

Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi

(Analysis of Road Pavement Thickness Planning on Bogor - Ciawi - Sukabumi Toll Road)

Fikali Maklas¹ dan Erizal^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

*Penulis korespondensi: fikalimaklas@gmail.com

Diterima: 27 Maret 2019

Disetujui: 28 April 2019

ABSTRACT

The daily activities of human can not be separated from mobilization. Roads are the most common used land transportation by the community to perform daily mobility, so that the volume of vehicles passing through this road should be supported by road pavement on the roads it passes. A well condition roads pavement would made the traffic flew smoothly. Based on this matter, it was necessary to research about the strength of pavement. This study aimed to calculate the strength of the Bogor - Ciawi - Sukabumi toll road and compare it with other roads. The analysis was conducted based on AASHTO 1993 and SNI Pd T-14-2003 on the concrete pavement roadmap planning. Based on the calculation, the strength of Bogor - Ciawi - Sukabumi Toll Road was 62.525.083 ESAL. It meanted that this road was planned to withstand 510.204.680 ton cumulative axle load during 20 years of the plan life. Referring to SNI Pd T-14-2003, Bogor - Ciawi - Sukabumi Toll Road was suitable to be made with rigid pavement. The strength of Bogor Toll Road - Ciawi - Sukabumi is bigger than Jakarta - Cikampek toll road.

Key words: AASHTO 1993, pavement thickness, rigid pavement, toll

PENDAHULUAN

Kegiatan sehari – hari manusia tidak dapat terlepas dari mobilisasi. Mobilisasi tersebut dibutuhkan sebagai tuntutan dari kegiatan lain seperti kegiatan ekonomi, perdagangan, dan pariwisata. Hal tersebut menimbulkan adanya pergerakan lalu-lintas barang maupun jasa. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan suatu sarana dan prasarana yang cukup, baik dari segi kualitas maupun segi kuantitas untuk mendukung kelancaran pergerakan lalu-lintas barang dan jasa tersebut. Salah satu sarana yang berperan cukup penting dalam kelancaran lalu-lintas barang dan jasa adalah jalan raya.

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal tersebut

dikarenakan beberapa keuntungan dari transportasi darat antara lain; memberi kebebasan pengendara dalam ruang dan waktu, mudah dikembangkan, dan biaya operasi rendah (Azis dan Asrul 2014). Banyaknya kendaraan yang menggunakan jalan perlu didukung oleh kondisi jalan yang baik.

Jalan memiliki syarat umum yaitu dari segi konstruksi harus kuat, awet dan kedap air. Berdasarkan sudut pandang pelayanan, jalan harus rata, tidak licin, geometrik memadai dan ekonomis. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan suatu rancangan perkerasan yang mampu melayani beban berupa lalu lintas yang melewati perkerasan tersebut. Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang dipasang langsung diatas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang

bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas (Hamirhan 2005). Perkerasan dengan memperhunakan aspal sebagai pengikat disebut perkerasan lentur, dan perkerasan dengan menggunakan semen sebagai bahan pengikat disebut perkerasan kaku. Lapisan perkerasan yang menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur dinamakan perkerasan komposit (Sukirman 2003).

Perkerasan jalan dalam kondisi baik akan membuat arus lalu lintas berjalan dengan lancar. Hal tersebut juga berlaku sebaliknya dimana apabila perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu. Pemeliharaan perkerasan merupakan praktek penting untuk menjaga dan memulihkan kapasitas struktural perkerasan. Pemeliharaan perkerasan juga berguna untuk menjaga perkerasan jalan pada kondisi baik, aman dengan cara ekonomis. Pentingnya pemeliharaan perkerasan telah meningkat seiring peningkatan volume kendaraan dan beban roda mereka meningkat dalam sistem jalan raya (Kang *et al.* 2010).

Indonesia telah mempunyai peraturan serta pedoman dalam perencanaan struktur tebal perkerasan jalan raya yang merupakan hasil modifikasi dan penyesuaian dari negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, dan Australia (Aris *et al.* 2015). Salah satu metode yang dikenal adalah metode AAHSTO dari Amerika Serikat yang biasa digunakan sebagai pedoman. Metode ini digunakan untuk menentukan tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk menopang lalu lintas di atasnya. Berdasarkan hal tersebut metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan kekuatan jalan yang penting untuk diketahui agar jalan selalu dalam keadaan baik. Penelitian ini bertujuan menghitung kekuatan jalan tol Bogor - Ciawi – Sukabumi dan membandingkan kekuatan

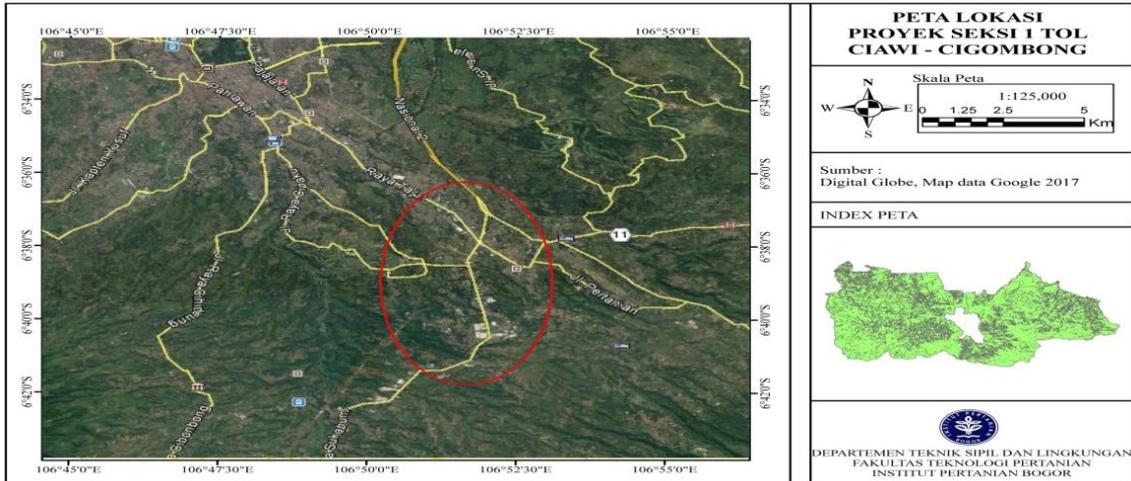
Jalan jalan tol Bogor - Ciawi – Sukabumi dengan jalan lain.

METODOLOGI

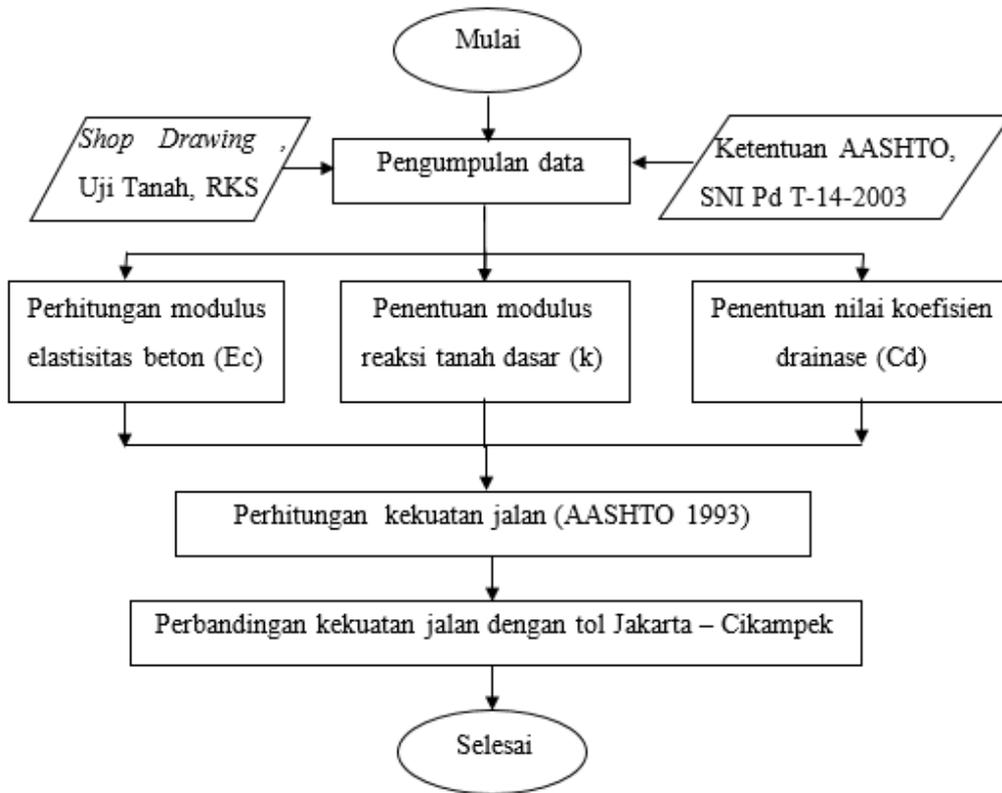
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Juli 2017. Lokasi penelitian terletak di proyek pembangunan jalan tol Bogor- Ciawi - Sukabumi seksi 1 paket 1 dengan kontraktor PT. Waskita – Wika KSO yang terletak diantara Ciawi – Cigombong, Jawa Barat (Gambar 1). Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah laptop/komputer yang dilengkapi Ms. Office 2010, Data sekunder yang diperoleh dari ringkasan uji tanah dan data desain perkerasan yang akan dilakukan di proyek pembangunan jalan tol Bogor - Ciawi - Sukabumi seksi 1 yang telah dilakukan oleh kontraktor PT. Waskita – Wika KSO. Analisis dilakukan berdasarkan peraturan AAHSTO 1993 dan SNI Pd T-14-2003.

Prosedur penelitian mencakup pengambilan data, pengolahan, dan analisis. Diagram penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder ini didapatkan dari pihak pelaksana yaitu berupa ringkasan uji tanah dan data desain perkerasan yang akan dilakukan di proyek pembangunan jalan tol Bogor - Ciawi - Sukabumi seksi 1 yang telah dilakukan oleh kontraktor PT. Waskita – Wika KSO. Data sekunder lainnya yang dibutuhkan adalah peraturan AAHSTO (1993), dan SNI Pd T-14-2003 tentang perencanaan perkerasan jalan beton semen.

Data lain yang digunakan adalah data curah hujan untuk menentukan koefisien drainase. Data curah hujan menggunakan data hasil pengamatan stasiun BMKG di Citeko. Stasiun pengamat Citeko dipilih karena stasiun tersebut merupakan yang terdekat dengan lokasi penelitian.



Gambar 1 Lokasi proyek Seksi 1 jalan tol ruas Ciawi – Cigombong / Lido



Gambar 2 Diagram alir pelaksanaan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Jalan Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi menggunakan didesain

menggunakan perkerasan kaku. Jalan Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi termasuk dalam jalan bebas hambatan. Kemampuan layanan akhir Nilai Δ PSI ditentukan berdasarkan (AASHTO 1993), untuk jalan tol sebesar nilai $pt = 2.5$ (*index* jalur

utama) dan $p_o = 4.5$. Berdasarkan ketentuan tersebut menggunakan Persamaan 1, didapat nilai $\Delta PSI = 2$. Berdasarkan SNI Pd T-14-2003 umur rencana untuk perkerasan kaku selama 20 – 40 tahun.

Data yang didapat dari kontraktor berupa desain perkerasan yang akan

dilakukan. Desain ini menunjukkan tebal dari masing – masing lapis perkerasan. Data lain yang digunakan adalah rencana kerja dan syarat (RKS). Spesifikasi kelas beton yang digunakan berdasarkan RKS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi beton yang digunakan

Kelas	A	B	C	D	E	AA	P
Spesifikasi							
Ukuran maksimum agregat kasar (mm)	20	20	20	25	40	20	25
Slump (cm)	7.5±2.5	7.5±2.5	7.5±2.5	5.0±2.5	5.0±2.5	-	Maks 4
Perbandingan semen/air W/C (%)	37,5	45,0	54,1	59,1	70,0	-	40,0
Kadar air W (kg/m ³)	170	183	183	158	158	-	160
Kadar semen C (kg/mv)	450	405	335	265	225	-	400
Agregat halus S (kg/m ³)	720	753	817	720	773	-	791
Agregat kasar G (kg/m ³)	1100	1083	1083	1337	1317	-	1077
Kuat tekan minimum pada umur 28 hari dengan tes silinder (kg/cm ²)	415	290	210	145	105	500	375
Kekuatan lentur minimum dalam 28 hari (kg/cm ²)	-	-	-	-	-	-	45

Data pada RKS akan menentukan kualitas dan mutu bahan yang digunakan selama proses pekerjaan. Data hasil uji material ataupun uji lab yang digunakan dalam pekerjaan juga digunakan untuk memastikan material yang digunakan memenuhi ketentuan yang terdapat pada RKS.

Koefisien transfer beban (J) merupakan faktor yang digunakan dalam perancangan perkerasan kaku untuk memperhitungkan kemampuan struktur perkerasan beton dalam mentrasfer atau mendistribusikan beban yang melintas diatas sambungan atau retakan (Hardiyatmo 2011). Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi didesain

menggunakan dowel dan *tie bar* sebagai alat transfer beban. Dowel berupa batang baja tulangan polos maupun profil, yang digunakan sebagai sarana penyambung/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan (Nuri 2014). Dowel berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan, yang dipasang panjang terikat dan separuh panjang dilumasi atau di cat untuk memberikan kebebasan bergeser (Gautama 2014).

Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi tidak didesain menggunakan tulangan sebagai penguat jalan. Berdasarkan hal tersebut Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi termasuk dalam

golongan Perkerasan beton tak bertulang bersambungan (JPCP). Berdasarkan hal tersebut, mengacu pada ketentuan (AASHTO 1993) yang terdapat pada Tabel 2, diambil nilai J sebesar 2,5.

Wire mesh digunakan pada beberapa bagian khusus terlepas dari penggunaan dowel. Penggunaan *wire mesh* dilakukan pada bagian atau segmen dari lapisan perkerasan yang lebih kecil dari setiap segmen rencana. *Wire mesh* juga digunakan setiap 50 meter sebelum dan setelah gerbang tol. Penggunaan *wire mesh* bertujuan untuk mengendalikan retak pada lapis perkerasan serta untuk meningkatkan kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban (Saputra et al. 2012).

Data lain yang digunakan untuk menganalisis kekuatan jalan adalah data curah hujan. Data curah hujan ini dibutuhkan untuk menghitung koefisien drainase yang diperlukan untuk

menghitung kekuatan jalan. Data curah hujan didapat dari pengamatan stasiun BMKG di Citeko selama 10 tahun dari tahun 2007 – 2016. Ulfah dan Sulistya (2015) dalam penelitiannya menyatakan hari hujan adalah suatu hari dengan curah hujan di atas 0,5mm/hari. Berdasarkan hal tersebut, curah hujan yang diperhitungkan hanyalah curah hujan yang lebih besar dari 0,5mm/hari yang digunakan sebagai hari hujan. Berdasarkan ketentuan tersebut data hari hujan yang didapat disajikan dalam Tabel 3.

Data pada Tabel 3 hanya menunjukkan banyaknya hari hujan setiap tahunnya. Data lain berupa lamanya hujan setiap hari masih dibutuhkan untuk menghitung koefisien drainase. Darmadi (2013) menyatakan lamanya hujan untuk wilayah Bogor adalah 3 jam/ hari. Berdasarkan data tersebut koefisien drainase dapat dihitung.

Tabel 2 Rekomendasi nilai J untuk perkerasan kaku.

<i>Bahu jalan</i>	<i>Aspal</i>		<i>Pelat beton semen Portland terikat</i>	
<i>Alat transfer beban</i>	<i>Ya</i>	<i>Tidak</i>	<i>Ya</i>	<i>Tidak</i>
<i>Tipe perkerasan</i>				
<i>Perkerasan beton tak bertulang bersambungan (JPCP) dan bertulang bersambungan (JRCP)</i>	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
<i>Perkerasan beton bertulang bersambungan (CRCP)</i>	2,9 - 3,2	N/A	2,3 - 2,9	N/A

Tabel 3 Banyaknya hari hujan tahun 2007 – 2016

Tahun	Banyaknya hari hujan	Tahun	Banyaknya hari hujan
2007	199	2012	214
2008	189	2013	245
2009	192	2014	210
2010	253	2015	225
2011	187	2016	238
rata – rata			215,2

Perhitungan Variabel E_c, k, C_d

Berdasarkan RKS dari Kontraktor beton yang digunakan untuk rigid pavement adalah beton kelas P. Spesifikasi dari beton kelas P dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 1, didapat kuat tekan beton rencana sebesar 375kg/cm^2 dan kuat lentur sebesar 45kg/cm^2 . Nilai kuat lentur tersebut menjadi acuan untuk hasil pengujian material beton yang digunakan di lapangan. Hasil pengujian beton yang digunakan pada jalan Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi dapat didapat berdasarkan pengujian beton yang dilakukan pihak kontraktor di lab Waskita – Wika KSO proyek pembangunan jalan Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi seksi 1 paket 1.

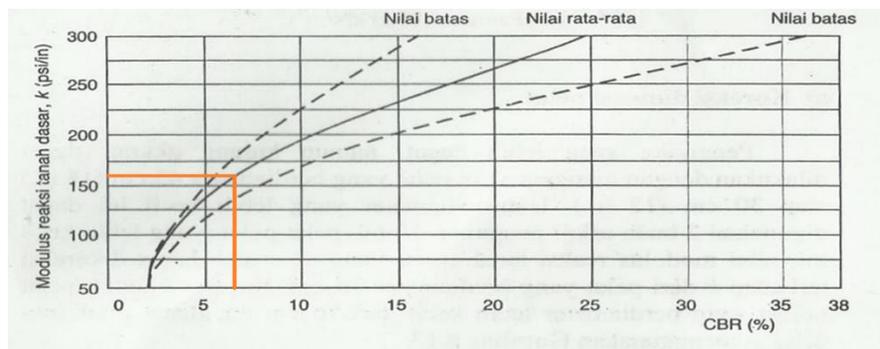
Kuat lentur beton rigid rata-rata yang didapat pada pengujian umur 7 hari sebesar 41.61 kg/cm^2 . Dengan standar deviasi 1.73, kekuatan karakteristik beton kelas P umur 7 hari sebesar 40.84 kg/cm^2 . Beton dengan umur 7 hari memiliki kekuatan sebesar 75% dari target (DPU 1971). Dari hasil pengujian didapat kekuatan karakteristik beton kelas P yang digunakan sudah mencapai 91% dari target kuat lentur sebesar 45 kg/cm^2 pada usia 28 hari seperti yang tertera pada RKS yang terdapat pada Tabel 5. Berdasarkan hal tersebut kekuatan karakteristik beton kelas P umur 7 hari melebihi spesifikasi standar, sehingga beton aman dipakai.

Beton kelas P umur 28 hari belum dilakukan pengujian lentur karena belum mencapai 28 hari. Nilai pengujian untuk beton 28 hari yang belum tersedia akan membuat nilai pada RKS yang akan dijadikan acuan untuk dasar perhitungan material beton.

Nilai kuat tekan kemudian dikonversi menjadi satuan psi, sehingga didapat nilai modulus elastisitas beton (E_c) setelah dihitung sebesar $4.162.85,5015\text{ psi}$, dibulatkan menjadi $4.200.000\text{ psi}$. Nilai Sc' didapat dengan mengkonversi satuan kg/cm menjadi psi, sehingga didapat nilai Sc' sebesar 660 psi .

Parameter yang digunakan untuk menyatakan daya dukung tanah dasar adalah modulus reaksi tanah dasar (k). Nilai k didapat dari nilai CBR tanah. Nilai k ditentukan dengan mengacu pada Gambar 3 ((NAVFAC 1979).

Berdasarkan ringkasan uji tanah pada pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi didapat nilai CBR minimum ditetapkan sebesar 6%. Nilai tersebut kemudian diplotkan pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6, sehingga didapat nilai k sebesar 160. Nilai k kemudian akan digunakan sebagai salah satu variabel untuk menghitung kekuatan jalan Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi. Koefisien lain yang diperlukan sebagai variabel perhitungan untuk menghitung kekuatan jalan adalah koefisien drainase.



Gambar 3 Penentuan nilai k

Tabel 2 Rekomendasi nilai Cd untuk perkerasan kaku.

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Sempurna	1,25-1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,1
Baik	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1
Sedang	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,9
Buruk	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,8
Sangat buruk	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,7

Koefisien drainase dihitung berdasarkan lamanya hujan setiap harinya. Perhitungan lama hujan selama masa pengamatan akan didapat nilai persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air. Perhitungan curah hujan mengacu pada data curah hujan tahun 2007 hingga tahun 2016 dari stasiun pengamat BMKG di Citeko. Banyaknya hari hujan berdasarkan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan menggunakan hasil penelitian (Darmadi 2013) sebagai dasar asumsi, nilai P dapat dihitung. Perhitungan, didapat nilai P sebesar 1,29%, (1-5%). Berdasarkan SNI Pd T-14-2003, kualitas drainase untuk jalan tol minimal dalam kategori baik. Berdasarkan nilai tersebut kemudian diplotkan pada Tabel 4 hingga didapat nilai koefisien drainase didapat sebesar 1,10.

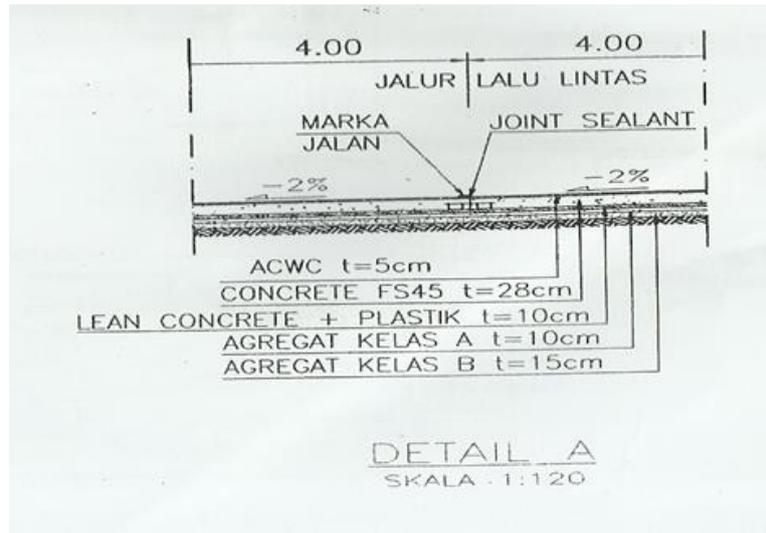
Perhitungan Kekuatan Jalan

Metode AASHTO menggunakan faktor ekivalensi beban gandar untuk menyatakan berbagai macam beban gandar ke dalam suatu parameter rancangan tunggal (Hardiyatmo 2011). Faktor ekiivalensi beban adalah jumlah ESAL yang dihasilkan oleh satu lintasan gandar. Perhitungan untuk ESAL ini didasarkan pada konversi lalulintas yang lewat terhadap beban gandar standar. Gandar standar berdasarkan (AASHTO 1993) didefinisikan sebagai gandar

tunggal dengan ban dobel, yang menghasilkan beban 18 kip (8.16 ton atau 80kN). Metoda AASHTO didasarkan pada hasil uji jalan yang dilalukan AASHO (American Association of State Highway Officials) pada kisaran beban gandar 2 – 30 kip untuk gandar tunggal. Hasil uji jalan AASHO memperlihatkan bahwa pengaruh beban kendaraan yang merusakkan atau mengurangi tingkat pelayanan perkerasan dapat dinyatakan dengan jumlah lintasan beban gandar tunggal ekuivalen 18 kip (8.16 ton atau 80 kN). Jumlah beban gandar kumulatif tersebut menggabungkan beban lalu-lintas menjadi jumlah lau-lintas rancangan selama periode waktu yang direncanakan (Hardiyatmo 2011).

Data lain yang menjadi acuan untuk menghitung kekuatan jalan adalah tebal dari *rigid pavement* yang akan dianalisis. Desain perkerasan yang dianalisis mengacu pada *shop drawing* dari kontraktor. *Shop drawing* digunakan karena proyek masih dalam tahap pengerjaan sehingga *as build drawing* belum bisa didapat. Contoh gambar desain yang digunakan sebagai acuan untuk melihat tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan bagian *shop drawing* yang terdapat pada Gambar 3 dari kontraktor diketahui desain perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan Agregat kelas A dan B merupakan lapisan pondasi (*base course*).



Gambar 3 Contoh desain perkerasan jalan

Tabel 4 Variabel untuk perhitungan kekuatan jalan

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
R	90%	Sc'	640 psi
Z _R	-1,282	Cd	1,1
S _D	0,35	J	2,5
ΔPSI	2	Ec	4.200.000 psi
P ₀	4,5	K	160 pci
P _t	2,5	D	11,02362205 inch

Lean concrete merupakan lapisan beton kurus dengan kualitas rendah sebagai lapisan untuk hamparan lapisan beton utama. ACWC (*Ashpalt Concrete Wearing Course*) merupakan lapisan aspal diatas lapisan beton. Berdasarkan Gambar 3, lapisan ini hanya setebal 5 cm sehingga tidak mempengaruhi kekuatan perkerasan. Tebal plat beton sendiri sebesar 28 cm. Tebal lapisan beton inilah yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan kekuatan jalan. Desain perkerasan jalan yang dilakukan oleh pihak kontraktor dapat dilihat secara jelas pada bagian lampiran.

Data variabel yang sudah didapat Nilai R, Z_R, S_D, ΔPSI, P₀, P_t didapat dari ketentuan yang telah diatur dalam AASHTO 1993 untuk jalan tol. Nilai Sc'

didapat dari mengkonversi nilai kuat lentur beton berdasarkan spesifikasi beton yang digunakan. Nilai J didapat dengan menyesuaikan desain jalan tol dengan ketentuan AASHTO 1993. Nilai Ec didapat dari perhitungan berdasarkan spesifikasi beton yang digunakan. Nilai k didapat dengan menggunakan korelasi nilai CBR lapangan, dan Nilai D merupakan tebal lapisan perkerasan berdasarkan desain. Data yang sudah dihimpun disajikan dalam Tabel 4.

Data yang terdapat pada Tabel 4 kemudian digunakan untuk menghitung kekuatan jalan. Berdasarkan perhitungan didapat kekuatan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi sebesar 62.525.083 ESAL. Berdasarkan hal tersebut kekuatan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi dapat

diketahui dengan cara mengalikan nilai ESAL dengan faktor ekivalensinya sebesar 8,16 ton, sehingga didapat Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi direncanakan untuk menahan beban gandar kumulatif 510.204.680 ton selama 20 tahun umur rencana. Mengacu pada SNI Pd T-14-2003, perkerasan kaku efektif dikerjakan untuk perencanaan ESAL > 30.000.000. Berdasarkan hal tersebut Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi sudah sesuai untuk dibuat dengan perkerasan kaku. Sebagai pembanding, digunakan hasil penelitian (Ferdian et al. 2008) yang meneliti tentang perkerasan Jalan Tol Jakarta – Cikampek yang memiliki kekuatan jalan terbesar sebesar 57.323.116 ESAL. Hal tersebut menunjukkan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi direncanakan memiliki kekuatan lebih besar dibanding Jalan Tol Jakarta – Cikampek.

KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil adalah (1) Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapat kekuatan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi sebesar 62.525.083 ESAL atau 596.204.680 ton beban gandar kumulatif selama 20 tahun umur rencana. Nilai tersebut menyatakan bahwa Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi sudah efektif menggunakan perkerasan kaku berdasarkan SNI Pd T-14-2003. (2) Kekuatan Jalan Tol Bogor - Ciawi – Sukabumi memiliki kekuatan jalan lebih besar dibandingkan dengan Jalan Tol Jakarta – Cikampek.

DAFTAR PUSTAKA

[AASHTO] American Association of State Highway Officials. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington DC (US): AASHTO.

Aris M. N. A., Simbolan G., Setiadji B. H., Supriyono. 2015. Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga Studi Kasus: (Ruas Jalan Piringsurat – Batas Kedu Timur) . *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 4(4): 380 – 393.

Azis R, Asrul. 2014. *Pengantar Sistem dan Perencanaan Transportasi*. Yogyakarta (ID) : Deepublish

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2003. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. SNI Pd T-14-2003. Jakarta (ID): BSN.

Darmadi. 1990. *Analisis Hidrograf Satuan Berdasarkan Parameter Fisik DAS*. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor

[DPU] Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI 71) Dirjen Cipta Karya*. Jakarta (ID) : Departemen Pekerjaan Umum.

[DPU] Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM.2013*. Jakarta (ID) : Departemen Pekerjaan Umum.

Ferdian T., Prasasya A., Subagio B. S., Hendarto S. 2008. Analisis Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Program Everseries dan Metoda AASHTO 1993 Studi kasus: Jalan Tol Jakarta-Cikampek. *Jurnal Teknik Sipil*. 15(3): 133-142.

Gautama G. 2017. Efektivitas Penggunaan Rigid Pavement (Sta 140+ 000 S/D Sta 140+ 400) pada Ruas Jalan Tol Bakauheni–Terbanggi Besar Provinsi Lampung. *TAPAK [Teknologi Aplikasi Konstruksi]: Jurnal Program Studi Teknik Sipil*. 6(2) : 175 - 189

- Hamirhan S. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Bandung (ID): Nova.
- Hardiyatmo H.C. 2011. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta(ID): Gadjah Mada University Press
- Kang M., Kim M., Lee J. H. 2010. Analysis of Rigid Pavement Distresses on Interstate Highway Using Decision Tree Algorithms. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 14(2): 123-130.
- [NAVFAC] Naval Facilities Engineering Command. 1979. *Civil Engineering Pavements, Design Manual 5.4*. Alexandria (US): Depart. of The Navy Naval Facilities Engineering Command
- Nuri A. 2014. Analisa Design Jalan pada Ruas Jalan Mulawarman di Kecamatan Tenggarong Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara Sepanjang 4 Km. *Kurva S Jurnal Mahasisw*. 1(1): 882-904.
- Saputra M. T. Y., Sultan M. A., Amir I. 2012. Study Life Cycle Cost pada Konstruksi Jalan Daulasi Kota Ternate. *Jurnal Sipil Sains*. 2(3): 43-54
- Sukirman S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta (ID) : Granit
- Ulfah A, Sulistya W. 2016. Penentuan Kriteria Awal Musim Alternatif di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 16(3): 145-153