

PENGARUH VARIASI TEBAL DAN MUTU BETON TERHADAP RESPON STRUKTURAL PERKERASAN KAKU: STUDI KASUS PENDEKAT SIMPANG *RING-ROAD* UTARA YOGYAKARTA

Mizan Qisthi¹, Berlian Kushari²,

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: qisthimizan@gmail.com

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

Email: bkushari@uii.ac.id

Abstract

Flexible pavement applied on intersection approaches traversed by heavy traffic often suffer earlier damage than that on the straight segments of the road. This is due to the increased traffic loading time which softens pavement's stiffness modulus. To deal with this problem, flexible pavement on intersection approaches is often replaced with rigid pavement structure. This paper presents Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP) design for eastern approach of Northern Ringroad – Seturan Highway Intersection at Sleman, Yogyakarta. The Indonesian Pd T-14-2003 design code for Cement Concrete Pavement Design was used to calculate thickness and joint design requirements. Based on the code, concrete slab qualifies as K400 with a thickness of 24 cm passed the fatigue and erosion criteria for 20-year design life and hence proposed. Subsequently, the effects of low construction quality were studied. Reduced concrete quality (K300 and K350) and thickness (23, 22, 21, and 20 cm) were related to slab maximum stresses, maximum corner deflections, cracking index, and reduced design life. The analysis was conducted using mechanistic-empirical approach with KENSLABS software.

Keywords: design life, KENSLABS, pavement damage, pavement performance, rigid pavement

Abstrak

Perkerasan lentur pada bagian pendekat simpang yang dilalui lalu lintas kendaraan berat sering kali mengalami kerusakan lebih cepat dibandingkan pada bagian ruas jalan. Hal ini terjadi karena meningkatnya waktu pembebanan yang melemahkan modulus kekakuan perkerasan. Untuk mengatasi hal ini, perkerasan lentur pada pendekat simpang dapat diganti menjadi perkerasan kaku. Makalah ini menyetengahkan perancangan perkerasan kaku jenis JPCP pada pendekat Timur Simpang Ringroad Utara – Jalan Raya Seturan, Sleman Yogyakarta. Pedoman Petunjuk Perencanaan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003 digunakan untuk menghitung tebal dan perancangan sambungan. Berdasarkan pedoman tersebut, mutu beton K400 dengan tebal 24 cm mampu memenuhi persyaratan kerusakan fatik dan erosi untuk umur rencana 20 tahun. Selanjutnya, untuk mengantisipasi buruknya mutu pekerjaan konstruksi dipelajari dampak dikurangnya mutu beton (K300 dan K350) maupun tebal rencana (23, 22, 21, dan 20 cm) terhadap parameter tegangan maksimum, lendutan pojok maksimum, *cracking index*, dan reduksi umur disain (*design life*). Analisis dilakukan dengan pendekatan mekanistik-empiris menggunakan perangkat lunak KENSLABS.

Kata Kunci: KENSLABS, kerusakan perkerasan, perkerasan kaku, performa perkerasan, umur rencana

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar (*subgrade*). Tujuan utama dari dibangunnya perkerasan adalah untuk memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur layanan cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum.

Pada simpang bersinyal kondisi perkerasan cenderung lebih cepat terjadi kerusakan dan sering terjadi panjang antrian kendaraan yang berpengaruh pada lama waktu pembebanan (*time of loading*). Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban dan repetisi beban merupakan salah satu penyebab kerusakan perkerasan lentur. Panjang antrian yang didominasi oleh kendaraan berat dan beban kendaraan yang relatif statis berpengaruh pada lamanya waktu pembebanan. Karena aspal memiliki sifat *visco-elastis*, yakni tergantung terhadap temperatur dan waktu pembebanan. Ketika temperatur meningkat dan waktu pembebanan bertambah menyebabkan nilai modulus kekakuan aspal menurun.

Beban kendaraan yang relatif besar dan arus lalu lintas yang semakin padat menjadi alasan utama pemilihan jalan beton. Terlebih lagi strukturnya yang lebih kuat, awet, bebas perawatan serta nilai modulus elastisitasnya relatif stabil dan tinggi. Dalam makalah ini penulis mencoba untuk mengetahui karakteristik jalan beton, material apa saja yang digunakan, metode sambungan, penulangan, dan pengaruh reduksi tebal dan mutu beton terhadap respon struktural perkerasan kaku di lapangan dengan studi kasus pada pendekatan timur simpang *Ring-Road* Utara – Jalan Raya Seturan, Sleman

Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan permasalahan kerusakan pada lapisan perkerasan jalan yang mempengaruhi tingkat pelayanan jalan, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. mendesain ulang pelat beton untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan Petunjuk Perencanaan Jalan Beton Semen yang diterbitkan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pd T-14-2003,
2. untuk memprediksi dampak reduksi tebal beton terhadap kerusakan yang terjadi pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan analisis mekanistik empiris,
3. untuk memprediksi dampak reduksi mutu beton terhadap kerusakan yang terjadi pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan analisis mekanistik empiris, dan
4. untuk memprediksi dampak kombinasi reduksi tebal dan mutu beton terhadap kerusakan yang terjadi pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan analisis mekanistik empiris.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data Lalu Lintas

Data lalu-lintas yang digunakan yaitu data LHR (lalu lintas harian rata-rata) di ruas Jalan Arteri (*Ring Road*) Utara Yogyakarta. Data LHR (lalu lintas harian rata-rata) ini adalah data sekunder yang didapat dari laporan satuan kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Yogyakarta tahun anggaran 2017. Data LHR 2017 Jalan Arteri (*Ring Road*) Utara Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data LHR 2017 Ruas Jalan Arteri (*Ring Road*) Utara Yogyakarta

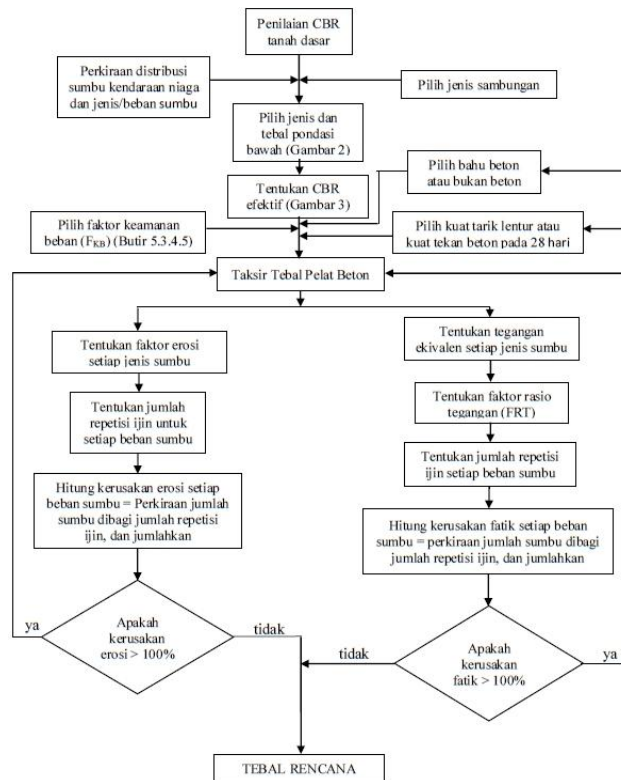
No	Golongan	Jenis Kendaraan	LHR 2017 (Kend/hari)
1	Veh 1	Sepeda Motor, Skuter dan Kendaraan Roda 3	156.129
2	Veh 2	Sedan, Jeep, Station Wagon (MP)	69.291
3	Veh 3	Oplet, Pick Up Oplet, Combi, Minibus	3.883
4	Veh 4	Mikro Truck, Mobil Hantaran, Pick Up Box	7.147
5	Veh 5a	Bus Kecil	1.363
6	Veh 5b	Bus Besar	592
7	Veh 6a	Truk Kecil 2 Gandar	812
8	Veh 6b	Truk Sedang 2 Gandar	2.971
9	Veh 7a	Truk 3 Gandar	779
10	Veh 7b	Truk 4 Gandar (Truck Gandengan)	144
11	Veh 7c	Truk 5 Gandar (Truck Semi Trailer)	202
12	Veh 8	Kendaraan Tidak Bermotor	521

Data Nilai CBR *Subgrade* (Tanah Dasar)

Data rangkuman Tes CBR Timbunan Pilihan adalah data sekunder yang didapat dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Yogyakarta. Nilai CBR tanah dasar (timbunan pilihan) laboratorium adalah 23,50% dan 26,70%. Namun sebagai kriteria dasar dalam perencanaan tebal *rigid pavement* persyaratan CBR yang dikehendaki dipakai nilai CBR *subgrade* (tanah dasar) lapangan minimum 6%.

Metode Departemen Kimpraswil (Pd-T-14-2003)

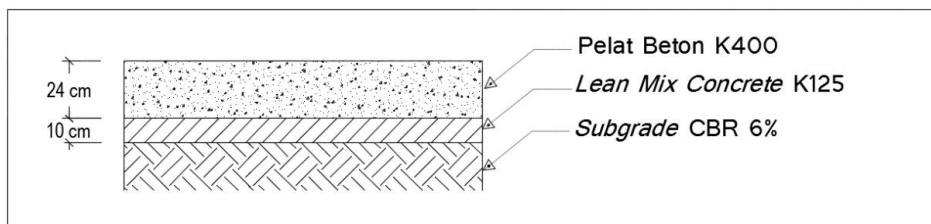
Dalam metode ini untuk menentukan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) digunakan beberapa parameter yaitu nilai CBR tanah dasar, jenis dan tebal *subbase*, mutu beton, lalu lintas, dan jenis bahu beton. Adapun data yang diperlukan dalam menentukan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan metode Departemen Kimpraswil (Pd T-14-2003) akan diuraikan secara singkat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Petunjuk Perencanaan Jalan Beton Semen, Pd T-14-2003

Dari hasil perhitungan analisa fatik dan erosi dengan ketebalan 24 cm, diperoleh rusak fatik sebesar 0% sedangkan rusak akibat erosi sebesar 84%. Sehingga angka tersebut masih memenuhi persyaratan, karena kerusakan fatik maupun kerusakan akibat erosi tidak melebihi 100%. Nilai tersebut merupakan nilai aman dan tidak perlu dinaikkan untuk perhitungan tebal pelat beton.

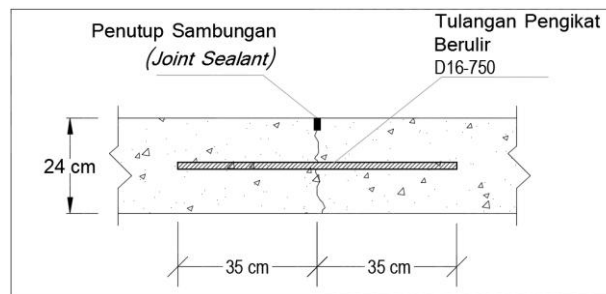
Dengan demikian hasil analisis tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan Petunjuk Perencanaan Jalan Beton Semen yang diterbitkan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pd T-14-2003, diperoleh nilai tebal perkerasan sebesar 24 cm. Lapisan yang berada di bawah pelat beton yaitu *subbase* berupa *lean mix concrete* dengan tebal 10 cm juga dimasukkan ke dalam bagian struktur perkerasan. Gambar untuk penampang perkerasan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Penampang Perkerasan Kaku dengan Metode Kimpraswil (Pd T-14-2003)

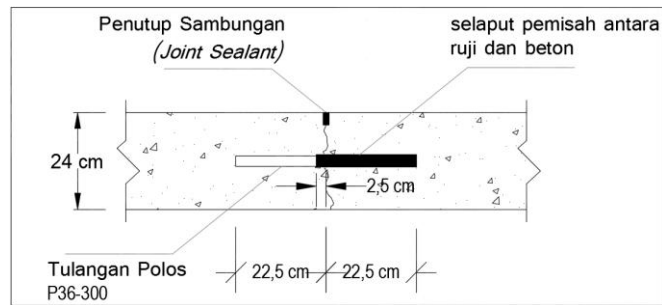
Penentuan Sambungan (*Joint*)

Dalam analisa sambungan direncanakan pada tipe Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) atau *Jointed plain concrete pavement (JPCP)*. Berdasarkan perhitungan Pd T-14-2003, batang pengikat (*tie bars*) pada sambungan memanjang memiliki diameter 16 mm, jarak antar batang 75 cm, dan panjang batang 70 cm. Gambar untuk penampang sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*) dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Penampang Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

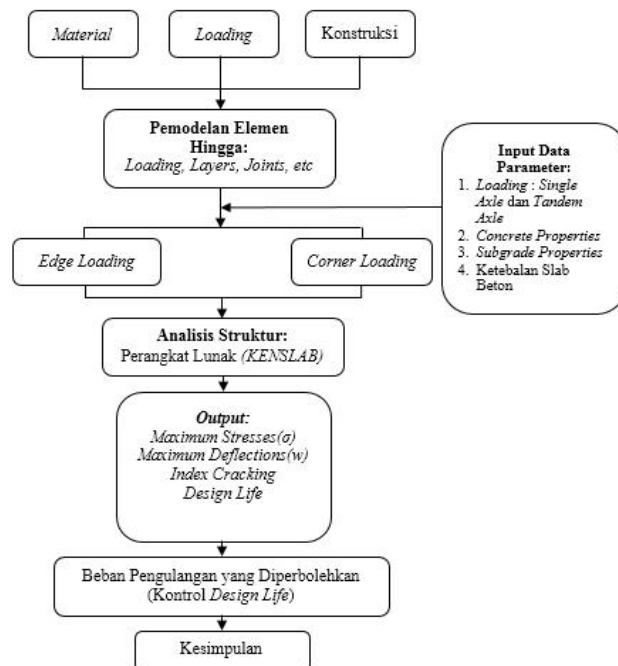
Berdasarkan tebal pelat beton 24 cm, maka sambungan melintang menggunakan diameter baja polos sebesar 36 mm, sambungan dilengkapi ruji (*dowel*) polos dengan panjang 45 cm, dan jarak antar ruji (*dowel*) 30 cm. Bagian setengah panjang dari ruji (*dowel*) dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menghindari ikatan pada saat pelat beton menyusut. Gambar untuk penampang sambungan melintang dengan ruji (*dowel*) dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Penampang Sambungan Melintang dengan Ruji (*Dowel*)

Analisis Menggunakan Program KENSLAB

Di dalam subbab ini hasil analisis dari performa perkerasan beton dalam pembebanan lalu lintas dapat ditampilkan. Pembebanan yang terjadi pada perkerasan diasumsikan statis. Performa struktur yang diwakili dengan tegangan dan lendutan pada slab beton adalah hasil kajian dan analisis menggunakan model elemen hingga. Bilangan yang didapat merupakan hasil perhitungan menggunakan cara elemen hingga dari program komputer *KENSLAB*. Analisis sensitifitas yang dilakukan adalah untuk menentukan efek dari berbagai parameter pada respon perkerasan. Seluruh parameter dan respon yang diperoleh dari perhitungan *KENSLAB* menggunakan satuan SI. Adapun analisis dari performa perkerasan beton dalam pembebanan lalu lintas akan diuraikan secara singkat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Alur Analisis Prediksi Kerusakan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Hasil Running Pemodelan Struktur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Nilai tegangan maksimum terjadi pada beban sumbu tunggal roda ganda (*single axle double tire*), karena *volume of traffic* lebih besar dari pada sumbu tandem roda ganda (*tandem axle double tire*). *Output* hasil *running* pemodelan struktur perkerasan kaku (*rigid*

pavement) menggunakan tebal perkerasan hasil perhitungan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003 dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. *Output Hasil Running KENSLABS*

Mutu Beton	Tebal (cm)	Maks. Tegangan (kPa)	Maks. Lendutan (cm)	<i>Index Cracking</i>	<i>Design Life</i> (Tahun)
K400	24	1661,655	0,14995	0,0%	1000

Setelah nilai tegangan maksimum dan *design life* diperoleh, yang dilakukan selanjutnya adalah menganalisis beban pengulangan yang diperbolehkan sebagai kontrol *design life* pada perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perbandingan antara tegangan maksimum dan *modulus of rupture* adalah 0,438. Dalam analisis menggunakan *PCA Criteria*, sehingga nilai N_f = tidak terbatas (*unlimited*), karena nilai perbandingan antara tegangan maksimum dan *modulus of rupture* kurang dari 0,45. Maka dari itu, *design life* hasil *running* nilainya adalah 1000 tahun (*unlimited*).

Efek dari Perbedaan Konfigurasi Sumbu

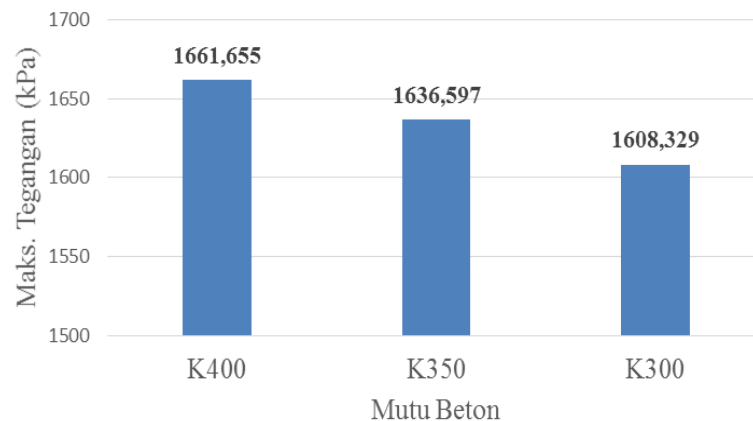
Pada bagian ini akan membahas perbandingan tegangan dan lendutan pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) ketika mengalami beban konfigurasi sumbu yang berbeda. Pembebanan yang terjadi dalam analisis *KENSLABS* menggunakan sumbu tunggal roda ganda (*single axle double tire*) dan sumbu tandem roda ganda (*tandem axle double tire*). Hasil untuk tegangan maksimum dan lendutan maksimum pada slab beton akibat beban konfigurasi sumbu yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil dari Efek Perbedaan Konfigurasi Sumbu

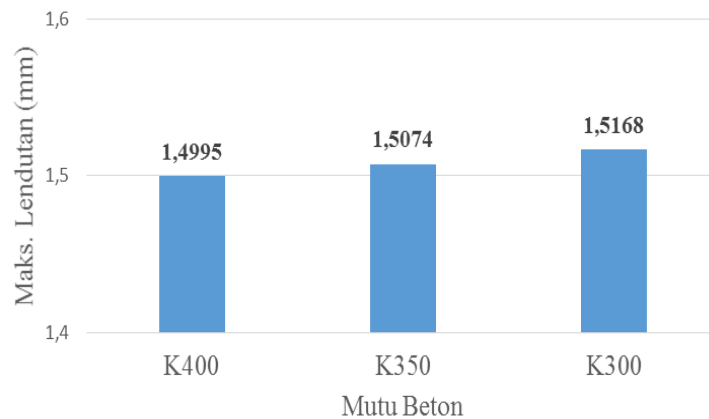
Mutu Beton	Tebal (cm)	Maks. Tegangan (kPa)		Maks. Lendutan (cm)	
		Single Axle	Tandem Axle	Single Axle	Tandem Axle
K400	24	1661,655	1477,861	0,06162	0,14995

Efek dari Perbedaan Mutu Beton

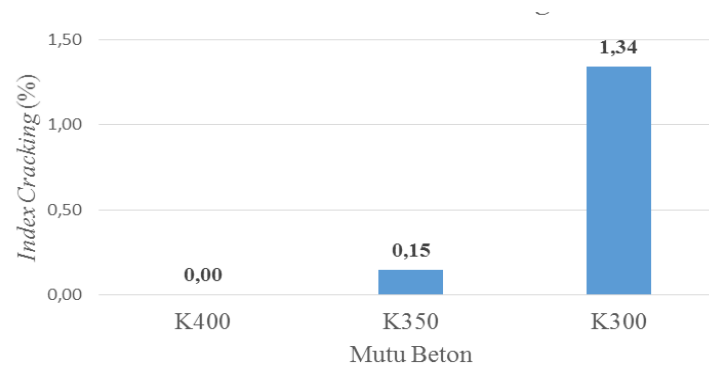
Di dalam subbab ini membandingkan respon yang terjadi pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan mutu beton yang berbeda-beda. Hasil respon slab beton tebal 24 cm dengan beton mutu K300, K350, dan K400 dapat dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 9 di bawah ini.



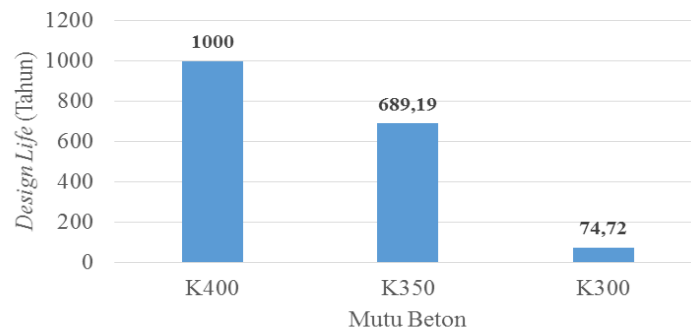
Gambar 6 Mutu Beton vs Maks. Tegangan



Gambar 7 Mutu Beton vs Maks. Lendutan



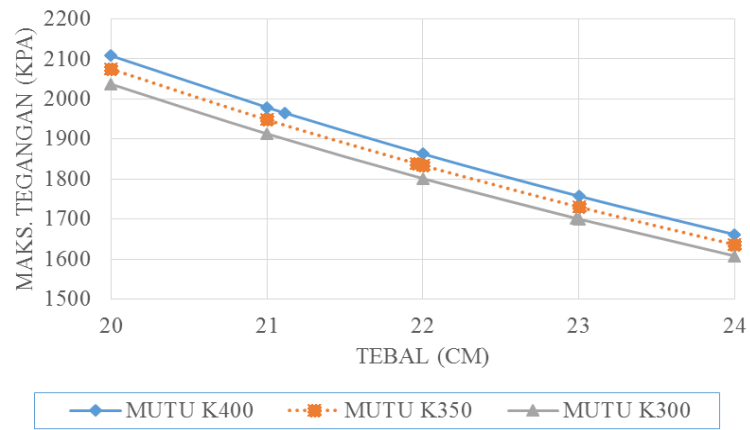
Gambar 8 Mutu Beton vs *Index Cracking*



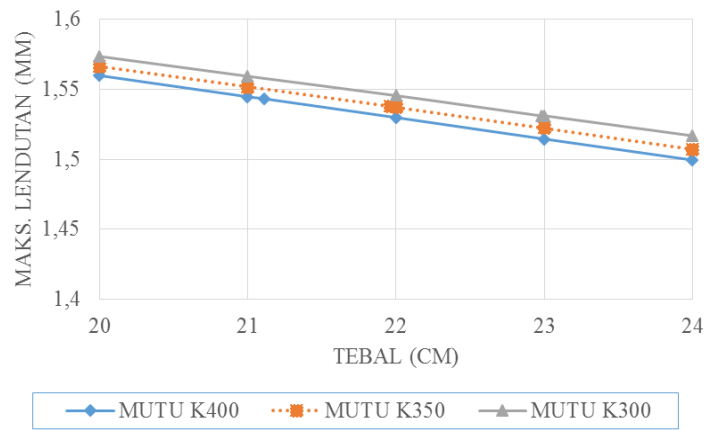
Gambar 9 Mutu Beton vs *Design Life*

Efek dari Perbedaan Tebal Slab Beton

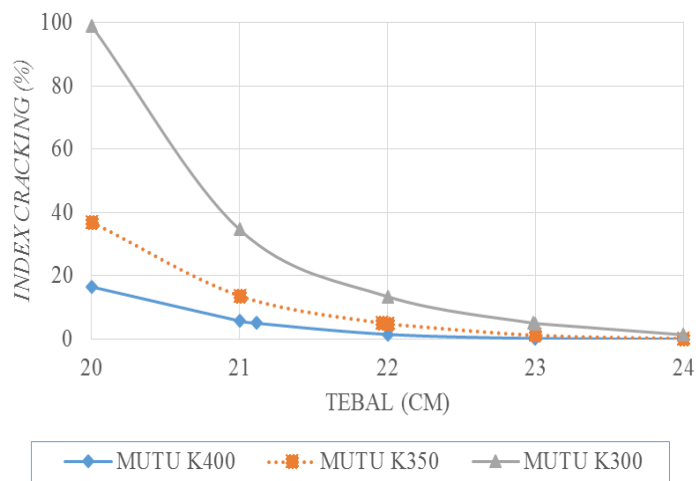
Pada bagian ini akan membahas hasil performa perkerasan kaku (*rigid pavement*) dalam melayani beban lalu lintas dengan variasi tebal slab beton yang berbeda. Hasil respon slab beton dengan variasi tebal yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5.10 sampai Gambar 5.13 di bawah ini.



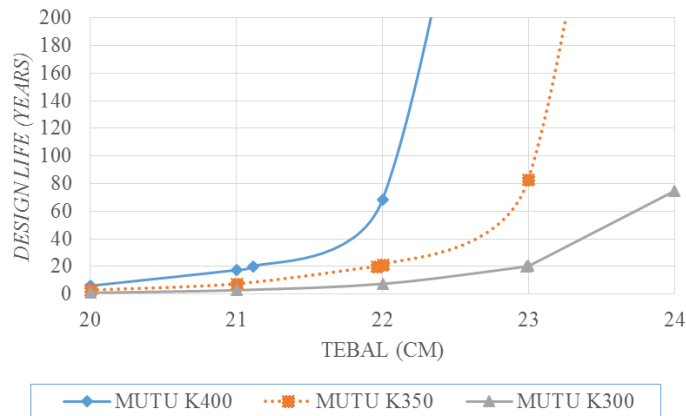
Gambar 5.10 Tebal Slab vs Maks. Tegangan



Gambar 5.11 Tebal Slab vs Maks. Lendutan



Gambar 5.12 Tebal Slab vs Index Cracking



Gambar 5.13 Tebal Slab vs *Design Life*

KESIMPULAN

Dari hasil analisis kebutuhan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) di pendekat timur Jalan *Ring Road* Utara, Perempatan Jalan Raya Seturan menggunakan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003 dan analisis dari performa perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan model elemen hingga dari program komputer *KENSLAB* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada pendekat timur Jalan *Ring Road* Utara, Perempatan Jalan Raya Seturan menggunakan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003 didapatkan tebal pelat beton K400 adalah 24 cm dengan lapisan *lean mix concrete* K125 setebal 10 cm. Kemudian jarak sambungan memanjang 3,5 m dilengkapi dengan batang pengikat (*tie bar*) diameter baja ulir 16 mm, jarak antar batang 75 cm, panjang batang 70 cm, dan jarak sambungan melintang 5 m dilengkapi dengan ruji (*dowel*) batang polos panjang 45 cm, jarak antar ruji (*dowel*) 30 cm, serta menggunakan diameter batang polos 36 mm.
2. Membandingkan dengan penerapan mutu beton K400, menurunkan tebal slab dari 24 cm menjadi 23 cm; 22 cm; 21 cm; dan 20 cm; masing-masing menaikkan tegangan maksimum sebesar 5,78%; 12,12%; 19,12%; dan 26,88%. Adapun lendutan maksimum yang terjadi juga akan meningkat, masing-masing sebesar 1%; 2,02%; 3,01%; dan 4,02%. Maka semakin rendah tebal slab beton akan menaikkan nilai tegangan maksimum dan lendutan maksimum yang terjadi. Sedangkan menurunkan tebal slab masing-masing menurunkan *design life* sebesar 45,33%; 93,15%; 98,26%; dan 99,39%. Sehingga menaikkan *index cracking* pada slab beton, masing-masing sebesar 0,18%; 1,46%; 5,73%; dan 16,49%. Maka semakin rendah tebal slab beton akan menurunkan umur perkerasan.
3. Menggunakan beton dengan mutu beton yang lebih tinggi hanya berpengaruh kecil untuk meningkatkan tegangan maksimum, tapi sebaliknya dapat mereduksi lendutan pada pojok slab. Membandingkan dengan penerapan tebal 24 cm, penurunan mutu beton dari K400 menjadi K350 dan K300 menurunkan tegangan maksimum sebesar 1,51% dan 3,21%, tetapi meningkatkan lendutan maksimum pada pojok slab sebesar 0,53% dan 1,15%. Sedangkan menggunakan beton dengan mutu beton yang lebih tinggi sangat berpengaruh besar untuk meningkatkan umur perkerasan, sehingga dapat mereduksi *index cracking* pada slab beton. Penurunan mutu beton masing-masing menurunkan umur perkerasan sebesar 31,08% dan 92,53%, sehingga meningkatkan *index cracking* pada slab beton sebesar 0,15% dan 1,34%.

4. Dampak kombinasi reduksi tebal dan mutu beton sangat berpengaruh besar untuk menurunkan *design life*, sehingga menaikkan *index cracking*, tegangan maksimum, dan lendutan maksimum pada slab beton. Nilai *design life* minimum terjadi pada mutu beton K300 menggunakan tebal 20 cm, yaitu sebesar 1,01 tahun dengan *index cracking* 98,93%, tegangan maksimum 2037,399 kPa, dan lendutan maksimum 1,5735 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. USA.
- Darestani, M.Y. 2007. *Response of Concrete Pavements Under Moving Vehicular Loads and Enviromental Effects*. Queensland University of Technology, Australia.
- Huang, H. Y.. 2004. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed. Upper Saddle River. New Jersey.
- Puslitbang Prasarana Transportasi. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003*. Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Setiawan, W. 2010. Analisis Model Prediksi Kerusakan Pada Perkerasan Kaku Dengan Metode Mekanis-Empiris (Studi Kasus Jalan Lingkar Selatan Kota Yogyakarta). *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Yonatan, H.P. 2010. *Sensitivity Analysis of Concrete Pavement Performance Using Finite Element Approach*. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.