

PENGARUH VARIASI TEBAL DAN MUTU BETON TERHADAP RESPONS STRUKTURAL PERKERASAN KAKU

Mizan Qisthi

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang Km 14,5
Yogyakarta
qisthimizan@gmail.com

Berlian Kushari

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang Km 14,5
Yogyakarta
bkushari@uii.ac.id

Abstract

Flexible pavement in the approaching legs of intersection carrying heavy vehicle traffic is often damaged more quickly than what happens in other parts of the pavement. This happens because of the increasing loading time which weakens the pavement stiffness modulus. To overcome this, the flexible pavement on the intersection approaching legs can be replaced by a rigid pavement. This study discusses the design of Jointed Plain Concrete Pavement rigid pavement in the Eastern Approach of North Ringroad-Seturan Highway intersection, in Sleman, Yogyakarta. The Guideline for Design of Cement Concrete Road Pavement, Pd T-14-2003, was used to calculate pavement thickness and design of joints. The analysis was carried out using a mechanistic-empirical approach using KENSLABS software. The results show that the K400 concrete quality with a thickness of 24 cm is capable of meeting the of fatigue and erosion requirements for a 20-year design life.

Keywords: flexible pavement, design life, pavement damage, stiffness modulus, rigid pavement

Abstrak

Perkerasan lentur pada bagian pendekat simpang yang dilalui lalu lintas kendaraan berat sering kali mengalami kerusakan yang lebih cepat dibandingkan yang terjadi pada bagian lain perkerasan tersebut. 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. Penelitian ini membahas perancangan perkerasan kaku jenis *Jointed Plain Concrete Pavement* pada Pendekat Timur Simpang Ring Road Utara–Jalan Raya Seturan, di Sleman, Yogyakarta. Pedoman Petunjuk Perencanaan Jalan Beton Semen Pd T-14-2003 digunakan untuk menghitung tebal perkerasan dan perancangan sambungan. Analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan mekanistik-empiris menggunakan perangkat lunak KENSLABS. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa mutu beton K400 dengan tebal 24 cm mampu memenuhi persyaratan kerusakan fatik dan erosi untuk umur rencana 20 tahun.

Kata-kata kunci: perkerasan lentur, umur rencana, kerusakan perkerasan, modulus kekakuan, perkerasan kaku

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan adalah suatu sistem yang terdiri atas beberapa lapis material yang diletakkan di atas tanah dasar. Tujuan utama dibangunnya perkerasan jalan adalah untuk memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur layanan cukup panjang, serta dengan pemeliharaan yang minimum (AASHTO, 1993).

Perkerasan jalan pada simpang bersinyal cenderung lebih cepat mengalami kerusakan, karena di tempat ini sering terjadi antrian kendaraan yang panjang yang akan

mempengaruhi waktu pembebanan (Darestani, 2007). 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. Sifat *visco-elastis* aspal, yang bergantung pada temperatur dan waktu pembebanan, menyebabkan nilai modulus kekakuan aspal menurun pada saat temperatur meningkat dan waktu pembebanan bertambah (Huang, 2004; Yonatan, 2010).

Beban kendaraan yang relatif besar dan arus lalu lintas yang semakin padat menjadi alasan utama pemilihan jalan beton, terlebih lagi karena strukturnya yang lebih kuat, awet, serta nilai modulus elastisitasnya relatif stabil dan tinggi (Setiawan, 2010). Pada penelitian ini dikaji karakteristik jalan beton, material yang digunakan, metode sambungan, penulangan, dan pengaruh reduksi tebal dan mutu beton terhadap respons struktural perkerasan kaku di lapangan. Studi kasus dilakukan pada Pendekat Timur Simpang Ring Road Utara–Jalan Raya Seturan, Sleman.

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

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

Desain dan prediksi yang dilakukan pada studi ini didasarkan pada analisis mekanistik empiris.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data lalu lintas yang digunakan adalah data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) di ruas Jalan Arteri Utara atau Ring Road Utara, Yogyakarta. Data LHR ini adalah data sekunder yang didapat dari laporan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Yogyakarta tahun anggaran 2017, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

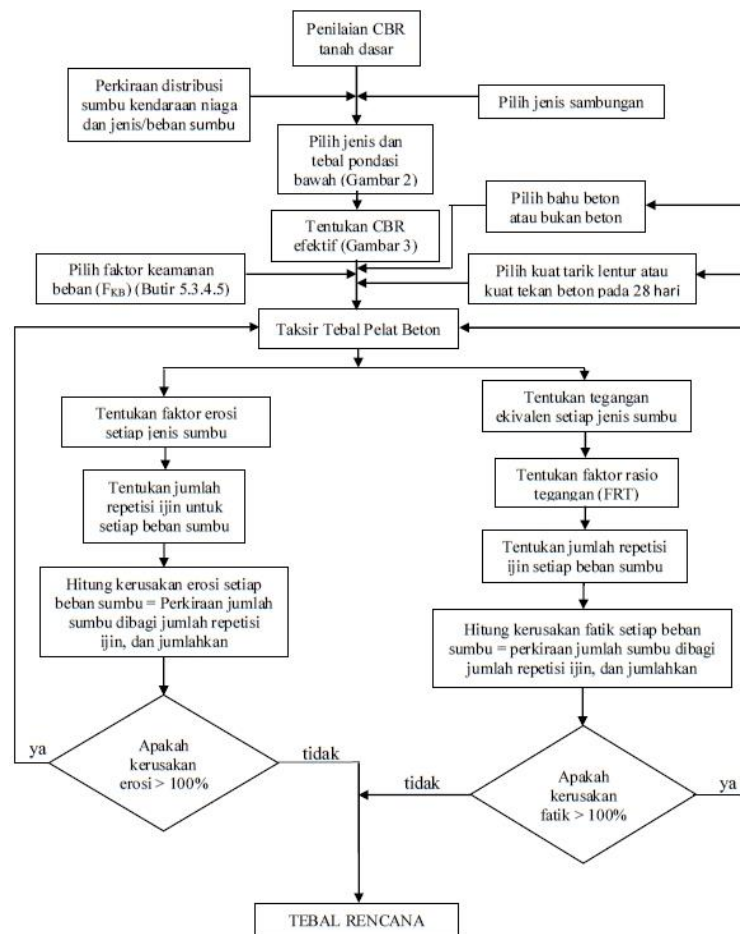
Data rangkuman Uji CBR Timbunan Pilihan adalah data sekunder yang didapat dari P2JN Yogyakarta. Nilai CBR laboratorium tanah dasar, yang merupakan tanah timbunan pilihan, adalah 23,50% dan 26,70%. Sebagai kriteria dasar dalam perancangan tebal perkerasan kaku persyaratan CBR lapangan tanah dasar minimum adalah 6%.

Tabel 1 Data LHR 2017 Ruas Jalan Arteri 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, <i>Pick Up Box</i>	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 (Truk Gandengan)	144
11	Veh 7c	Truk 5 Gandar (Truk Semi Trailer)	202
12	Veh 8	Kendaraan Tidak Bermotor	521

Metode Departemen Kimpraswil Pd-T-14-2003

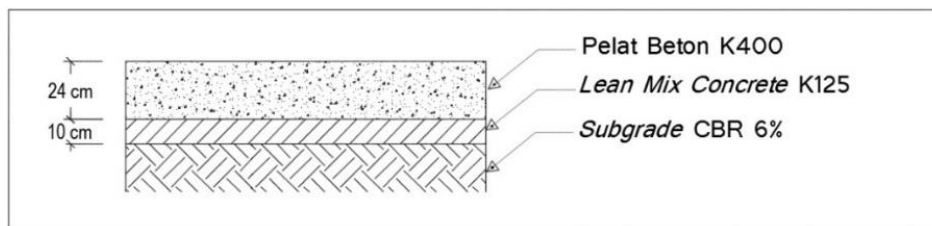
Pada metode ini, untuk menentukan tebal perkerasan kaku digunakan beberapa parameter, yaitu nilai CBR tanah dasar, jenis dan tebal *subbase*, mutu beton, lalu lintas, dan jenis bahu beton. Data yang diperlukan dalam menentukan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Departemen Kimpraswil (Pd T-14-2003)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



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

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

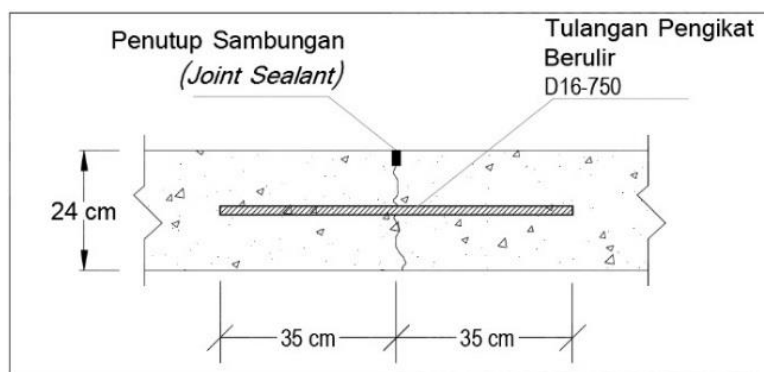
Dari hasil analisis tebal perkerasan kaku berdasarkan Pd T-14-2003, diperoleh nilai tebal perkerasan sebesar 24 cm. Lapisan yang berada di bawah pelat beton, yaitu *subbase* berupa *lean mix concrete* dengan tebal 10 cm juga dimasukkan ke dalam bagian struktur perkerasan. Penampang perkerasan dapat dilihat pada Gambar 2.



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

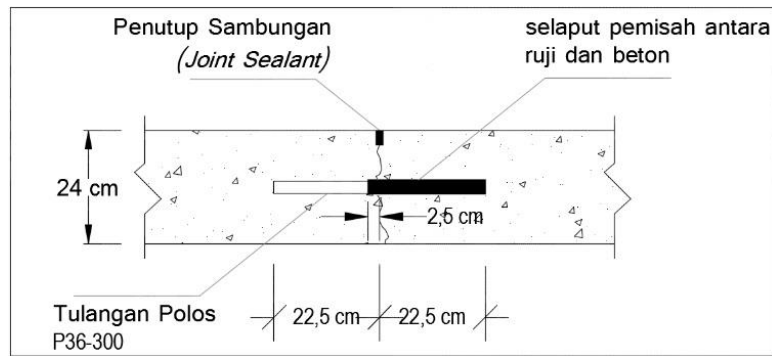
Penentuan Sambungan

Pada analisis sambungan direncanakan tipe Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT) atau *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*. Berdasarkan perhitungan menurut Pd T-14-2003, batang pengikat pada sambungan memanjang memiliki diameter 16 mm, jarak antarbatang 75 cm, dan panjang batang 70 cm. Gambar penampang sambungan memanjang dengan batang pengikat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Penampang Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

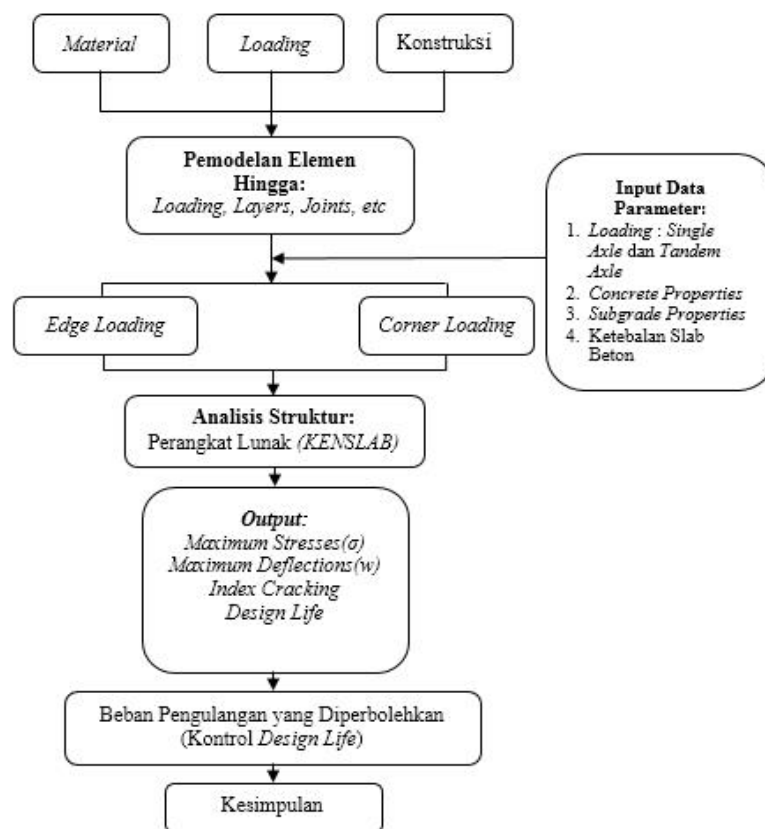
Berdasarkan tebal pelat beton 24 cm, sambungan melintang menggunakan diameter baja polos sebesar 36 mm. Sambungan dilengkapi ruji polos dengan panjang 45 cm dan jarak antarruji 30 cm. Bagian setengah panjang ruji dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menghindari ikatan pada saat pelat beton menyusut. Penampang sambungan melintang dengan ruji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Penampang Sambungan Melintang dengan Ruji

Analisis Menggunakan Program KENSLABS

Pembebanan yang terjadi pada perkerasan dianggap statis. Kinerja struktur yang diwakili oleh tegangan dan lendutan pada *slab* beton merupakan hasil analisis menggunakan model elemen hingga. Bilangan yang didapat merupakan hasil perhitungan menggunakan cara elemen hingga yang menggunakan program komputer KENSLABS. Analisis sensitivitas yang dilakukan dimaksudkan untuk menentukan efek dari berbagai parameter pada respons perkerasan. Seluruh parameter dan respons yang diperoleh dari perhitungan KENSLABS menggunakan Satuan Internasional. Hasil analisis kinerja perkerasan beton dalam pembebanan lalu lintas diuraikan secara singkat pada Gambar 5.



Gambar 5 Alur Analisis Prediksi Kerusakan Perkerasan Kaku

Keluaran Pemodelan Struktur Perkerasan Kaku

Nilai tegangan maksimum terjadi pada beban sumbu tunggal roda ganda, karena volume lalu lintas lebih besar daripada sumbu tandem roda ganda. Tabel 2 memperlihatkan *output* hasil *running* pemodelan struktur perkerasan kaku menggunakan tebal perkerasan hasil perhitungan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003.

Tabel 2 Output Hasil Running KENSLABS

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

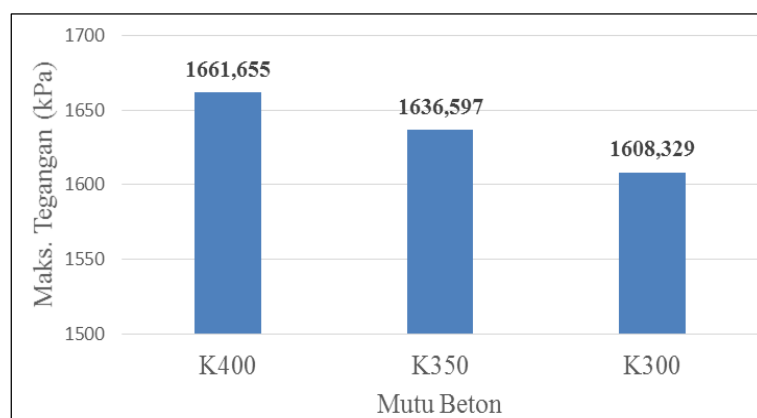
Setelah nilai tegangan maksimum dan umur desain diperoleh, yang dilakukan selanjutnya adalah menganalisis beban pengulangan yang diperbolehkan sebagai kontrol terhadap umur desain. Perbandingan antara tegangan maksimum dan *modulus of rupture* adalah 0,438. Pada analisis menggunakan kriteria PCA nilai *Nf* adalah tidak terbatas (*unlimited*), karena nilai perbandingan antara tegangan maksimum dan *modulus of rupture* kurang dari 0,45. Karena itu, nilai umur desain hasil *running* adalah 1.000 tahun.

Efek Perbedaan Konfigurasi Sumbu

Pada bagian ini dibahas perbandingan tegangan dan lendutan pada perkerasan kaku ketika mengalami beban konfigurasi sumbu yang berbeda. Pembebanan yang terjadi dalam analisis KENSLABS menggunakan sumbu tunggal roda ganda dan sumbu tandem roda ganda. Tegangan maksimum dan lendutan maksimum pada *slab* beton akibat beban konfigurasi sumbu yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Efek Perbedaan Konfigurasi Sumbu

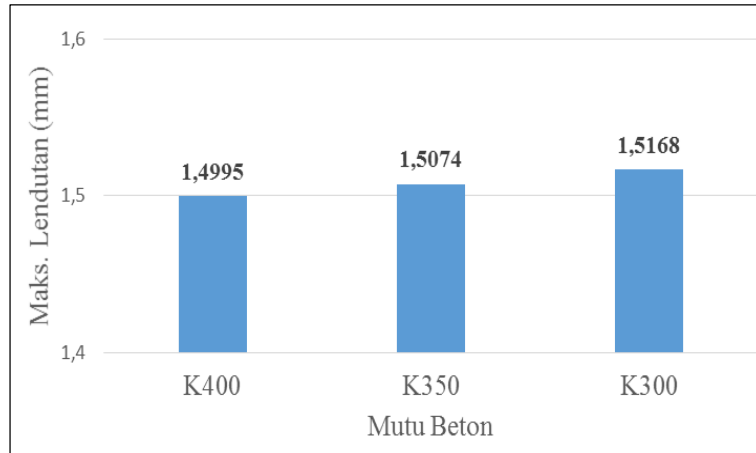
Mutu Beton	Tebal (cm)	Maks. Tegangan (kPa)		Maks. Lendutan (cm)	
		Single Axle	Tandem Axle	Single Axle	Tandem Axle
K400	24	1661,655	1477,861	0,06162	0,14995



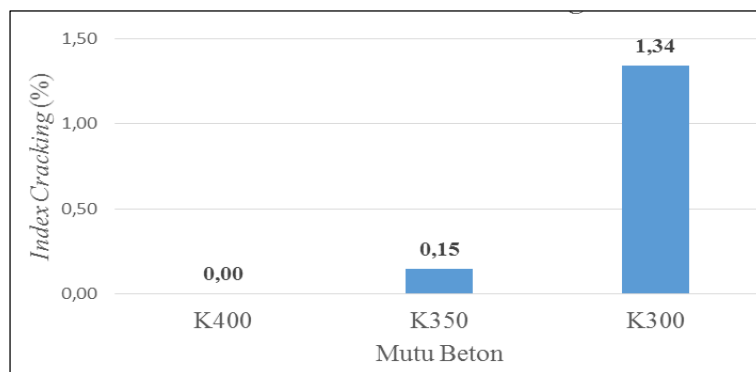
Gambar 6 Mutu Beton vs Tegangan Maksimum

Efek Perbedaan Mutu Beton

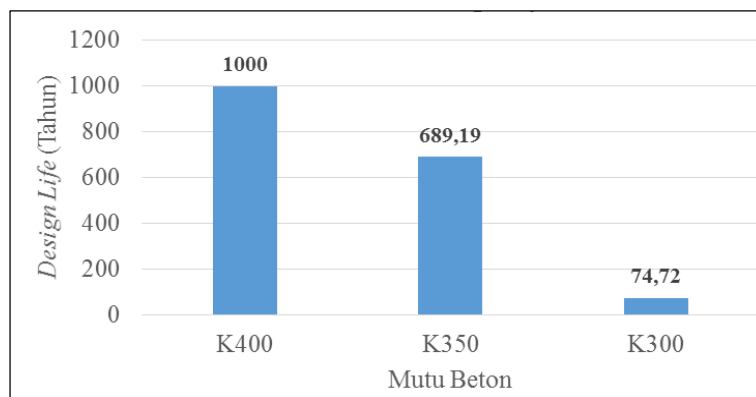
Respons yang terjadi pada perkerasan kaku dengan mutu beton yang berbeda-beda dibandingkan pada studi ini. Hasil respons *slab* beton tebal 24 cm dengan beton mutu K300, K350, dan K400 dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9.



Gambar 7 Mutu Beton vs Lendutan Maksimum



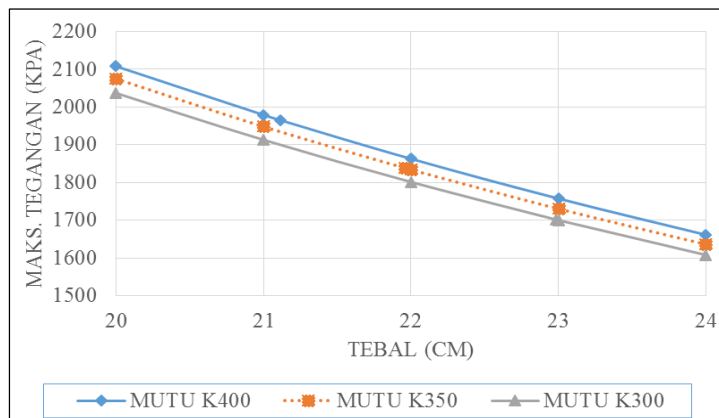
Gambar 8 Mutu Beton vs *Cracking Index*



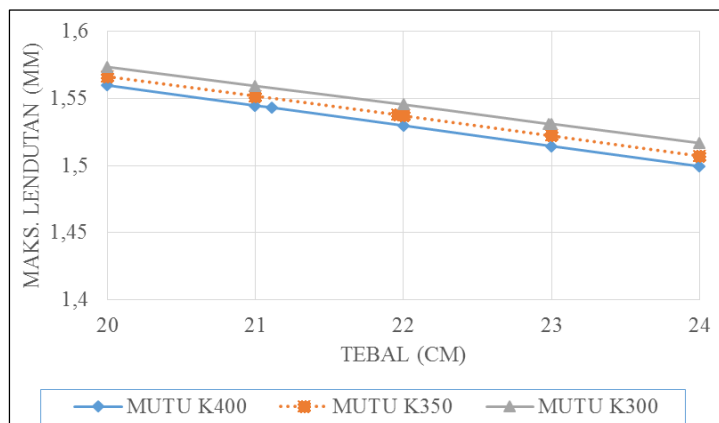
Gambar 9 Mutu Beton vs Umur Desain

Efek Perbedaan Tebal Slab Beton

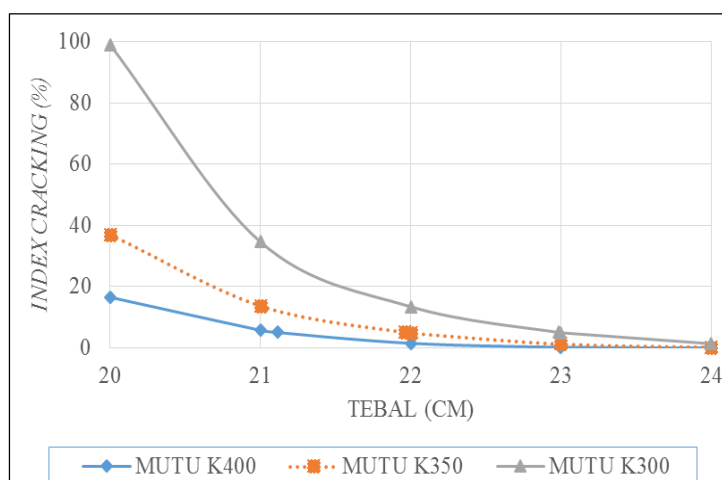
Hasil respons *slab* beton dengan variasi tebal yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 10 sampai dengan Gambar 13.



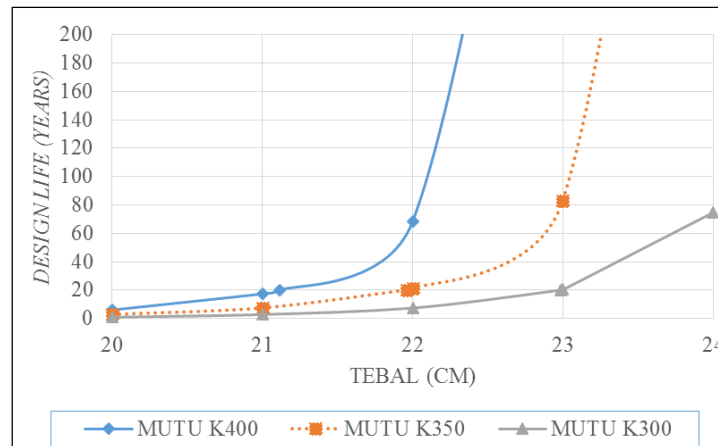
Gambar 10 Tebal *Slab* vs Tegangan Maksimum



Gambar 11 Tebal *Slab* vs Lendutan Maksimum



Gambar 12 Tebal *Slab* vs Cracking Index



Gambar 13 Tebal Slab vs Umur Desain

KESIMPULAN

Dari hasil analisis kebutuhan tebal perkerasan kaku di Pendekat Timur Jalan Ring Road Utara, Perempatan Jalan Raya Seturan, menggunakan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003 dan analisis kinerja perkerasan kaku menggunakan model elemen hingga program komputer KENSLABS dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perhitungan tebal perkerasan kaku pada Pendekat Timur Jalan Ring Road Utara, Perempatan Jalan Raya Seturan menggunakan metode KIMPRASWIL Pd-T-14-2003 menghasilkan 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 dengan diameter baja ulir 16 mm, jarak antarbatang 75 cm, panjang batang 70 cm, dan jarak sambungan melintang 5 m dilengkapi dengan ruji batang polos panjang 45 cm, jarak antarruji 30 cm, serta menggunakan diameter batang polos 36 mm.
- 2) Penurunan tebal 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%. Lendutan maksimum yang terjadi juga meningkat, masing-masing sebesar 1%, 2,02%, 3,01%, dan 4,02%. Semakin tipis *slab* beton, semakin tinggi nilai tegangan maksimum dan lendutan maksimum yang terjadi. Mengurangi tebal *slab* masing-masing menurunkan *umur desain* sebesar 45,33%, 93,15%, 98,26%, dan 99,39%, dan menaikkan *cracking index* masing-masing sebesar 0,18%, 1,46%, 5,73%, dan 16,49%.
- 3) Penggunaan beton mutu beton yang lebih tinggi hanya berpengaruh kecil dalam meningkatkan tegangan maksimum, tapi dapat mereduksi lendutan pada pojok. Penurunan mutu beton dari K400 menjadi K350 dan K300 menurunkan tegangan maksimum sebesar 1,51% dan 3,21%, dan meningkatkan lendutan maksimum pada pojok *slab* sebesar 0,53% dan 1,15%. Penggunaan beton dengan mutu yang lebih tinggi sangat berpengaruh besar untuk meningkatkan umur perkerasan, sehingga dapat mereduksi *cracking index* pada *slab* beton. Penurunan mutu beton masing-masing menurunkan

umur perkerasan sebesar 31,08% dan 92,53%, dan meningkatkan *cracking index* pada *slab* beton sebesar 0,15% dan 1,34%.

- 4) Kombinasi reduksi tebal dan mutu beton sangat berpengaruh dalam menurunkan umur desain, sehingga menaikkan *cracking index*, tegangan maksimum, dan lendutan maksimum. Nilai umur desain minimum terjadi pada mutu beton K300 menggunakan tebal 20 cm, yaitu sebesar 1,01 tahun dengan *cracking index* 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*. Washington, DC.
- Darestani, M.Y. 2007. *Response of Concrete Pavements Under Moving Vehicular Loads and Enviromental Effects*. Queensland University of Technology. Brisbane, QLD.
- Huang, H.Y. 2004. *Pavement Analysis and Design*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan 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. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Yonatan, H.P. 2010. *Sensitivity Analysis of Concrete Pavement Performance Using Finite Element Approach*. Tesis tidak diterbitkan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.