Konsep desain yang digunakan dalam perancangan tebal perkerasan kaku untuk *low volume road* adalah mengikuti metode Portland Cement Association (PCA), yaitu berdasarkan buku pedoman “*Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements – PCA, 1984*”.

Salah satu peraturan yang mengadopsi metode PCA adalah “*Guidelines For Design And Construction Of Cement Concrete Pavements For Low Volume Roads*”, *Indian Roads Congress – IRC: SP:62-2014*, yang berlaku untuk jalan volume rendah dengan rata-rata lalu lintas harian kurang dari 450 LHR_N.

Desain ketebalan perkerasan kaku beton ditentukan oleh 4 faktor desain (PCA,1984) :

- Kuat Tarik Lentur beton, S'_c , Kg/cm²
- Kekuatan tanah dasar berupa Modulus reaksi tanah dasar/*Modulus of sub-grade reaction*, atau kekuatan kombinasi tanah dasar dan pondasi bawah/ *sub-base*, *k-value*, Kg/cm²/m
- Lalu lintas kendaraan, berupa berat, frekuensi dan jenis gandar.
- Desain periode, desain prosedur perkerasan biasanya diambil selama periode 20 tahun, tapi dimungkinkan lebih atau kurang.

Kuat tarik lentur beton dapat didekati dari kuat tekan beton karakteristik kubus 28 hari dengan persamaan sebagai berikut (IRC 2014) :

$$S'_c = 3,13 K (f_{ck})^{0.5} \dots\dots\dots 1)$$

dimana :

S'_{c28} = Kuat tarik lentur beton (*flexural strength*), Kg/cm²

f_{ck} = Kuat tekan karakteristik kubus, Kg/cm²

K = 0,7

Untuk jalan dengan volume rendah, disarankan kekuatan beton pada umur 90 hari digunakan untuk desain ketebalan perkerasan kaku, karena beton terus mendapatkan kekuatan dengan bertambahnya waktu. Untuk umur beton 90 hari kekuatan lentur diambil sebagai 1,10 kali kekuatan lentur pada umur 28 hari

atau seperti yang ditetapkan dari pengujian laboratorium.

Berdasarkan data pengujian beton inti dan hasil survey lapangan, pada penelitian ini kuat tekan beton direncanakan antara K250 sampai dengan K350.

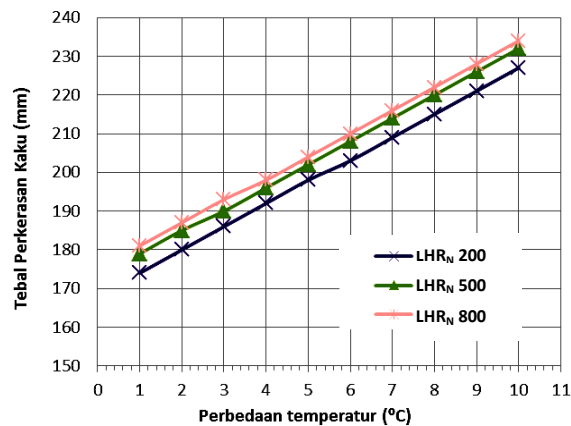
Kekuatan *sub-grade* dinyatakan dalam modulus reaksi *sub-grade* (k). Perkiraan nilai k yang sesuai dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR).

Kekuatan *sub-base* dinyatakan dalam modulus reaksi *sub-base* (k), nilai modulus reaksi *sub-base* (k) tersebut merupakan nilai komposit dengan nilai modulus reaksi *sub-grade*.

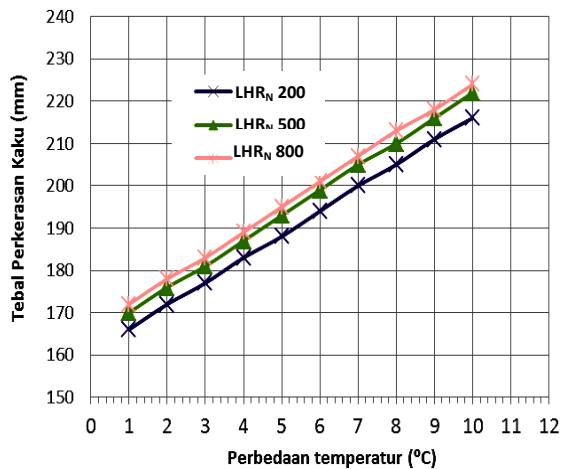
Rata-rata jumlah lalu lintas harian kendaraan niaga dinyatakan dalam LHR_N.

Pengaruh temperatur

Untuk mengetahui perilaku/sensitifitas perbedaan temperatur pada pelat beton sisi bawah dengan sisi atas, maka dilakukan analisa dengan menggunakan metoda PCA. Hasilnya diperlihatkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



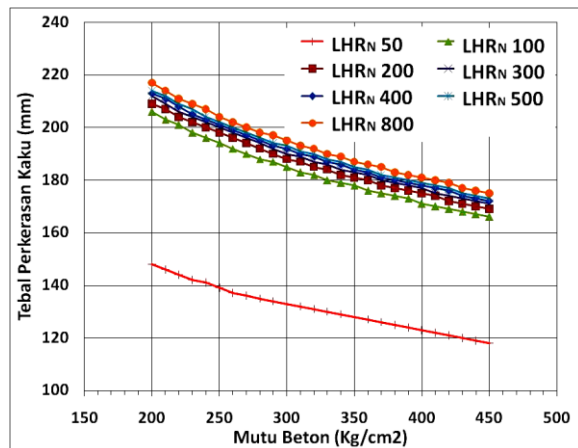
Gambar 4. Hubungan antara perbedaan temperatur sisi atas dan bawah pelat dengan tebal perkerasan untuk beberapa beban lalu-lintas, mutu beton K 250



Gambar 5. Hubungan antara perbedaan temperatur sisi atas dan bawah pelat dengan tebal perkerasan untuk beberapa beban lalu-lintas, mutu beton K 300

Pengaruh kuat tekan beton

Kuat tekan beton akan mempengaruhi perancangan ketebalan perkerasan jalan beton. Untuk menghitung pengaruh kuat tekan beton tersebut digunakan metoda PCA dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 6.



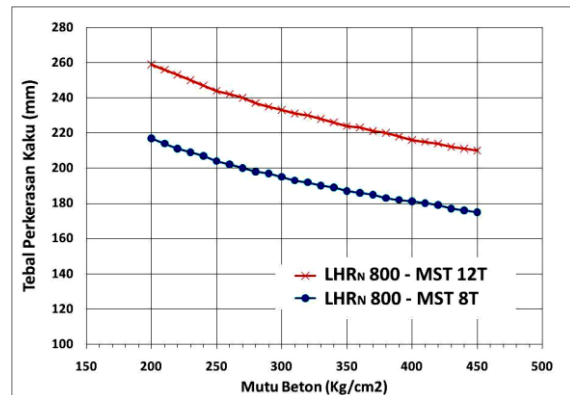
Gambar 6. Hubungan antara kuat tekan beton (kubus) dengan tebal perkerasan untuk beberapa beban lalu-lintas

Pengaruh muatan sumbu terberat

Berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan, telah ditetapkan Muatan Sumbu Terberat (MST) adalah 8 ton untuk jalan kelas

II dan kelas III, sementara untuk jalan kelas I MST 10 ton dan dan jalan kelas khusus lebih besar atau sama dengan MST 10 ton.

Jalan kelas khusus seperti pada daerah industri, dilihat dari volume lalu-lintasnya dapat dikategorikan sebagai jalan dengan lalu-lintas rendah (*low volume roads*), namun mempunyai MST 10 atau 12 ton. Pengaruh dari nilai MST tersebut diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh muatan sumbu terberat terhadap tebal perkerasan untuk beberapa mutu beton (Kubus)

Hasil rancangan tebal perkerasan

Hasil rancangan tebal perkerasan kaku diperlihatkan pada Tabel 2. Kondisi tanah dasar dibuat bervariasi mulai dengan CBR 2 % sampai dengan 10 %. Tanah dasar dengan nilai CBR yang lebih kecil dari 2 % memerlukan penanganan khusus terlebih dahulu.

Kuat tekan beton kubus yang digunakan adalah K250, K300 dan K350 Kg/cm². Asumsi yang digunakan dalam pemilihan mutu beton ini adalah kemampuan daerah untuk menghasilkan kualitas beton dengan hanya menggunakan beton molen (beton *mixer* kapasitas sekitar 0,5 m³).

Untuk daerah industri diperkirakan sudah tersedia beton *batching plant* sehingga mutu beton K350 atau lebih akan dapat dicapai. Pemilihan mutu beton ini juga sesuai dengan hasil survey lapangan yang menunjukkan mutu beton tersebut sudah umum dipakai untuk jalan beton di pemukiman atau jalan kabupaten/kota.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan Jalan Beton dengan *Sub Base* 15 cm dan umur rencana 20 tahun

Klasifikasi Jalan		CBR 2%			CBR 4%			CBR 6%			CBR 10%		
		K250	K300	K350	K250	K300	K350	K250	K300	K350	K250	K300	K350
Desa/ Pemukiman	LHR _N < 50	150	144	-	145	139	-	142	137	-	140	136	-
	LHR _N 50	199	189	-	193	185	-	190	181	-	189	180	-
Lokal	LHR _N 100	203	192	-	196	188	-	194	185	-	193	184	-
	LHR _N 150	205	194	-	198	190	-	196	187	-	195	186	-
	LHR _N 200	206	196	-	200	191	-	198	188	-	197	187	-
Kolektor	LHR _N 300	208	197	-	202	193	-	200	190	-	199	189	-
	LHR _N 400	209	199	-	203	194	-	201	192	-	200	191	-
	LHR _N 500	210	199	-	204	195	-	202	193	-	201	192	-
	LHR _N 600	211	200	-	205	196	-	203	194	-	202	193	-
	LHR _N 700	212	200	-	206	196	-	204	194	-	203	193	-
	LHR _N 800	212	200	-	207	197	-	204	195	-	203	194	-
Jalan Khusus	LHR _N 800	-	242	233	-	237	228	-	234	225	-	233	224

Berdasarkan hasil kajian, dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa nilai maksimum perbedaan temperatur tertinggi adalah 5°C, nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis perhitungan ketebalan perkerasan kaku.

Dalam perhitungan volume lalu lintas, rata-rata jumlah lalu lintas harian rata-rata kendaraan niaga dinyatakan dalam LHR_N dimana kendaraan niaga adalah kendaraan dengan berat total 5 ton atau lebih. Pengaruh beban berulang (*fatigue*) diperhitungkan untuk LHR_N > 50 dengan asumsi volume kendaraan dengan beban maksimum yang melalui jalan bervolume rendah adalah 10%.

Pada perancangan tebal perkerasan kaku, dipilih penggunaan lapisan yang didasarkan pada kondisi iklim di Indonesia yang mempunyai curah hujan yang tinggi, sehingga diperlukan lapisan agregat yang dapat berfungsi sebagai lapisan drainase. Ketebalan *sub-base* diambil 150 mm dengan nilai CBR lebih besar dari 60 %. Desain perioda diambil 20 tahun dengan pertumbuhan lalu-lintas diperkirakan 5%.

PEMBAHASAN

Parameter desain

Mutu beton yang umum digunakan di daerah untuk jalan Kabupaten/Kota dan Propinsi, berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 adalah Kuat Tekan Inti Beton yang di

konversikan ke Kubus yaitu Mutu beton dengan rentang 200–250 Kg/cm² dan 250–300 Kg/cm² dan 300–350 Kg/cm².

Hasil survey terhadap kondisi eksisting di beberapa jalan Kabupaten/ Kota (lihat Tabel 1), menunjukkan tebal perkerasan beton umumnya dapat dikelompokkan sesuai dengan beban lalu-lintasnya, menjadi 3, yaitu 15 cm untuk lalu-lintas rendah, 20 cm untuk lalu lintas sedang dan 25–30 cm untuk lalu lintas berat atau daerah industri. Mutu beton yang digunakan mulai dari K250, K300 dan K350 yang dihubungkan juga dengan beban lalu-lintas yang akan dilayani. Di kabupaten Kudus dan Demak dengan pertimbangan kondisi tanah dasar yang kurang baik, maka ditambahkan tulangan U32 dengan Diameter 13 mm dan jarak antara 25-50 cm.

Perbedaan temperatur antara sisi atas dan bawah pelat terlihat cukup berpengaruh. Berdasarkan hasil analisis (lihat Gambar 4 dan Gambar 5) menunjukkan besarnya penambahan ketebalan perkerasan kaku untuk setiap penambahan 1°C adalah sebesar antara 5-7 mm.

Pada Gambar 6, terlihat grafik untuk LHR_N di bawah 50 terlihat berbeda jauh. Menurut IRC (2014) untuk beban lalu-lintas dengan LHR_N di bawah 50, maka evaluasi yang dilakukan hanya akibat pengaruh tegangan maksimum 40 kN. Pengaruh beban berulang (*fatigue*) diabaikan, karena beban berat sangat jarang lewat.

Selain itu, mutu beton sangat berpengaruh terhadap penambahan tebal perkerasan, dari Gambar 6 tersebut terlihat besarnya penambahan ketebalan perkerasan kaku untuk setiap penambahan 100 Kg/cm² adalah sebesar ± 1,6 mm. Dengan demikian penambahan mutu beton berpengaruh terhadap penurunan ketebalan perkerasan kaku untuk *low volume road*.

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa dengan adanya peningkatan nilai MST akan menyebabkan penambahan tebal perkerasan beton sekitar 4 cm untuk kenaikan MST sebesar 4 ton, untuk LHR_N sebesar 800 dengan umur rencana 20 tahun.

Pengembangan desain

Dengan mempertimbangkan aspek kemudahan perencanaan dan kemudahan pelaksanaan, maka hasil perancangan pada Tabel 2 dapat disederhanakan seperti diperlihatkan pada Tabel 3 Nilai CBR yang digunakan adalah CBR 6 % sesuai dengan dokumen spesifikasi umum, yang selalu mensyaratkan nilai CBR tanah dasar minimum 6 %. Angka-angka yang digunakan pada Tabel 3 telah dibulatkan ke angka 0,5 cm ke atas. Pengaruh temperatur pada perkerasan kaku telah diperhitungkan dalam penyusunan Katalog desain (Tabel 3). Khusus untuk jalan kelas khusus/ industri batasan MST yang diijinkan adalah 12 Ton, sementara yang lain tetap menggunakan MST 8 ton.

Tabel 3. Katalog Desain

KRITERIA JALAN		TEBAL PERKERASAN KAKU (mm)		
		CBR 6 %		
Fungsi Jalan	LHR _N	K250	K300	K350
Desa/ Pemukiman	LHR _N < 50	150	-	-
Lokal dan Kolektor	50 < LHR _N < 800	150	200	-
Industri	LHR _N < 800 (12T)	150	-	230

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang telah dibahas sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa kelas jalan untuk lalu lintas rendah dibagi menjadi 3 kelompok yaitu jalan desa/pemukiman, jalan lokal/kolektor serta jalan kelas khusus. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan hasil survey lapangan menunjukkan mutu beton yang dominan digunakan di jalan kabupaten/kota adalah kuat tekan beton 250 Kg/cm², 300 Kg/cm² dan 350 Kg/cm² dengan perkiraan nilai kuat tarik lenturnya masing-masing sebesar $S'_{c28}=35$ Kg/cm², $S'_{c28}=38$ Kg/cm², dan $S'_{c28}=41$ Kg/cm². Dalam desain ditentukan CBR tanah dasar minimum 6 %. Serta untuk mutu beton yang digunakan dalam perencanaan adalah K250 untuk jalan desa/pemukiman, K300 untuk jalan lokal/kolektor serta K350 untuk jalan kelas khusus. Ketebalan jalan beton berturut-turut adalah 150 mm, 200 mm dan 230 mm.

Saran

Saran yang dapat diberikan untuk melengkapi hasil pengkajian ini adalah diperlukannya pengujian terhadap keandalan hasil desain dengan uji coba skala lapangan dengan menggunakan alat APT (*Accelerated Pavement Testing*) untuk menguji konsep pedoman perencanaan tebal perkerasan beton untuk lalu lintas rendah. Serta untuk memperkaya data *differential temperature*, maka perlu dibuat kajian temperatur di beberapa daerah, sehingga dapat membuat zona untuk berbagai daerah sehingga diperoleh data *differential temperature* yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Pusat litbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Kementerian PUPR yang telah memberikan dana dan fasilitas pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, USA
- American Concrete Institute. 2013. ACI 325.12R-02: Guide for Design of Jointed Concrete Pavements and Local Roads
- AUSTROADS. 1992. *Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements*, AUSTROADS, Australia.
- Bina Marga. 2015. *Overview Rencana Pengembangan Jalan di Indonesia*, Bahan Presentasi, Ditjen Bina Marga Kementerian PUPR, Jakarta.
- Dahlan AT. 2012. *Monitoring dan Evaluasi Perkerasan Beton Semen*, Laporan Penelitian, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung
- Indian Roads Congress. 2014. IRC:SP:62-2014: *Guidelines For Design And Construction Of Cement Concrete Pavement For Low Volumen Roads*, Indian Roads Congress, New Delhi.
- Indian Roads Congress. 2011. IRC:58/2011: *Guidelines For The Design of Plain Jointed Rigid Pavement For Highways*. Indian Roads Congress, New Delhi.
- National Cooperative Highway Research Program. 2004. *Guide for Mechanistic-Empirical Design Of New and Rehabilitated Pavement Structures Part 4. Low Volume Roads*, NCHRP Program Report, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Perrie B. 2009. *Low-Volume Concrete Roads*, Cement and Concrete Institute (CCI), South Africa
- Portland Cement Association. 1995. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavement*, Portland Cement Assosiation (PCA), USA
- Pusjatan. 2003. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Pd T – 14 – 2003*, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan), Balitbang Kementerian PUPR, Bandung
- _____. 2015. *Pedoman Perancangan Perkerasan Kaku bersambung tanpa tulangan*, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan), Balitbang Kementerian PUPR, Bandung