

**STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN TOL  
MENGUNAKAN METODE BINA MARGA 2002 DAN AASHTO 1993  
( Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Solo – Kertosono )**

**Naskah Publikasi**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**RATNA FITRIANA**  
**NIM : D 100 100 049**

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU  
JALAN TOL MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2002 DAN  
AASHTO 1993**

**(Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Solo-Kertosono)**

**Naskah Publikasi**

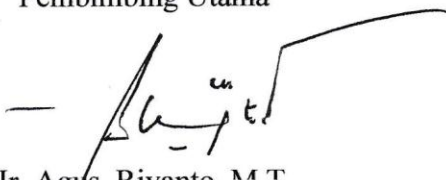
Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 16 Desember 2014

diajukan oleh :


**RATNA FITRIANA**  
**NIM : D 100 100 049**

Susunan Dewan Penguji:

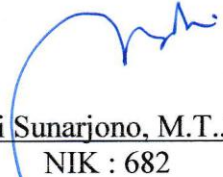
Pembimbing Utama

  
Ir. Agus Riyanto, M.T.  
NIK : 483

Pembimbing Pendamping

  
Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T.  
NIK : 795

Anggota

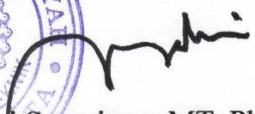
  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD  
NIK : 682

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 teknik Sipil

Surakarta, .....

Dekan Fakultas Teknik

  
  
Ir. Sri Sunarjono, MT, PhD.  
NIK : 682

Ketua Progdil Teknik Sipil

  
  
Dr. Mochamad Solikin.  
NIK : 792

# STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN TOL MENGUNAKAN METODE BINA MARGA 2002 DAN AASHTO 1993 ( Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Solo – Kertosono )

Ratna Fitriana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Surakarta 57102.  
Email : fitria.nana@ymail.com

## ABSTRAK

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi kehidupan manusia. Selain perencanaan geometric jalan, perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien, karena kebutuhan tingkat pelayanan jalan semakin tinggi. Jalan tol Solo – Kertosono merupakan salah satu bagian jalan tol Trans Jawa yang sampai saat ini belum selesai pembangunannya. Pembangunan jalan tol ini menggunakan perkerasan kaku, agar perkerasan tahan sampai pada masa layannya, maka perlu metode desain yang tepat dalam perencanaannya. Terdapat banyak metode untuk mendesain tebal pelat beton ini, diantaranya menggunakan metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis alternatif desain tebal perkerasan mengkaji pada parameter perencanaan kedua metode, perencanaan tebal pelat beton, dan melakukan analisa perbandingan hasil kedua metode dengan kondisi *existing*.

Metode ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder berupa data lalu lintas, data tanah dan data hidrologi, kemudian dilakukan perhitungan tebal pekerasan dengan menggunakan kedua metode, dan hasil perhitungannya dibandingkan dengan kondisi *existing*. Dalam perencanaan perhitungan tebal pelat dibutuhkan parameter *input* untuk masing-masing metode. Parameter *input* perencanaan tebal perkerasan untuk metode Bina Marga 2002 adalah parameter lalu lintas, tanah dasar, pondasi bawah, pondasi bawah material berbutir, dan kekuatan beton.

Parameter *input* perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, *realibility*, dan koefisien drainase. Untuk studi kasus jalan tol Solo-Kertosono tebal pelat beton berdasarkan perhitungan metode Bina Marga 2002 adalah 20 cm, sedangkan berdasarkan metode AASHTO 1993 adalah 29 cm. Selisih yang didapat cukup besar yaitu 9 cm. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter *input* dari masing-masing metode. Berdasarkan survei yang telah dilakukan diperoleh tebal pelat beton kondisi *existing* adalah 29 cm, tebal tersebut sama dengan hasil perhitungan dengan menggunakan metode AASHTO 1993.

**Kata kunci :Tebal perkerasan, Kaku, Bina Marga 2002, AASHTO 1993**

## ABSTRACT

The road is one of the land communications with an important role for human life. In addition to the geometric design, pavements part of the planning of the path to be planned effectively and efficiently, because it needs the higher level of service. Solo-Kertosono toll road is one part of the Trans Java toll road that has yet to be completed. This toll road construction using rigid pavement, so that pavement hold up during the using, it is necessary to design appropriate methods of planning. There are many methods for designing a concrete slab thickness of this, including using the method of Bina Marga 2002 and 1993 AASHTO. This final project aims to analyze alternative pavement thickness design examines the planning parameters of the two methods, planning concrete slab thickness, and a comparative analysis with the results of both methods existing condition. This methods starts with the collection of secondary file, traffic, soil file and hydrological file, then calculate pavement thick using both methods, and the results of the calculation compared with existing conditions. In planning the plate thickness calculation require input parameters for each method. Pavement thickness design input parameters for the method of Bina Marga 2002 is traffic parameters, subgrade, sub-base, sub-base graded material, and the strength of the concrete. Pavement thickness design input parameters for the 1993 AASHTO method is the traffic parameters, modulus of subgrade reaction, pavement construction material, realibility, and drainage coefficient. For a case study of Solo-Kertosono highway thick concrete slab based on the calculation method of Bina Marga 2002 is 19,5 cm, while based on the 1993 AASHTO method is 29cm. Obtained difference is large enough that 9,5 cm. This is due to differences input parameter so each method. Based on a survey that was conducted obtained thick concrete slab existing condition is 29 cm thick, the same as the results of calculations using the 1993 AASHTO method

**Keywords: Pavement thickness, Rigid, Bina Marga 2002, 1993 AASHTO**

## PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata, dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional. Jalan tol Solo – Kertosono merupakan salah satu bagian jalan tol Trans Jawa yang sampai saat ini

belum selesai pembangunannya. Pembangunan jalan tol ini menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi. Perencanaan *rigid pavement* jalan tol Solo-Kertosono menggunakan metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan 29 cm dengan *lean*

concrete 10 cm. Berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) jenis tanah pada lokasi proyek termasuk lanau dan lempung dengan *plastic index* sebesar 9,46. Tanah ekspansif (*expansive soil*) adalah tanah atau batuan yang mempunyai potensi penyusutan atau pengembangan oleh pengaruh perubahan kadar air. Rusaknya perkerasan yang berada di atas tanah dasar ekspansif adalah karena perkerasan merupakan struktur yang ringan dan sifat bangunannya meluas. Atas dasar itu, penulis mencoba mendesain *rigid pavement* pada ruas jalan tol Solo-Kertosono Sta 5+500-5+600 Km 0+000 desa Ngasem-Boyolalidengan menggunakan metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993. Permasalahan yang menjadi topik dalam penelitian ini adalah: 1. Bagaimana alternative desain *rigid pavement* metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 mengkaji pada parameter perencanaannya?

2. Berapa tebal perkerasan yang dibutuhkan pada *rigid pavement* metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993?

3. Bagaimana perbandingan tebal perkerasan metode Bina Marga 2002 dan metode AASHTO 1993 dengan kondisi *existing*?

Adapun tujuan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Analisis alternative desain *rigid pavement* metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 pada ruas jalan tol Solo – Kertosono mengkaji parameter perencanaannya.

2. Analisis tebal perkerasan yang dibutuhkan pada *rigid pavement* metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 pada ruas jalan tol Solo – Kertosono.

3. Analisis perbandingan tebal *rigid pavement* metode Bina Marga 2002, metode AASHTO 1993 dengan kondisi *existing* pada ruas jalan tol Solo–Kertosono.

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Jenis perkerasan ada tiga yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. Perkerasan kaku adalah suatu konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri.

Pada saat ini dikenal ada 5 jenis perkerasan beton semen yaitu :

1. Perkerasan beton semen tanpa tulangan dengan sambungan (*Jointed plain concrete pavement*).

2. Perkerasan beton semen bertulang dengan sambungan (*Jointed reinforced concrete pavement*).

3. Perkerasan beton semen tanpa tulangan (*Continuously reinforced concrete pavement*).

4. Perkerasan beton semen prategang (*Prestressed concrete pavement*).

5. Perkerasan beton semen bertulang *fiber* (*Fiber reinforced concrete pavement*)

Komponen perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah :

1. Lapisan-lapisan perkerasan kaku yaitu tanah dasar, lapis pondasi bawah, dan pelat beton.

2. Tulangan

3. Sambungan

4. *Bound breaker*

5. Alur permukaan

Jalan tol adalah jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada. Jalan tol diselenggarakan dengan maksud untuk mempercepat pewujudan jaringan jalan dengan sebagian atau seluruh pendanaan berasal dari pengguna jalan untuk meringankan beban pemerintah. Jalan tol diselenggarakan dengan tujuan meningkatkan efisien pelayanan jasa distribusi guna menunjukkan pertumbuhan ekonomi dengan perkembangan wilayah dengan memperhatikan rencana induk jaringan jalan.

#### **LANDASAN TEORI**

##### **Desain Rigid Pavement Metode Bina Marga 2002**

Parameter perencanaan perkerasan kaku metode Bina Marga 2002 tersebut antara lain adalah :

1. Lalu lintas

Perhitungan lalu lintas dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana

2. Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR

3. Pondasi bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi, dan campuran beton kurus.

4. Material konstruksi

Kekuatan beton dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok yang besarnya 30-50 kg/cm<sup>2</sup>

5. Faktor erosi dan tegangan ekuivalen

Prosedur perencanaan perkerasan kaku didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

1) Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat

2) Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu

lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

### Perhitungan Tebal Pelat

Langkah-langkah dalam perencanaan tebal pelat untuk metode Bina Marga 2002 adalah :

- Menentukan nilai CBR tanah dasar
- Perkiraan distribusi sumbu kendaraan niaga dan jenis/beban sumbu sesuai data LHR. Memilih jenis sambungan, apakah memakai sambungan memanjang atau sambungan melintang Memilih jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan Jenis dan tebal pondasi bawah ditentukan berdasarkan nilai repetisi sumbu dan CBR tanahdasar rencana.
- Menentukan CBR
- Pilih faktor keamanan, tentukan memakai bahu beton atau tidak, kemudian pilih kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari. Bila dihitung kuat tarik lentur beton
- Taksir tebal pelat
- Menentukan faktor erosi dan tegangan ekivalen pada setiap jenis sumbu
- Tentukan jumlah repetisi ijin untuk setiap sumbu beban menggunakan Dalam menentukan tegangan ekivalen, sebelum menentukan repetisi ijin harus menentukan faktor rasio tegangan (FRT).  

$$FRT = \frac{\text{Tegangan ekivalen}}{\text{Kuat tarik lentur beton}}$$
- Hitung kerusakan erosi dan kerusakan fatik setiap beban sumbu dengan membagi perkiraan jumlah sumbu dengan jumlah repetisi ijin, kemudian hasilnya dijumlahkan. Kerusakan erosidan kerusakan fatik harus < 100%.
- Total fatik dan kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100% tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

### Desain Rigid Pavement Metode AASHTO 1993

Parameter perencanaan perkerasan kaku metode AASHTO 1993 tersebut antara lain adalah :

- Lalu lintas  
Perhitungan lalu lintas berdasarkan nilai ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) selama umur rencana.
- Tanah dasar  
Tanah dasar dinyatakan dalam modulus reaksi tanah dasar (k).
- Material konstruksi  
Dinyatakan dalam modulus elastisitas beton berdasarkan nilai *flexural strength* dan kuat tekan beton yang didapat dari pengujian silinder
- Realibility  
*Realibility* perkerasan didesain untuk mengetahui tingkat resiko kegagalan
- Koefisien drainase  
Koefisien drainase dihitung berdasarkan prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air.

### 6. Load Transfer

*Load transfer coefficient* dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 *Load Transfer Coefficient*

Bahu	Aspal		Beton	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
JPCP & JRCP	3,2	3,8-4,4	2,5-3,1	3,6-4,2
CRCP	2,9-3,2	-	2,3-2,9	-

Sumber : Suryawan (2009)

Perencanaan tebal perkerasan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log (D + 1) - 0,06 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{\frac{1+1,624 \times 10^{-7}}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) \log \left\{ \frac{S_c C_d (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \left[ \frac{D^{0,75} - 18,42}{\left( \frac{E_c}{k} \right)} \right]} \right\}$$

### Perhitungan Tebal Perkerasan

Langkah-langkah perencanaan tebal pelat menggunakan metode AASHTO 1993 adalah :

- Mengetahui data-data lalu lintas yang meliputi :
  - Umur rencana, biasanya antara 20 sampai 40 tahun
  - Menentukan faktor distribusi arah dan distribusi lajur
  - Data lalu lintas harian rata-rata
  - Faktor pertumbuhan lalu lintas.
- Menghitung modulus reaksi tanah dasar berdasarkan nilai CBR
- Menghitung modulus elastisitas beton berdasarkan nilai kuat tekan beton
- Menghitung realibility
- Menghitung nilai standar deviasi berdasarkan
- Menghitung nilai *serviceability index* berdasarkan *terminal serviceability* dan *initial serviceability*
- Menghitung koefisien drainase menggunakan
- Menghitung *load transfer coefficient*
- Menghitung perencanaan tebal perkerasan

### METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di proyek pembangunan jalan tol Solo – Kertosono tepatnya di Kecamatan Ngemplak, Boyolali, Jawa Tengah. Pada Sta 5+500-5+600 Km 0+000 desa Ngasem-Boyolali.

Adapun tahap-tahap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tahap I  
Kegiatan pengumpulan data sekunder pada pelaksanaan pekerjaan *rigid pavement* ruas jalan Solo-Kertosono Sta 5+500 - 5+600 berupa data tanah, data lalu lintas dan data hidrologi.
- Tahap II

Merupakan perhitungan tebal *rigid pavement* pada ruas jalan Solo-Kertosono Sta 5+500- 5+600 menggunakan metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993.

3. Tahap III

Membandingkan tebal perkerasan hasil perhitungan Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 dengan kondisi *existing*.

4. Tahap IV

Menjelaskan hasil perhitungan tebal perkerasan dan pembahasan secara jelas dan singkat.

5. Tahap V

Dalam tahap ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan.

6. Tahap VI

Ini adalah tahap penyelesaian dari penelitian yang telah dilakukan.

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan Tebal Rigid Pavement Metode Bina Marga 2002**

Dari data yang telah diperoleh dan hasil survei yang telah dilakukan diketahui data parameter perencanaan adalah sebagai berikut :

- CBR tanah dasar = 5 % (lihat Lampiran 2)
- Kuat tarik lentur ( $f_{ct}$ ) = 5,29Mpa
- Bahan pondasi bawah = Campuran beton kurus

- Mutu baja tulangan = BJTP 40 Koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi ( $\mu$ ) = 1,3
- Bahu jalan = Ya (beton)
- Ruji (dowel) = Ya
- Data lalu lintas harian rata-rata tahun 2013:
  - Mobil penumpang :1650 kendaraan/hari
  - Bus :410 kendaraan/hari
  - Truk 2 as kecil : 680 kendaraan/hari
  - Truk 2 as besar :720 kendaraan/hari
  - Truk 3 as :410 kendaraan/hari
  - Truk gandeng :60 kendaraan/hari
  - Pertumbuhan lalu lintas (i) :5 % per tahun
  - Umur rencana (UR) :20 tahun

Direncanakan perkerasan kaku untuk jalan 4 lajur 2 arah untuk jalan tol.

1. Langkah-langkah perhitungan tebal pelat
  - a. Analisa lalu lintas

Dalam melakukan analisa lalu lintas harus diketahui jumlah sumbu kendaraan berdasarkan jenis dan bebannya seperti pada Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis kendaraan	Konfigurasi bebansumbu (ton)				Jumlah kendaraan (bh)	Jml. Sumbu per Kend (bh)	Jumlahsumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
Bus	3	5	-	-	410	2	820	3	410	5	410	-	-
Truk 2 as kecil	2	4	-	-	680	2	1360	2	680	-	-	-	-
Truk 2 as besar	5	8	-	-	720	2	1440	5	720	8	720	-	-
Truk 3 as	6	14	-	-	410	2	820	6	410	-	-	14	410
Truk gandeng	6	14	5	6	60	4	240	6	60	-	-	14	60
								5	60	-	-	-	-
								5	60	-	-	-	-
Total							4680		3080		1130		470

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun.

$$JKSN\ rencana = 0,5 \times 5,6 \times 10^7 = 3,92 \times 10^7$$

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

$$R = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i}$$

$$R = \frac{(1 + 5\%)^{20} - 1}{5\%}$$

$$R = 33,07$$

$$\begin{aligned}
 JSKN &= 365 \times JSKNH \times R \\
 &= 365 \times 4680 \times 33,07 \\
 &= 5,6 \times 10^7
 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi

Tabel 3 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis sumbu	Beban sumbu	Jumlah sumbu	Proporsi beban	Proporsi sumbu	Lalu lintas rencana	Repetisi yang terjadi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(4)x(5)x(6)
STRT	6	435	0,13	0,65	$3,92 \times 10^7$	$3,3 \times 10^6$
	5	890	0,28	0,65	$3,92 \times 10^7$	$7,1 \times 10^6$
	4	730	0,23	0,65	$3,92 \times 10^7$	$5,8 \times 10^6$
	3	450	0,14	0,65	$3,92 \times 10^7$	$3,5 \times 10^6$
	2	730	0,23	0,65	$3,92 \times 10^7$	$5,8 \times 10^6$
Total		3235	1,00			
STRG	8	860	0,66	0,26	$3,92 \times 10^7$	$6,7 \times 10^6$
	5	450	0,34	0,26	$3,92 \times 10^7$	$3,4 \times 10^6$
Total		1310	1,00			
STdRG	14	435	1,00	0,09	$3,92 \times 10^7$	$3,5 \times 10^6$
Total		435	1,00			
Kumulatif		4980		1,00		$39,1 \times 10^6$

a. Taksiran Tebal Pelat

Tebal taksiran pelat beton : 19,5 cm

Sumber data beban : Data sekunder

Jenis perkerasan : Beton semen bersambung dengan tulangan

Jenis bahu : Beton

Umur rencana : 20 tahun

JSKN :  $3,92 \times 10^7$

Faktor keamanan beban : 1,2

Kuat tarik lentur beton ( $f'_{cf}$ ) : 5,29 MPa

Jenis dan tebal lapis pondasi : *lean concrete* 10 cm

CBR tanah dasar : 5%

CBR efektif : 35%

Setelah diketahui tebal taksiran yang sudah ditentukan, kemudian menganalisis nilai fatik dan erosi. Untuk mengetahui tegangan ekuivalen dan faktor erosi digunakan Tabel 4, karena taksir tebal pelat sebesar 19,5 cm tidak masuk ke dalam tabel, maka harus dicari nilainya dengan cara interpolasi.

Tabel 4 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan Bahu Beton Tebal Taksiran 19 cm dan 20 cm.

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,70	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,70	1,82	2,42	2,46	2,50
190	25	0,92	1,40	1,17	0,94	2,03	2,63	2,67	2,68	1,81	2,41	2,44	2,48
190	35	0,90	1,35	1,12	0,91	2,02	2,62	2,63	2,64	1,79	2,40	2,40	2,43
190	50	0,88	1,29	1,08	0,88	2,00	2,60	2,60	2,60	1,77	2,38	2,36	2,38
190	75	0,87	1,22	1,02	0,86	1,98	2,58	2,55	2,55	1,76	2,36	2,32	2,31
200	5	0,91	1,47	1,27	0,99	2,01	2,61	2,74	2,78	1,8	2,4	2,52	2,6
200	10	0,89	1,39	1,18	0,93	1,99	2,59	2,69	2,71	1,78	2,38	2,46	2,52
200	15	0,87	1,35	1,15	0,9	1,98	2,59	2,66	2,68	1,77	2,37	2,43	2,49
200	20	0,86	1,33	1,12	0,89	1,97	2,58	2,64	2,66	1,76	2,36	2,42	2,48
200	25	0,85	1,3	1,1	0,87	1,97	2,57	2,62	2,64	1,75	2,35	2,4	2,44
200	35	0,83	1,25	1,05	0,84	1,96	2,56	2,58	2,6	1,73	2,33	2,36	2,39
200	50	0,82	1,2	1,01	0,82	1,94	2,54	2,54	2,55	1,71	2,31	2,32	2,33
200	75	0,81	1,14	0,95	0,8	1,92	2,52	2,51	2,5	1,69	2,3	2,27	2,26

Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2002)

Menghitung tegangan ekuivalen untuk tebal taksiran 19,5 cm.

$$STRT = \frac{0,90 + 0,83}{2} = 0,86$$

$$STRG = \frac{1,35 + 1,25}{2} = 1,30$$

$$STdRG = \frac{1,12 + 1,05}{2} = 1,08$$

Menghitung faktor erosi dengan ruji beton bertulang

$$STRT = \frac{1,79 + 1,73}{2} = 1,76$$

$$STRG = \frac{2,40 + 2,33}{2} = 2,36$$

$$STdRG = \frac{2,40 + 2,36}{2} = 2,38$$

Jika sudah diketahui nilai dari tegangan ekuivalen, selanjutnya menganalisa fatik dan erosi.

Tabel 5 Analisa Fatik dan Erosi

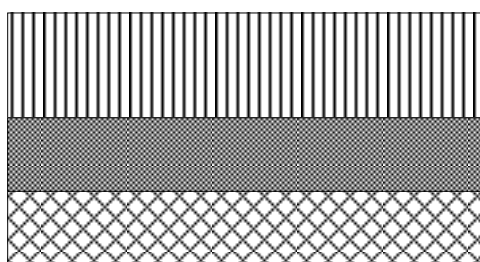
Jenis sumbu	Beban sumbu ton (kN)	Beban rencana per roda (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor tegangan dan erosi	Analisa fatik		Analisa erosi	
					Repetisi ijin	Persen rusak (%)	Repetisi ijin	Persen rusak (%)
(1)	(2)	(3)= (2)/JR x FKB	(4)	(5)	(6)	(7)=(4)*100/(6)	(8)	(7)=(4)*100/(8)
STRT	6 (60)	36,00	$3,3 \times 10^6$	TE = 0,86	TT	0	TT	
	5 (50)	30,00	$7,1 \times 10^6$	FRT = 0,17	TT	0	TT	
	4 (40)	24,00	$5,8 \times 10^6$	FE = 1,76	TT	0	TT	
	3 (30)	18,00	$3,5 \times 10^6$		TT	0	TT	
	2 (20)	12,00	$5,8 \times 10^6$		TT	0	TT	
STRG	8 (80)	24,00	$6,7 \times 10^6$	TE = 1,3	TT	0	$10 \times 10^8$	67,0
	5 (50)	15,00	$3,4 \times 10^6$	FRT = 0,24 FE = 2,36	TT	0	TT	
STdRG	14 (140)	21,00	$3,5 \times 10^6$	TE = 1,08 FRT = 0,20 FE = 2,38	TT	0	TT	
Total					0		67% < 100%	

Dengan percobaan tebal taksiran yang berbeda maka analisis fatik dan erosinyapun hasilnya berbeda. Perbandingan analisa fatik dan erosi dengan taksiran tebal 15 cm dan 24 cm dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6 Perbandingan Analisa Fatik dan Erosi

Tebal Taksir (cm)	Analisa fatik	Analisa erosi
15	83%	67%
19	0	67%
24	0	0

Dari Tabel 6 diperoleh analisis fatik  $83% < 100%$  dan analisis erosi  $67% < 100%$ , maka tebal taksiran aman dan tidak perlu dinaikkan lagi, maka tebal pelat adalah 15 cm. Gambar penampang perkerasan dapat dilihat pada Gambar 1.



Pelat beton 15 cm

Lean concrete 10 cm

Tanah dasar CBR 5%

### Perhitungan Tebal Rigid Pavement Metode AASHTO 1993

Dari data yang telah diperoleh dan hasil survei yang telah dilakukan, mengacupadani nilai CBR 5% maka diketahui data parameter perencanaan adalah sebagai berikut :

#### 1. Menghitung data-data lalu lintas

Berdasarkan survei yang dilakukan di kantor Pengawasan dan Perencanaan Jalan Nasional Jawa Tengah diperkirakan nilai ESAL 80.000.000. Untuk

lebih jelasnya, maka  $W_{18}$  dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{18} = \sum_{N1}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times DD \times DL \times 365$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dihitung  $W_{18}$  untuk jenis kendaraan tertentu. Hasil perhitungan  $W_{18}$  dapat dilihat pada Tabel 7



Jenis Kendaraan	LHR	VDF	DD	DL (%)	Hari dalam setahun	W18
Mobil penumpang	1650	0.0012	0.5	0.9	365	325.215
Bus	410	1.0413	0.5	0.9	365	70123.7453
Truk 2 as kecil	680	0.2458	0.5	0.9	365	27453.402
Truk 2 as besar	720	2.9918	0.5	0.9	365	353810.268
Truk 3 as	410	5.3443	0.5	0.9	365	359898.523
Truk gandeng	60	5.5814	0.5	0.9	365	55004.697
Total						866615.85

DD : Distribusi arah untuk perkerasan kaku antara 0,3-0,7 diambil 0,5

DL : Distribusi lajur untuk 2 arah antara 80%-100% diambil 90 %

VDF: Nilai *Vehicle Damage Factor* dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari hasil perhitungan Tabel 5.6 didapat nilai  $W_{18}$  dalam 1 tahun = 866615,85 ESAL. Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Secara numeric rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} = 866615,85 \times \frac{(1+0,5)^{20} - 1}{0,5} = 576.170.714$$

Jadi didapat nilai lalu lintas kumulatif selama umur rencana 576.170.714.

#### 2. Menghitung modulus reaksi tanah dasar

Modulus reaksi tanah dasar dapat dihitung dengan rumus :

$$k = \frac{M_R}{19,4} = \frac{1500 \times \text{CBR}}{19,4} = \frac{1500 \times 5}{19,4} = 387 \text{ pci}$$

#### 5. Menghitung koefisien drainase

Sebelum menghitung nilai koefisien drainase harus diketahui terlebih dahulu jumlah hari hujan per tahun. Tabel 9 di bawah ini menunjukkan jumlah hari hujan per tahun.

Tabel 9 Jumlah Hari Hujan Per Tahun

No	Tahun	Hari hujan
1	2004	113
2	2005	116
3	2006	122
4	2007	120
5	2008	119
6	2009	123
7	2010	121
8	2011	126
9	2012	125
10	2013	121

Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (2014)

Jadi diperoleh nilai modulus reaksi tanah dasar sebesar 387 pci

#### 3. Menghitung modulus elastisitas beton

Modulus elastisitas beton dapat diketahui dengan rumus :

$$f'_c = 421,46 \text{ kg/cm}^2 = 5993 \text{ psi}$$

$S_c = 45 \text{ kg/cm}^2$  (yang umum digunakan di Indonesia)

$$E_c = 57000 \sqrt{f'_c} = 57000 \sqrt{5993} = 4412624,729 \text{ psi}$$

#### 4. Menghitung realibility

Realibility untuk jalan tol adalah 90% didapat dari Tabel 8

Tabel 8 Realibility (R) disarankan

Klasifikasi jalan	Realibility (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85-99,9	80-99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Nilai *standard deviation* dapat dilihat berdasarkan nilai *realibility* 90% adalah -1,282.

Dari Tabel 5.4 di atas didapat rata-rata jumlah hari hujan per tahun adalah 121 hari.

$T_{jam}$  : 2,5 jam hujan per hari

$T_{hari}$  : 121 hari hujan dalam setahun

$C$  : 0,875 = 87,5 % (diambil dari nilai tengah C antara 0,80 – 0,95)

$$W_L : 100 - C = 100 - 87,5 = 12,5 \% = 0,125$$

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

$$P_{heff} = \frac{2,5}{24} \times \frac{121}{365} \times 0,125 \times 100$$

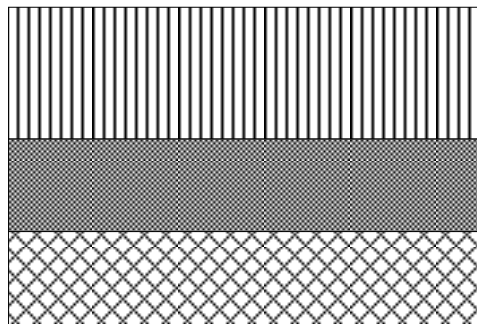
$$P_{heff} = 0,43 \% < 1 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka dapat digunakan angka persentase struktur perkerasan dalam satu tahun terkena air sampai tingkat *saturated* sebesar 1%. Berdasarkan Tabel 3.5 koefisien drainase termasuk golongan *good* dengan nilai koefisien drainase 1,15 – 1,20, maka diambil nilai tengahnya yaitu 1,175

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan parameter perencanaan tebal *rigid pavement* adalah sebagai berikut :

- Umur rencana = 20 tahun
- Lalu lintas, ESAL =  $5,7 \times 10^8$
- Terminal *serviceability* ( $p_t$ ) = 2,5
- *Initial serviceability* ( $p_o$ ) = 4,5
- *Serviceability loss*  $\Delta PSI = p_o - p_t = 2$
- *Reliability* (R) = 90
- *Standard normal deviation* = -1,282
- *Standard deviation* = 0,35
- Modulus reaksi tanah dasar ( $k$ ) = 387 pci
- Kuat tekan ( $f_c'$ ) = 421,46 kg/cm<sup>2</sup>
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) = 4412624,729 psi
- *Flexural strength* ( $S_c'$ ) = 640 psi
- *Drainage coefficient* ( $C_d$ ) = 1,175
- *Load transfer coefficient* (J) = 2,8 (untuk perkerasan jalan tol)

Dari hasil perhitungan dapat dimasukkan ke dalam persamaan berikut :



Pelat beton 40 cm

Lean concrete 10 cm

Tanah dasar CBR 5%

Gambar 2 Penampang Potongan Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

### Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Kondisi Existing

Jalan tol Solo – Kertosono merupakan salah satu bagian jalan tol Trans Jawa yang sampai saat ini belum selesai pembangunannya. Pembangunan jalan tol ini menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perencanaan *rigid pavement* jalan tol Solo-Kertosono diperoleh tebal perkerasan 29 cm dengan *lean concrete* 10 cm. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat tebal untuk metode Bina Marga 2002 adalah sebesar 15 cm, sedangkan untuk metode AASHTO 1993 adalah 40 cm. Dari hasil perhitungan tersebut maka, dapat dibandingkan dengan kondisi *existing* yaitu sebesar 29 cm. Tebal tersebut sama dengan tebal hasil perhitungan dengan metode AASHTO 1993. Selisih yang didapat adalah 25 cm, selisih ini dikarenakan perbedaan parameter *input* dari masing-masing metode.

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan masing-masing metode, maka diperoleh kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter *input* perencanaan tebal perkerasan untuk metode Bina Marga 2002 adalah parameter lalu

$$\begin{aligned} \log W_t &= Z_R S_O + 7,35 \log (D + 1) - 0,06 \\ &+ \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{\frac{1 + 1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ &+ (4,22) \\ &- 0,32 p_t \log \left\{ \frac{S_C C_d (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \left[ \frac{D^{0,75} - 18,42}{\left( \frac{E_c}{k} \right)} \right]} \right\} \\ \log W_t &= -0,0439 + 7,35 \log (D + 1) \\ &- \frac{0,1761 (D + 1)^{8,46}}{(D + 1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \\ &\times \log \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas hasilnya dapat digunakan untuk mencari tebal pelat dengan menggunakan nomogram *rigid pavement*, didapat 16 inch = 40 cm

- lintas, tanah dasar, pondasi bawah, pondasi bawah material berbutir, dan kekuatan beton. Parameter lalu lintas meliputi lajur rencana dan koefisien distribusi, umur rencana, pertumbuhan lalu lintas, lalu lintas rencana, dan faktor keamanan beban. Parameter *input* perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, *reliability*, dan koefisien drainase. Parameter lalu lintas meliputi jenis kendaraan, volume LHR, pertumbuhan lalu lintas tahunan, *damage factor*, umur rencana, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajur, dan *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) selama umur rencana.
2. Tebal pelat beton berdasarkan perhitungan metode Bina Marga 2002 adalah 15 cm, sedangkan berdasarkan metode AASHTO 1993 adalah 40 cm. Selisih yang didapat cukup besar yaitu 25 cm. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter *input* dari masing-masing metode.
3. Berdasarkan survei yang telah dilakukan diperoleh tebal pelat beton kondisi *existing* adalah 29 cm, tebal tersebut sama dengan hasil perhitungan dengan menggunakan metode AASHTO 1993.

## Saran

Berikut ini adalah hal-hal yang disarankan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan :

1. Dalam perencanaan tebal perkerasan kaku dibutuhkan nilai faktor keamanan dari data yang dimasukkan. Semakin besar nilai faktor keamanan tersebut maka tebal pelat desain yang dibutuhkan akan semakin besar, agar tebal pelat yang diperoleh tidak berlebihan, maka data-data yang dimasukkan harus akurat.
2. Beban kendaraan yang digunakan dalam perencanaan seharusnya adalah data beban kendaraan yang diperoleh dari data jembatan timbang, sehingga pengaruh beban terhadap perkerasan semakin mendekati kondisi di lapangan.
3. Untuk penelitian sejenis selanjutnya sebaiknya studi kasus pada jalan yang sudah jadi atau sudah dilewati, hal itu akan mempermudah kita dalam mencari data-data yang diperlukan. Untuk jalan yang belum jadi sebelumnya harus sudah tahu data-data apasaja yang diperlukan untuk penelitian.
4. Hasil perhitungan mungkin tidak tepat, hal ini dikarenakan data lalu lintas yang didapat tidak akurat,

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. *Guide For Design Of Pavement Structures*.
- Alamsyah, Alik, 2003. *Rekayasa Jalan Raya*, UMM Pres Malang.
- Augustine, Sari, 2004. *Analisa Perbandingan Perkerasan Tebal Kaku Antara Metode AASHTO 1993 dengan Metode Bina Marga 1983*, ITB Bandung.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*.
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga, 2010. *Bab VII Spesifikasi Teknis*
- Pengelola Tugas Akhir, 2001. *Pedoman Penyusunan Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tentang Jalan Tol, 2005.
- Surat, 2011. *Analisis Struktur Perkerasan Jalan Di Atas Tanah Ekspansif (Studi Kasus: Ruas Jalan Porwodadi-Blora)*, UNS Surakarta.
- Suryawan, Ari, 2009. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Beta Offset Yogyakarta.
- Tahrir, Eko, 2005. *Analisa Perancangan Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Menggunakan Metode AASHTO 1993, SNI PD\_T14-2003, Road Note 29 dan NAASRA 1987 Jalan Kubang Raya Provinsi Riau, Lintas Timur Sumatera*, Universitas Gunadarma Depok.