

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) PADA RUAS JALAN TOL KARANGANYAR - SOLO

NASKAH TERPUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



YONANDIKA PANDU PUTRANTO 115060107111004-61

ACHMAD MIRAJ RIDWANSYAH 115060107111032-61

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) PADA RUAS JALAN TOL KARANGANYAR - SOLO

Achmad Miraj Ridwansyah dan Yonandika Pandu Putranto, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2016, *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Ruas Jalan Tol Karanganyar-Solo*, Dosen Pembimbing : Ludfi Djakfar dan Rahayu K.

ABSTRAK

Jalan tol Solo – Kertosono merupakan salah satu bagian jalan tol Trans Jawa yang saat ini masih dalam tahap pembangunan. 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.

Penelitian ini dilakukan karena adanya beberapa hambatan yang terjadi mengakibatkan tertundanya pekerjaan pembangunan hingga saat ini (2015) yang awalnya dijadwalkan selesai pada tahun 2014. Penundaan pekerjaan dapat menyebabkan terjadinya perubahan data lapangan, terutama data lalu lintas harian, yang menyebabkan perubahan pada desain perencanaan. Hasil analisa tebal perkerasan yang baru nantinya dapat digunakan sebagai data pembanding dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk menyelesaikan masalah yang ada.

Perencanaan perkerasan kaku pada ruas tol Karanganyar-Solo dianalisa berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013, berbeda dari hasil analisa sebelumnya yang diketahui masih memakai Metode Bina Marga tahun 2002 yang merupakan metode analisa lama. Maka diharapkan hasilnya dapat menjadi pembanding dan saran alternatif untuk instansi terkait karena tertundanya proyek dapat menyebabkan terjadinya perubahan data analisa desain terutama pada data jumlah lalu lintas. Selain berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013, digunakan Metode AASHTO 1993 sebagai pembanding hasil perencanaan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan jenis perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan. Struktur perkerasan beton direncanakan dengan menggunakan ketebalan 300 mm atau 30,0 cm, disesuaikan dengan perhitungan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. Sedangkan untuk pondasi bawah menggunakan lapis pondasi agregat kelas A dengan tebal 15 cm. Lebar pelat sebesar 2 x 3,6 m per lajur dengan panjang 5 m. Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m dengan diameter 36 mm, panjang 45 cm, dan jarak antar dowel 30 cm. Batang pengikat (*tiebar*) digunakan baja ulir dengan diameter 16 mm, panjang 70 cm, dan jarak antar batang pengikat 75 cm. Berdasarkan Metode AASHTO didapatkan hasil tebal pelat beton 28 cm dengan menggunakan Lapis Pondasi LMC (*Lean-Mix Concrete*) 10 cm dan juga Lapis pondasi Agregat Kelas A 15 cm.

Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan perbedaan metode yang digunakan serta semakin bertambahnya volume lalu lintas tiap tahunnya selama masa tertundanya pembangunan proyek. Sehingga analisis proyek yang dibuat pada tahun 2010 tentunya akan berbeda dengan analisis yang dibuat pada tahun 2015.

Kata kunci : perencanaan jalan, jalan tol, perkerasan kaku, tebal perkerasan, tol karanganyar-solo

ABSTRACT

Solo - Kertosono toll road is a part of Trans Java toll road which is currently under construction. The construction of this highway using rigid pavement (rigid pavement). Rigid pavement is a pavement using cements as connective material so its level of rigidity relatively high.

This research is conducted because there were some problems that occurred and led to delay in construction jobs until today (2015) which was originally scheduled for completion in 2014. The delayed work can change the field data, particularly daily traffic data, which causes changes to the design plan. Later, the results of a new analysis of pavement thickness can be used as comparison data and an alternative solution to solve the existing problems.

The Rigid Pavement Design for Karanganyar – Solo Toll Road is analyzed based on Pavement Design Manual 2013. The result is different from the previous analysis results, the methods of Bina Marga Highways 2002, which is an outdated method analysis. It is expected that the results can be a comparison to the outdated results and alternative suggestions to the relevant constructions agencies because the delays can change the design of data analysis, primarily on the amount of data traffic. In addition, based on Pavement Design Manual in 2013, this research used AASHTO 1993 method analysis as a method comparison.

The results obtained from this study is a design using jointed unreinforced concrete pavement. The design of pavement structure is designed using a thickness of 300 mm or 30.0 cm, adjusted according to the calculation of pavement thickness design using Road Pavement Design Manual 2013, while the sub-base is using the Aggregate Base Class A with a thickness of 15 cm. Plate's width is 2 x 3.6 m per lane with a length of 5 m. Dowel bar installed every 5 m with 36 mm in diameter, 45 cm in length, and 30 cm in distance between the other dowel bar. Tiebar are using deformed steel with 16 mm in diameter, 70 cm in length, and 75 cm in distance between the steel. Based on AASHTO method, the thickness of the concrete slab is 28 cm with the LMC (Lean-Mix Concrete) base is 10 cm thick as the subbase and also Aggregate Class A with 15 cm thick as the foundation layer.

The differences occurred are due to the differences in the methods used and the increasing volume of traffic each year during the period of delay in the construction of the project as well. Therefore, the analysis of the project made in 2010 would be different from the analysis made in 2015.

Keywords: road design, toll road, rigid pavement, pavement thickness, Karanganyar – Solo toll road.

PENDAHULUAN

Jalan tol Solo – Kertosono merupakan salah satu bagian jalan tol Trans Jawa yang saat ini masih dalam tahap pembangunan. Pembangunan jalan tol ini menggunakan perkerasan kaku (rigid pavement). Penundaaan pekerjaan dapat menyebabkan terjadinya perubahan data lapangan, terutama data lalu lintas harian, yang menyebabkan perubahan pada desain perencanaan. Selain itu, pada perencanaan desain perkerasan kaku yang ada di lapangan masih menggunakan metode yang lama sehingga pada penelitian digunakan metode perencanaan terbaru yaitu menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013.

METODE

Data yang dibutuhkan berupa data-data pendukung analisa yaitu data primer yang meliputi data volume lalu lintas dari survey traffic counting, survey asal-tujuan yang menggunakan metode survei plat nomor kendaraan dan survei data beban kendaraan yang dilakukan pencatatannya dilakukan pada jembatan timbang terdekat. Data sekunder adalah data kependudukan Provinsi Jawa Tengah dan CBR lapangan sebesar 5,2%.

Pelaksanaan survey traffic counting dan survey plat nomor kendaraan akan dijelaskan sebagai berikut:

- Lokasi survey traffic counting dan survey plat nomor kendaraan dilakukan di dua lokasi sebagaimana disebutkan sebagai berikut:

- i. Simpang bersinyal 3-kaki Jl. Semarang-Surakarta – Jl. Tentara Pelajar.
 - ii. Simpang bersinyal 4-kaki Jl. Raya Maospati-Solo – Jl. Tasikmadu Kebakkramat.
- Dilaksanakan survey traffic counting selama 24 jam dan survey plat nomor kendaraan selama 1 jam pada lokasi yang sudah ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:
 - i. Jumlah kendaraan dihitung per sepuluh menit
 - ii. Objek studi ditujukan untuk kendaraan bermotor dengan sumbu 2-as keatas (Mobil, Mini-Bus, Pick-up, Bus, Truck, dll).
 - Survei beban kendaraan berupa pencatatan beban kendaraan di jembatan timbang terdekat dari lokasi penelitian selama 4 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil grafik didapatkan nilai volume tertinggi pada jam puncak di masing-masing titik survey yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 Disebutkan pada lokasi survey Titik 1, jam puncak diketahui terjadi pada pukul 07.20 - 08.20 dengan nilai sebesar 1.572 SMP/jam. Pada lokasi survey Titik 2 jam puncak diketahui terjadi pada pukul 06.00 - 07.00 dengan nilai sebesar 1.593 SMP/jam. Kemudian dari 2 titik lokasi survey diatas diambil nilai SMP/jam tertinggi, yaitu nilai volume tertinggi pada jam puncak yang terjadi di titik 2 pada pukul 06.00 - 07.00 sebesar 1.593 SMP/jam.

Tabel 1. Hasil Analisa Volume Jam Perencanaan (VJP)

Titik	Waktu	Nilai (SMP/jam)
1	07.20 - 08.20	1572
2	06.00 - 07.00	1593

Sumber : Hasil Survey

Analisa Derajat Kejenuhan Jalan Eksisting

Pada penelitian nilai DS dicari untuk menentukan tingkat pelayanan jalan eksisting. Untuk menghitung derajat kejenuhan pada suatu ruas jalan perkotaan dengan menggunakan perhitungan berdasarkan MKJI 1997 sebagai berikut :

$$DS = Q/C$$

Untuk perhitungan kapasitas (C) digunakan nilai C_0 sebesar 1650 SMP/jam; $FC_w = 0,92$; $FC_s = 0,94$, dikarenakan tipe jalan eksisting adalah Empat lajur terbagi dengan lebar jalur lalu lintas efektif 3,00 m, pemisahan arah 50%-50%, dan jumlah penduduk berkisar antara 500.000 s/d 1 juta penduduk.

Analisa Hasil Data Beban Sumbu Kendaraan

Dari survey Beban Sumbu Kendaraan ini didapatkan masing-masing 100 jenis sampel dari 2 hari pelaksanaan survey masing-masing selama 4 jam. Survey ini dilakukan untuk mendapatkan nilai VDF aktual yang kemudian dibandingkan dengan VDF standart dari Manual Desain

Sehingga nilai C didapat sebesar 1.675 SMP/jam. Berikut adalah perhitungan nilai C:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FCCS$$

$$C = 1650 \times 1,08 \times 1 \times 0,94$$

$$C = 1675 \text{ SMP/jam}$$

Setelah nilai C diketahui dapat dicari nilai DS dari data yang didapat, nilai Q sebesar 1.593 SMP/jam didapat dari volume jam puncak tertinggi dan nilai C sebesar 1.675 SMP/jam. Sehingga dapat diketahui nilai DS didapatkan sebesar 0,92 maka dapat disimpulkan tingkat pelayanan lalu lintas pada jalan eksisting adalah tingkat pelayanan E yaitu arus tidak stabil kecepatan terkadang terhenti, dan permintaan sudah mendekati kapasitas.

Perkerasan Jalan Tahun 2013. Hasil perbandingan dari nilai *Vehicle Damaging Factor* (VDF) Aktual yang didapatkan dengan nilai *Vehicle Damaging Factor* (VDF) standart berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Perbandingan Nilai VDF aktual dan VDF Standart

Jenis Kendaraan	VDF Aktual	VDF Standart
Truck ringan 2 sumbu	0,34	0,3
Truck sedang 2 sumbu	0,45	0,7
Truck 3 sumbu ringan	7,76	7,6
Truck gandeng	28,5	36,9

Sumber : Hasil Survey

Analisa Hasil Pengambilan Data Asal-Tujuan (Survey O/D)

Analisa perhitungan metode survey pelat nomor kendaraan (*license plate matching*) dilakukan dengan cara merekam dan mencatat pelat nomor

kendaraan bermotor selain sepeda motor yang melalui titik 1 menuju titik 2 dan sebaliknya. Berikut hasil analisa survey pelat nomor kendaraan dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Survey Pelat Nomor

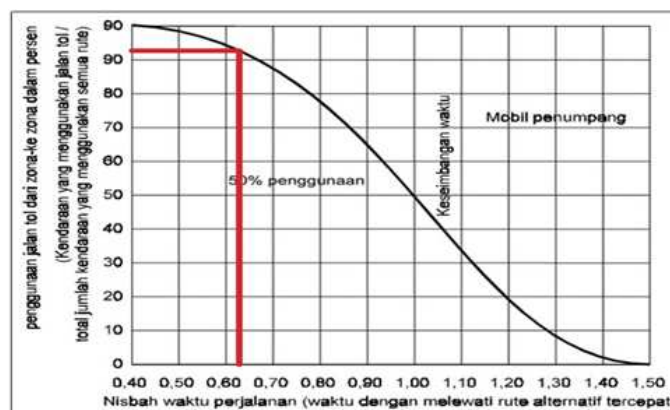
Titik 1 menuju 2	Jumlah Kendaraan Total	Jumlah Kendaraan yang melintasi kedua titik	Persentase (%)
06.00 - 07.00	672	321	47,8
Titik 2 menuju 1	Jumlah Kendaraan Total	Jumlah Kendaraan yang melintasi kedua titik	Persentase (%)
06.00 - 07.00	873	441	50,5

Sumber: Hasil Survey

Nilai persentase tersebut menjadi proyeksi jumlah kendaraan yang akan melewati ruas jalan tol Karanganyar - Solo. Dari masing-masing data tersebut kemudian dipilih nilai terbesar yaitu dengan nilai sebesar 50,5%.

Sedangkan untuk perhitungan kurva diversifikasi menggunakan grafik nisbah waktu perjalanan, dimana dalam perhitungannya dibandingkan waktu tempuh perjalanan antara jalan eksisting dan waktu tempuh perjalanan pada Ruas jalan tol Karanganyar - Solo. Data yang didapatkan adalah panjang jalan eksisting dari titik 1 menuju titik 2 sepanjang

24,1 km dengan kisaran waktu tempuh 40 menit dengan kecepatan rata-rata 48 km/jam. Pada jalan tol Karanganyar - Solo, panjang jalan yang direncanakan sepanjang 20,1 km ditempuh dengan kisaran waktu 25 menit dengan kecepatan rata-rata 80 km/jam. Dari data tersebut untuk mendapatkan nisbah waktu dilakukan dengan cara waktu tempuh jalan tol dibagi dengan waktu tempuh jalan eksisting. Sehingga didapatkan nisbah waktu dengan nilai sebesar 0,625. Hasil analisa dari kurva diversifikasi didapatkan nilai 92% seperti digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Diversi

Dalam hal ini didapat perbandingan nilai 92% melalui kurva diversifikasi, sedangkan pada survey pelat nomor didapatkan nilai 50,5%. Berdasarkan kedua nilai perbandingan tersebut bahwa dari total volume kendaraan pada jalan eksisting sekitar 50,5% yang melewati titik 1 menuju ke titik 2, begitupun sebaliknya.

Dari 50,5% kendaraan yang melewati titik 1 menuju ke titik 2 atau sebaliknya, sekitar 92% akan melewati jalan tol. Berdasarkan hasil analisa tersebut maka bisa ditentukan sekitar 46,5% total volume kendaraan pada jalan eksisting yang akan melewati jalan tol.

Analisa Hasil Data Volume Lalu Lintas Rencana

Perhitungan selanjutnya dilakukan guna mendapatkan berapa jumlah kendaraan yang diproyeksikan akan melewati ruas jalan tol Karanganyar - Solo. Perhitungan dilakukan dengan cara mencari jumlah kendaraan menurut jenisnya, berdasarkan komposisi lalu lintas yang sudah diketahui dari kondisi

eksisting. Kemudian volume kendaraan tiap jenis kendaraan dikalikan dengan persentase kendaraan yang terdiversi sehingga perkiraan jumlah kendaraan berdasar jenis kendaraan yang diproyeksikan akan melewati jalan rencana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Prediksi Volume Kendaraan pada Rencana Jalan Tol

NO	Jenis Kendaraan	Jumlah kendaraan tiap jenis (kend.)	Jumlah kendaraan yang terdiversi sebesar 46,5% (kend.)
1	Sepeda motor, sekuter, dan kendaraan roda tiga	36817	0
2	Sedan, jeep, dan station wagon	14087	6550
3	Oplet, pick-up oplet suburban, combi, dan mini bus	1854	862
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran	1533	713
5	Bus kecil	517	240
6	Bus besar	983	457
7	Truk ringan 2 sumbu	1504	699
8	Truk sedang 2 sumbu	1024	476
9	Truk 3 sumbu	463	215
10	Truk gandeng	302	140
11	Truk semi trailer	153	71
12	Kendaraan tak bermotor	0	0

Sumber: Hasil Penelitian

Dalam tabel diatas pada kolom volume kendaraan sepeda motor, sekuter, dan kendaraan roda tiga nilai jumlah kendaraan menjadi nol atau dihilangkan karena sepeda motor, sekuter, dan

kendaraan roda tiga tidak akan melewati jalan tol rencana. Nilai dari hasil yang didapatkan dari tabel diatas digunakan untuk menentukan nilai ESA dan CESA untuk kondisi jalan rencana.

Analisa Data Pertumbuhan Lalu Lintas

Penentuan nilai pertumbuhan lalu lintas (i) dianalisa berdasarkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 yang terus mengalami peningkatan. Jumlah terbesar terdapat pada Sepeda Motor. Dari data Total tersebut didapatkan prosentase sebesar 12.3 % untuk rata-rata pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2009-2012. Sehingga faktor pertumbuhan selama umur rencana dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

$$R = \frac{(1 + 0,01(12,3\%))^{40} - 1}{0,01(12,3\%)}$$

$$R = 40,975$$

Dengan nilai angka pertumbuhan (i) sebesar 12.3% dan umur rencana 40 tahun, maka hasil faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R) yang didapat sebesar 40.975.

Analisa Data Terhadap Nilai ESA (Equivalent Standard Axle) dan CESA (Cumulative Equivalent Single Axle Load)

Nilai ESA dan CESA pada kondisi jalan eksisting dicari berdasarkan nilai LHRT yang telah ditentukan. Pada perhitungan nilai ESA dan CESA menggunakan VDF standart dan VDF aktual pada kondisi

jalan eksisting dan kondisi jalan tol rencana. Perhitungan nilai ESA dan CESA dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Nilai ESA (Equivalent Standart Axle) dan CESA (Cumulative Equivalent Single Axle Load) pada Kondisi Jalan Eksisting

	VDF Standart	VDF Aktual
ESA	15239.6	13112.752
CESA	22,79 x 10 ⁷	19,61 x 10 ⁷

Sumber: Hasil Survey

Tabel 6. Nilai ESA (*Equivalent Standart Axle*) dan CESA (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*) pada Kondisi Jalan Tol Rencana

	VDF Standart	VDF Aktual
ESA	7086.414	6097.42968
CESA	10,6 x 10 ⁷	9.12 x 10 ⁷

Sumber: Hasil Survey

Analisis Desain Perkerasan Kaku Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013

Dalam pedoman desain perkerasan kaku Pd T-14-2003, desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga dan bukan pada nilai CESA. Sebaran kelompok sumbu digunakan untuk menentukan desain struktur

perkerasan kaku pada Bagan Desain 4. Sebaran kelompok sumbu yang digunakan adalah berdasarkan sumbu kendaraan dari prediksi volume kendaraan rencana jalan tol. Hasil analisa distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Jenis kendaraan	konfigurasi beban sumbu (ton)				Jumlah Kendaraan (buah)	Jumlah Sumbu Per Kendaraan (buah)	Jumlah Sumbu (buah)	STRT		STRG		STdRG		
	RD	RB	RGD	RGB				BS	JS	BS	JS	BS	JS	
								(ton)	(buah)	(ton)	(buah)	(ton)	(buah)	
(1)	(2)				(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Sepeda motor, sekuter, dan kendaraan roda tiga	1	1	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sedan, jeep, dan station wagon	1	1	-	-	6550	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oplet, pick-up oplet suburban, combi, dan mini bus	1	1	-	-	862	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pick up, micro truk dan mobil hantaran	1	3	-	-	713	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus kecil	5.4	5.4	-	-	240	2	481	5.4	240	-	-	-	-	-
Bus besar	5.4	8.16	-	-	457	2	914	5.4	457	8.16	457	-	-	-
Truk ringan 2 sumbu	5.4	5.4	-	-	699	2	1399	5.4	699	-	-	-	-	-
Truk sedang 2 sumbu	5.4	8.16	-	-	476	2	952	5.4	476	8.16	476	-	-	-
Truk 3 sumbu	5.4	15	-	-	215	2	431	5.4	215	-	-	15	215	-
Truk gandeng	5.4	15	8.16	8.16	140	4	562	5.4	140	8.16	140	8.16	140	15
Truk semi trailer	5.4	15	-	15	71	3	213	5.4	71	-	-	15	71	15
	Total						4952		3240		1214		498	

Sumber: Hasil Penelitian

Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana 40 tahun:

$$JSKN = 4952 \times 365 \times 40.975 \times 0,45$$

$$= 33325833.68 \approx 33,33 \times 10^6$$

Berdasarkan rumus diatas didapatkan nilai JSKN sebesar $33,33 \times 10^6$. Jumlah kelompok sumbu selama umur rencana

digunakan sebagai input pada Bagan Desain 4. Nilai JSKN yang didapat sebesar $33,33 \times 10^6$ maka digunakan desain struktur perkerasan R4 seperti yang ditunjukkan pada tabel 8.

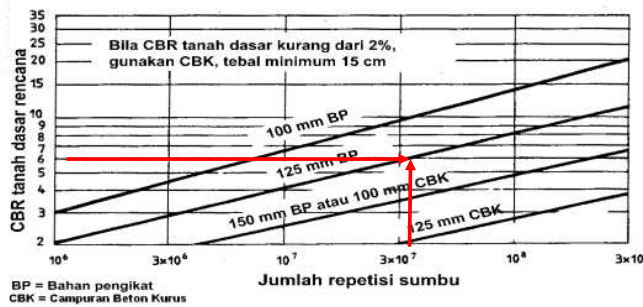
Tabel 8. Bagan Desain 4: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) ¹¹	$<4.3 \times 10^6$	$<8.6 \times 10^6$	$<25.8 \times 10^6$	$<43 \times 10^6$	$<86 \times 10^6$
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²	150				

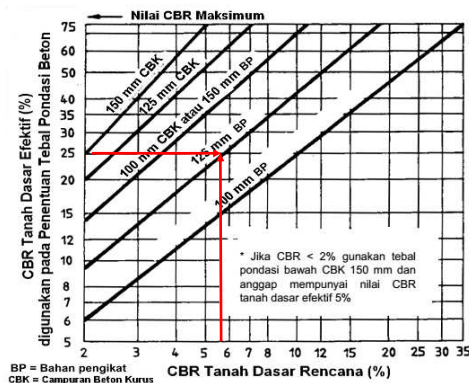
Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013

Untuk menentukan apakah tebal perkerasan yang dipilih bisa digunakan atau tidak maka dilakukan analisa fatik dan erosi dengan menentukan tebal pondasi bawah minimum dan CBR efektif. Tebal pondasi bawah minimum ditentukan oleh gambar diagram

berdasarkan jumlah repetisi sumbu dan CBR tanah dasar rencana seperti terlihat pada Gambar 2. Penentuan CBR efektif didasarkan pada CBR tanah dasar dan tebal pondasi bawah yang direncanakan. Penentuan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



Gambar 3. CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

Setelah didapatkan tebal pondasi bawah minimum dan nilai CBR efektif maka nilai tegangan setara dan faktor erosi dapat ditentukan berdasarkan tebal slab

dan nilai CBR efektif. Nilai tegangan setara dan faktor erosi dapat ditentukan berdasarkan Tabel 9.

Tabel 9. Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,51	0,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	0,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	0,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	0,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,06	2,2
290	25	0,49	0,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	0,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	0,73	0,63	0,49	1,51	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,96	2,05
290	75	0,47	0,7	0,6	0,47	1,5	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98
300	5	0,49	0,86	0,79	0,58	1,57	2,17	2,42	2,52	1,32	1,93	2,16	2,32
300	10	0,48	0,81	0,73	0,55	1,55	2,15	2,36	2,44	1,3	1,91	2,1	2,24
300	15	0,47	0,78	0,7	0,53	1,53	2,14	2,33	2,4	1,29	1,89	2,07	2,2
300	20	0,46	0,77	0,69	0,52	1,52	2,13	2,31	2,37	1,28	1,88	2,05	2,18
300	25	0,48	0,76	0,67	0,51	1,51	2,12	2,29	2,35	1,27	1,87	2,03	2,15
300	35	0,46	0,73	0,64	0,49	1,49	2,1	2,25	2,3	1,25	1,85	1,99	2,09
300	50	0,45	0,7	0,6	0,46	1,48	2,08	2,2	2,24	1,23	1,83	1,95	2,03
300	75	0,45	0,67	0,57	0,45	1,46	2,06	2,15	2,17	1,21	1,81	1,9	1,95
310	5	0,46	0,81	0,76	0,55	1,54	2,14	2,4	2,5	1,29	1,89	2,13	2,3
310	10	0,4	0,77	0,7	0,52	1,51	2,11	2,33	2,42	1,27	1,87	2,07	2,22
310	15	0,45	0,75	0,68	0,5	1,49	2,09	2,3	2,38	1,25	1,86	2,04	2,18
310	20	0,44	0,74	0,66	0,5	1,49	2,09	2,28	2,35	1,24	1,85	2,03	2,15
310	25	0,44	0,72	0,64	0,49	1,48	2,08	2,26	2,33	1,23	1,84	2,01	2,13
310	35	0,43	0,69	0,61	0,47	1,48	2,06	2,22	2,28	1,21	1,82	1,97	2,07
310	50	0,43	0,67	0,58	0,44	1,44	2,04	2,18	2,22	1,19	1,79	1,92	2,01
310	75	0,42	0,63	0,54	0,43	1,42	2,02	2,13	2,15	1,17	1,77	1,87	1,93
320	5	0,44	0,78	0,74	0,53	1,5	2,11	2,37	2,48	1,25	1,85	2,1	2,27
320	10	0,43	0,74	0,68	0,5	1,48	2,08	2,31	2,4	1,23	1,83	2,05	2,19
320	15	0,43	0,72	0,65	0,48	1,46	2,06	2,28	2,36	1,22	1,82	2,02	2,15
320	20	0,42	0,71	0,64	0,48	1,45	2,06	2,26	2,33	1,21	1,81	2	2,13
320	25	0,42	0,69	0,62	0,47	1,44	2,05	2,24	2,31	1,2	1,8	1,98	2,1
320	35	0,41	0,66	0,59	0,45	1,42	2,03	2,2	2,26	1,18	1,78	1,94	2,04
320	50	0,41	0,64	0,55	0,43	1,41	2,01	2,15	2,2	1,15	1,76	1,89	1,98
320	75	0,41	0,62	0,53	0,41	1,39	1,99	2,1	2,12	1,13	1,74	1,84	1,91
330	5	0,42	0,74	0,71	0,51	1,47	2,07	2,35	2,46	1,22	1,82	2,07	2,25
330	10	0,41	0,71	0,65	0,48	1,44	2,05	2,29	2,38	1,19	1,79	2,02	2,17
330	15	0,41	0,69	0,63	0,46	1,42	2,03	2,26	2,34	1,17	1,77	1,99	2,13
330	20	0,4	0,68	0,62	0,46	1,42	2,02	2,24	2,31	1,17	1,77	1,97	2,11
330	25	0,4	0,67	0,6	0,45	1,41	2,01	2,21	2,29	1,16	1,76	1,95	2,06
330	35	0,39	0,64	0,57	0,43	1,39	1,99	2,17	2,24	1,14	1,74	1,91	2,02
330	50	0,39	0,61	0,53	0,41	1,37	1,97	2,13	2,18	1,12	1,72	1,87	1,96
330	75	0,39	0,59	0,51	0,39	1,35	1,95	2,06	2,1	1,1	1,7	1,8	1,88
340	5	0,4	0,71	0,69	0,49	1,44	2,04	2,33	2,44	1,18	1,78	2,05	2,23
340	10	0,39	0,68	0,64	0,47	1,41	2,02	2,26	2,36	1,16	1,76	1,99	2,15
340	15	0,39	0,66	0,61	0,45	1,39	2	2,23	2,32	1,15	1,75	1,96	2,11
340	20	0,38	0,65	0,6	0,44	1,39	1,99	2,21	2,29	1,14	1,74	1,94	2,09
340	25	0,38	0,64	0,58	0,43	1,38	1,98	2,19	2,27	1,13	1,73	1,92	2,06
340	35	0,37	0,62	0,55	0,41	1,36	1,96	2,15	2,22	1,11	1,71	1,88	2
340	50	0,37	0,59	0,52	0,39	1,34	1,94	2,1	2,16	1,08	1,69	1,84	1,94
340	75	0,37	0,57	0,49	0,38	1,32	1,92	2,05	2,08	1,06	1,67	1,79	1,86
350	5	0,38	0,69	0,67	0,47	1,41	2,01	2,31	2,43	1,15	1,75	2,02	2,21
350	10	0,37	0,65	0,62	0,45	1,38	1,98	2,24	2,35	1,13	1,73	1,97	2,13
350	15	0,37	0,63	0,59	0,44	1,36	1,96	2,21	2,3	1,11	1,71	1,94	2,09
350	20	0,36	0,62	0,58	0,43	1,36	1,96	2,19	2,28	1,1	1,7	1,92	2,07
350	25	0,36	0,61	0,56	0,42	1,35	1,95	2,17	2,25	1,09	1,69	1,9	2,04
350	35	0,36	0,59	0,53	0,4	1,33	1,93	2,13	2,19	1,07	1,67	1,86	1,98
350	50	0,36	0,57	0,5	0,38	1,31	1,91	2,08	2,14	1,05	1,65	1,81	1,92
350	75	0,35	0,55	0,47	0,36	1,29	1,89	2,03	2,08	1,03	1,63	1,76	1,84

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (2003:25)

Sebelum melakukan analisa fatik dan erosi, yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung repetisi sumbu rencana dengan mengacu pada nilai JSKN yang didapatkan dari perhitungan

jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya. Hasil perhitungan repetisi sumbu rencana dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	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	5.4	3240	1	0.6542398	33325834	21803087.92
Total		3239.655	1			
STRG	8.16	1214	1	0.2451873	33325834	8171072.565
Total		1214.115	1			
STdRG	15	498	1	0.1005728	33325834	3351673.197
Total		498.015	1			
		Kumulatif				33325833.68
						$33,33 \times 10^6$

Sumber: Hasil Penelitian

Untuk menghitung Faktor Rasio Tegangan (FRT) digunakan rumus berikut:

$$FRT = TE/fcf$$

Dimana:

TE = Tegangan Ekuivalen

f_{cf} = asumsi kuat tarik lentur beton (f'_{cf}) umur 28 hari = 4 Mpa

Jika nilai tegangan ekuivalen sudah diketahui, selanjutnya menganalisa fatik dan erosi. Hasil analisa fatik dan erosi akan ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Analisa Fatik dan Analisa Erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu ton (kN)	Beban Rencana (kN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi ijin	Persen Rusak (%)
(1)	(2)	(3)	(4)		(6)	(7)=(4)*100/(6)	(8)	(9)=(4)*100/(6)
STRT	6 (60)	33	21803087.92	TE = 0.46 FRT = 0.115 FE = 1.27	TT	0	TT	0
STRG	8 (80)	22	8171072.565	TE = 0.76 FRT = 0.19 FE = 1.87	TT	0	TT	0
STdRG	14 (140)	19.25	3351673.197	TE = 0.67 FRT = 0.1675 FE = 2.03	TT	0	TT	0
Total						0% < 100%		0% < 100%

Sumber: Hasil Penelitian

Karena % rusak fatik lebih kecil dari 100% maka tebal pelat 300 mm bisa digunakan.

Analisis Desain Perkerasan Kaku Berdasarkan AASHTO 1993

Berikut ini adalah data-data yang digunakan untuk menentukan tebal slab berdasarkan Metode AASHTO 1993:

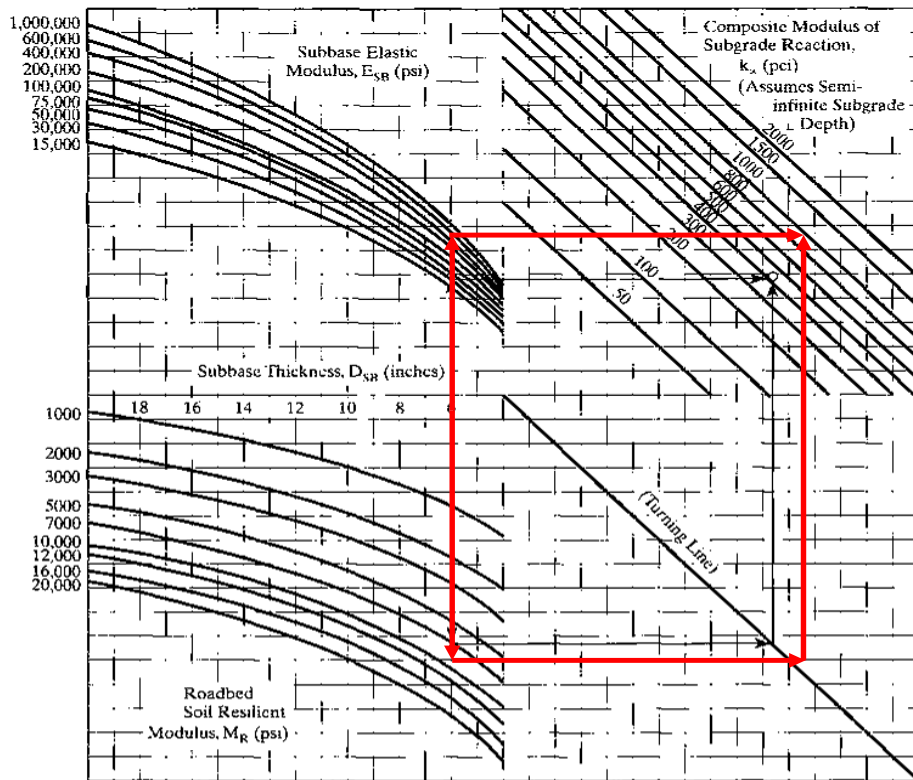
- Umur rencana = 40 tahun
- Lalu lintas, ESAL (W_t) = 106×10^6
- *Terminal serviceability* (P_t) = 2,5
Nilai $p_t = 2.5$ untuk jalan kolektor primer dan semua tipe jalan arteri.
- *Initial serviceability* (P_o) = 4,5
Berdasarkan AASHTO 1993, nilai P_o untuk perkerasan kaku adalah 4,5
- *Serviceability loss*, $\Delta PSI = 2$
Untuk mendapatkan nilai ΔPSI menggunakan persamaan $\Delta PSI = P_o - P_t$.
- *Reliability* (R) = 90%
Nilai R ditentukan berdasarkan fungsi jalan tol sebagai penghubung antar provinsi/antar kota besar dan berada di daerah pedesaan/pinggir kota (rural).
- *Standard normal deviation* (Z_R) = -1,282
- *Standard deviation* (S_o) = 0,35
Berdasarkan AASHTO 1993, nilai *Standard deviation* (S_o) untuk perkerasan kaku antar 0,30-0,40 maka dipilih nilai 0,35.
- Modulus reaksi subgrade (k)

Dengan menggunakan data-data diatas maka nilai k dapat

Berdasarkan AASHTO 1993, nilai Modulus reaksi tanah dasar (k) ditentukan apakah menggunakan subbase atau tidak. Pada perencanaan ini digunakan subbase *Lean Mix Concrete* (LMC). Data-data yang digunakan untuk menentukan nilai k sebagai berikut:

- $M_R = 9000$ psi
Nilai CBR tanah dasar sebesar 6% maka nilai M_R bisa didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:
 $M_R = 1500 \times CBR$
 $M_R = 1500 \times 6 = 9000$ psi
Maka didapatkan nilai M_R sebesar 9000 psi.
- $E_{SB} = 500.000$ psi
Karena LMC merupakan campuran semen-agregat (*cement-aggregate mixtures*).
- Tebal subbase yang digunakan adalah sebesar 6 in (152 mm).

ditentukan dengan menggunakan diagram berikut:



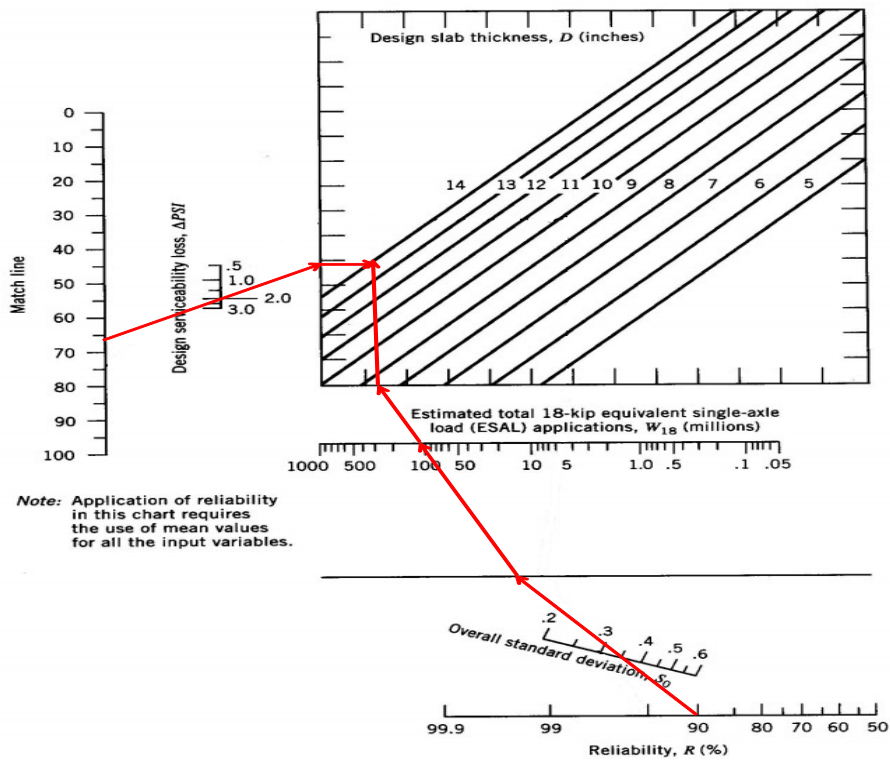
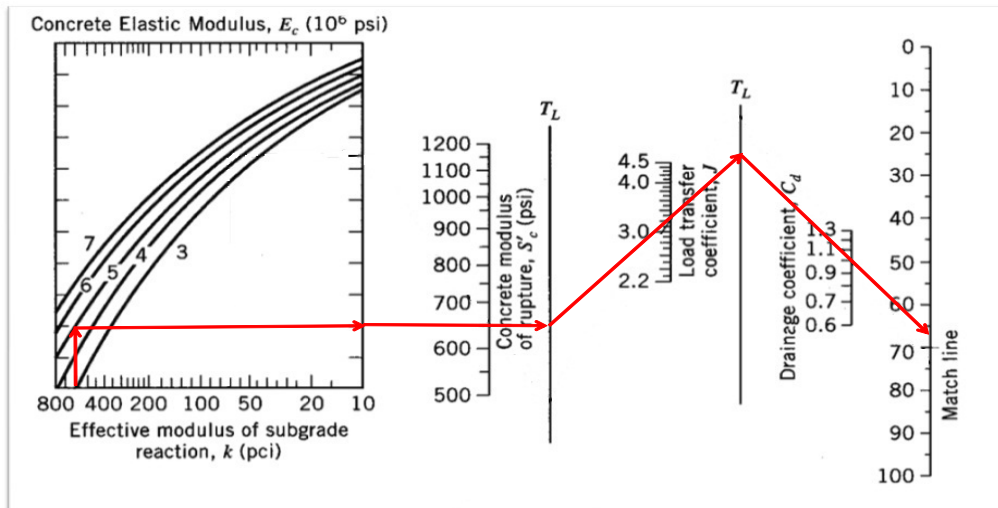
Gambar 4. Diagram untuk menentukan Modulus reaksi subgrade (k)

Berdasarkan diagram diatas maka didapatkan nilai k sebesar 600 pci.

- Modulus elastisitas beton (E_c) = 5×10^6 psi
Berdasarkan *Pavement Analysis and Design* (Yang H. Huang) yang mengacu pada AASHTO 1993, nilai modulus elastisitas beton (E_c) dapat diasumsikan sebesar 5×10^6 psi.
- *Moduli of rupture* (S_c) = 650 psi (4,5 MPa)
Berdasarkan *Pavement Analysis and Design* (Yang H. Huang) yang mengacu pada *Portland Cement Association Method*, nilai
- *Moduli of rupture* (S_c') untuk beton normal sebesar 650 psi (4,5 MPa).

- *Drainage coefficient* (C_d) = 1,0
Berdasarkan AASHTO yang mengacu pada *AASHTO Road Test*, untuk perkerasan kaku maka nilai C_d sebesar 1,0.
- *Load transfer coefficient* (J) = 3,2
Berdasarkan AASHTO yang mengacu pada *AASHTO Road Test*, untuk perkerasan kaku tipe perkerasan beton semen tanpa tulangan dengan sambungan maka nilai J sebesar 3,2.

Dengan menggunakan data-data diatas dan nomogram perkerasan kaku berdasarkan metode AASHTO maka tebal slab bisa ditentukan. Berikut adalah nomogram perkerasan kaku berdasarkan Metode AASHTO:



Gambar 5. Nomogram Perkerasan Kaku AASHTO

Berdasarkan nomogram diatas maka didapat tebal pelat sebesar 14 in = 35,56 cm.

Hasil Desain Struktur Perkerasan Kaku Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013.

Untuk rincian desain pada perkerasan beton bersambung tanpa tulangan menurut Pd T-14-2003 adalah sebagai berikut:

- Lebar pelat disesuaikan dengan lebar lajur pada satu arah jalan tol yaitu dengan 2 lajur dengan lebar masing-masing sebesar 3,6 m.
- Tebal pelat minimum sebesar 295 mm menurut Manual Desain Perkerasan Tahun 2013 menjadi 300 mm berdasarkan analisa fatik dan erosi pada Pd T-14-2003. Sehingga ukuran yang dipakai adalah 300 mm.
- Untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan menurut Pd T-14-2003, panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 m. Dalam perencanaan ini digunakan panjang pelat sebesar 5 meter.

Hasil Desain Struktur Perkerasan Kaku Berdasarkan AASHTO 1993

Untuk rincian desain pada perkerasan beton bersambung tanpa tulangan menurut AASHTO 1993 adalah sebagai berikut:

- Lebar pelat disesuaikan dengan lebar lajur pada satu arah jalan tol yaitu dengan 2 lajur dengan lebar masing-masing sebesar 3,6 m.
- Tebal pelat yang digunakan sebesar 14 in (35,56 cm) menurut nomogram perkerasan kaku AASHTO 1993.
- Berdasarkan *Pavement Analysis and Design* (Yang H. Huang), perencanaan batang pengikat menggunakan rumus berikut:

Dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan (mm²/m lebar).

- Untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan menurut Pd T-14-2003, jarak sambungan susut sekitar 4-5 m. Dalam perencanaan ini sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m.
- Untuk ruji digunakan dengan diameter 36 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm.
- Batang pengikat digunakan baja ulir ϕ 16 mm dengan jarak 75 cm. Untuk panjang batang pengikat ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

$$\phi = \text{diameter batang pengikat (mm)}$$

$$l = (38,3 + 16) + 75 \\ = 687.8 \text{ mm} \approx 70 \text{ cm}$$

F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya.

L' = jarak antar sambungan (m).

h = tebal pelat (mm).

f_s = tegangan tarik baja izin (Mpa)

Data-data perencanaan yang dibutuhkan untuk merencanakan batang pengikat ada sebagai berikut:

$$f_s = 33000 \text{ psi}$$

$$L' = 3.6 \text{ m (141.73 in)}$$

$$h = 12 \text{ in}$$

$$f_a = 1.5$$

$$Y_c = 0.0868 \text{ pci (23.6 kN/m}^3)$$

$$m = 350 \text{ psi (2.4 MPa)}$$

Maka perhitungan untuk batang pengikat:

$$A_s = \frac{\gamma_c h L' f_a}{f_s}$$

$$A_s = \frac{0.0868 \times 12 \times 141.73 \times 1.5}{33000} =$$

$$A_s = 0,00671 \text{ in}^2/\text{in}$$

Berdasarkan hasil diatas maka digunakan batang pengikat no.4 dengan diameter $d = 0,5 \text{ in}$ berdasarkan Tabel 12.

Tabel 12. Berat dan Ukuran Standar Batang Pengikat

Bar size designation	Weight (lb/ft)	Nominal dimensions, round sections		
		Diameter (in.)	Cross-sectional area (in. ²)	Perimeter (in.)
No. 3	0.376	0.375	0.11	1.178
No. 4	0.668	0.500	0.20	1.571
No. 5	1.043	0.625	0.31	1.963
No. 6	1.502	0.750	0.44	2.356
No. 7	2.044	0.875	0.60	2.749
No. 8	2.670	1.000	0.79	3.142
No. 9	3.400	1.128	1.00	3.544
No. 10	4.303	1.270	1.27	3.990
No. 11	5.313	1.410	1.56	4.430

Note. 1 in. = 25.4 mm, 1 lb = 4.45 N, 1 ft = 0.305 m.

Sumber: Pavement Analysis and Design

Untuk menentukan jarak antar batang pengikat dihitung dengan membagi luasan batang pengikat no.4 dengan nilai A_s sehingga didapat jarak antar batang pengikat sebesar 30 in (76 cm). Untuk panjang batang pengikat (*tiebar*) digunakan rumus:

$$t = \frac{1}{2} \left(\frac{f_s d}{\mu} \right)$$

Panjang t harus ditambahkan 3 in (76 mm) sebagai pengontrol. Hasil dari perhitungan panjang *tiebar* adalah:

$$t = \frac{1}{2} \left(\frac{f_s d}{\mu} \right)$$

Analisis Desain Pondasi Perkerasan Kaku

Berdasarkan data dari instansi terkait, nilai CBR rata-rata yang digunakan adalah sebesar 5,2%. Nilai CBR sebesar 5,2% ini berdasar pada hasil survey tanah dari instansi terkait pada proyek jalan tol Karanganyar - Solo detail CBR dapat dilihat pada lampiran. Dari nilai CBR sebesar 5,2 % dapat disimpulkan bahwa pada perencanaan

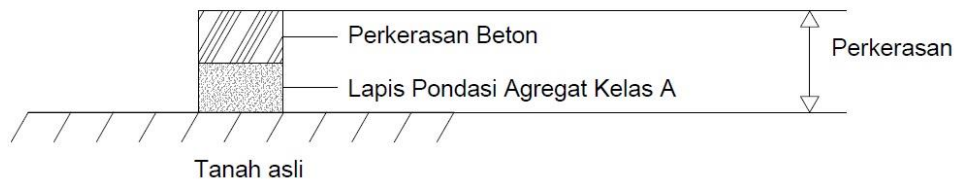
$$t = \frac{0.5 \times 33000 \times 0.5}{350}$$

$$t = 23,571 \text{ in}$$

Kemudian nilai t ditambahkan 3 in sehingga menjadi 26,571 in, maka digunakan panjang *tiebar* sebesar 27 in (68,58 cm).

- Berdasarkan *Pavement Analysis and Design* (Yang H. Huang), diameter dowel adalah 1/8 dari tebal slab maka diameter dowel adalah 1,75 in (44,5 mm) atau bisa juga menggunakan dowel dengan diameter 1,5 in (38 mm) menurut PCA (*Portland Cement Association*).

sudah tidak perlu dilakukan timbunan tambahan atau urugan, disebabkan pada nilai CBR tersebut sudah dapat dikatakan kategori tanah keras sehingga dapat dilakukan pengerjaan struktur perkerasan langsung diatas Lapis Pondasi Agregat Kelas A seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



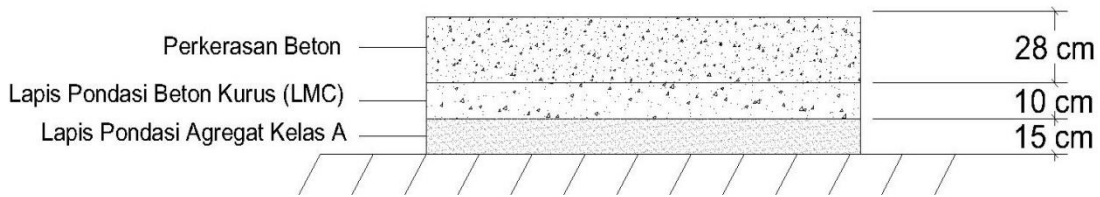
Gambar 6. Struktur perkerasan kaku

Sumber: Hasil Penelitian

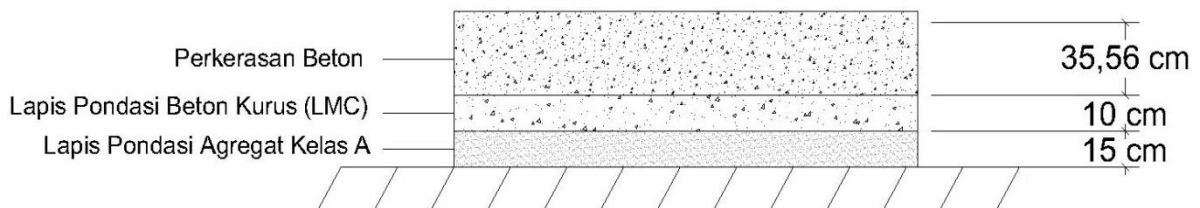
Perbandingan Hasil Desain Tebal Perkerasan Kaku

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013, tebal perkerasan untuk jalan tol Karanganyar – Solo adalah desain struktur perkerasan R4 dengan tebal slab sebesar 30,0 cm dengan tebal Lapis Pondasi Agregat Kelas A 15 cm. Sedangkan pada hasil desain dengan menggunakan Metode AASHTO sebagai

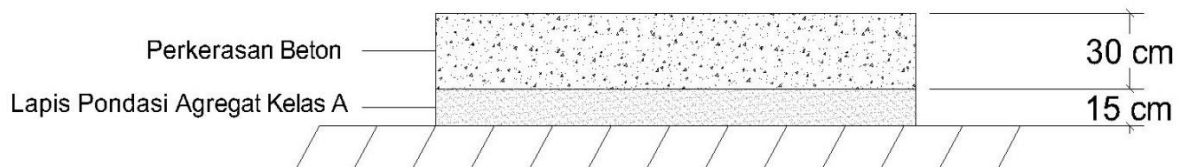
pembanding didapatkan hasil tebal slab sebesar 14 in (35,56 cm) dan tebal Lapis Pondasi LMC (*Lean-Mix Concrete*) 10 cm. Hasil desain dari instansi terkait didapatkan tebal slab sebesar 28 cm dengan menggunakan tebal LMC sebesar 10 cm. Gambar desain akan dijelaskan pada Gambar 7 sampai Gambar 9.



Gambar 7. Struktur perkerasan kaku dari instansi terkait



Gambar 8. Struktur perkerasan kaku menggunakan Metode AASHTO



Gambar 9. Struktur perkerasan kaku menggunakan Manual Perkerasan Jalan Tahun 2013

KESIMPULAN

Pada tugas akhir yang kami buat dengan judul “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Pada Ruas Jalan Tol Karangayar - Solo”, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan jenis perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan. Struktur perkerasan beton direncanakan dengan menggunakan ketebalan 300 mm atau 30,0 cm, disesuaikan dengan perhitungan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 dan untuk pondasi bawah menggunakan lapis pondasi agregat kelas A dengan tebal 15 cm. Digunakan desain perkerasan beton bersambung tanpa tulangan, dengan rincian sebagai berikut :
 - Lebar pelat = 2 x 3,6 m
 - Panjang pelat = 5 m
 - Sambungan susut dipasang setiap jarak 5 m.
 - Ruji digunakan dengan diameter 36 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm
 - Batang pengikat digunakan baja ulir ϕ 16 mm, panjang 70 cm, jarak 75 cm.
2. Berdasarkan metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013, tebal perkerasan untuk jalan tol Karangayar – Solo menggunakan desain struktur perkerasan R4 dengan tebal perkerasan beton 300 mm atau 30,0 cm yang berdasarkan analisa fatik dan erosi pada Pd T-14-2003

DAFTAR PUSTAKA

American Assosiation of State Highway and Transportation Officials. 1993. Guide For Design Of Pavement Structures. Washington, D.C. :

dan tebal Lapis Pondasi Agregat Kelas A sebesar 15 cm. Sedangkan pada hasil desain dari instansi terkait dengan menggunakan Metode AASHTO didapatkan hasil tebal pelat beton 28 cm dengan menggunakan Lapis Pondasi LMC (*Lean-Mix Concrete*) 10 cm dan juga Lapis pondasi Agregat Kelas A 15 cm.

SARAN

Dari perencanaan yang kami buat, saran yang dapat kami berikan adalah sebagai berikut :

- 1) Pada pengambilan data, keakuratan data lapangan harus lebih diperhatikan dengan memberikan arahan yang jelas kepada surveyor terlebih dahulu.
- 2) Pada perencanaan gambar detail, diharapkan lebih memperhatikan dengan melihat hasil analisa dan pedoman-pedoman perencanaan yang berlaku
- 3) Seorang perencana hendaknya selalu mengikuti perkembangan peraturan-peraturan dan pedoman-pedoman (standar) dalam perencanaan sehingga analisa yang dihasilkan nantinya selalu memenuhi persyaratan terbaru yang ada (up to date).
- 4) Dalam perancangan dan pelaksanaan suatu bangunan teknik sipil, kemungkinan besar akan ditemui berbagai permasalahan yang kompleks yang berbeda antara kondisi yang satu dan lainnya, sehingga seorang perancang, diharapkan memiliki “feeling engineering” yang didukung oleh pengetahuan yang luas, dan pengalaman yang didapatkan dilapangan.

American Assosiation of State Highway and Transportation Officials.

- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton semen. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Tamin, Ofyar Z. 2000. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung: Nova.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2013. Manual Desain Perkerasan Jalan. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 1 UMUM. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan. Jakarta: KemenPU.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan. Jakarta: Pemerintah Indonesia.
- Huang, Yang H. 2004. Pavement Analysis and Design. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan rekayasa Lalu Lintas.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT). 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT).