

PENGARUH WAKTU PEMBEBANAN TERHADAP KEKAKUAN BETON ASPAL LAPIS PERMUKAAN (THE INFLUENCE OF LOADING TIME ON THE STIFFNESS OF ASPHALT CONCRETE SURFACE LAYER)

M. Sjahdanulirwan¹⁾, Nono²⁾

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Jl.A.H.Nasution 264 Bandung

Email: msjahdanulirwan@yahoo.co.id¹⁾, sunaryono_nn@yahoo.com²⁾

Diterima : 26 Mei 2011; Disetujui : 04 Agustus 2011

ABSTRAK

Aspal memiliki sifat visco-elastis, yakni tergantung terhadap temperatur dan waktu pembebanan, sehingga kekakuan campuran beraspal akan bervariasi sesuai dengan kondisi temperatur dan waktu pembebanan. Kekakuan campuran beraspal, umumnya digunakan sebagai data masukan untuk keperluan perencanaan perkerasan, terutama pada perencanaan Metoda Mekanistik-Empirik. Makalah ini membahas tentang pengaruh waktu pembebanan terhadap kekakuan beton aspal lapis permukaan, yaitu untuk jenis AC-WC dan HRS-WC dengan bahan pengikat aspal pen 60 dan aspal polimer. Kegiatan yang dilakukan adalah mencakup kajian pustaka, pengujian bahan dari beberapa jenis campuran beraspal panas di laboratorium serta analisis data yang mencakup analisis deskriptif sifat bahan dan campuran beraspal, dan membuat korelasi antara Modulus Resilien dengan waktu pembebanan. Hasil analisis diperoleh bahwa semakin lama waktu pembebanan maka kekakuan campuran semakin rendah, sehingga untuk perencanaan perkerasan perlu menggunakan faktor koreksi nilai kekakuan, yaitu yang sesuai dengan lamanya waktu pembebanan atau kecepatan kendaraan pada lokasi yang ditinjau.

Kata kunci: aspal, kekakuan, campuran beton aspal lapis permukaan, waktu pembebanan, faktor koreksi.

ABSTRACT

Asphalt has the properties of visco-elastic, which depend on temperature and loading time, so that the stiffness of asphalt mixture will vary according to the conditions of temperature and loading time. Stiffness of asphalt mixtures, commonly used to input data for the purposes of flexible pavement design, especially in the planning of a mechanistic-empirical. This paper discusses the influence of loading time on the stiffness of asphalt concrete surface layer, which is to type AC- WC and HRS-WC. Activities undertaken are included literature review, materials testing and some types of hot mix asphalt in the laboratory and data analysis that includes a descriptive analysis of the properties of materials and asphalt mixture, and make a correlation between the resilient modulus of asphalt mixture to the time of loading. The results of the analysis found that the longer the time of loading the stiffness of asphalt mixture the lower the heat, so the need for planning pavement stiffness values using a correction factor, which is in accordance with the length of time of loading or vehicle speed at the location under review.

Key words: asphalt, stiffness, flexible pavement, hot mix asphalt, time of loading, correction factors.

PENDAHULUAN

Campuran beraspal panas didefinisikan sebagai kombinasi antara agregat yang dicampur merata dan dilapis dengan aspal keras. Untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar mudah dicampur dan dipadatkan dengan baik maka sebelum pencampuran bahan tersebut harus dipanaskan.

Sejalan dengan sifat yang dimiliki aspal, yaitu sangat dipengaruhi oleh temperatur. Disamping itu, kekakuan aspal dipengaruhi juga oleh lamanya waktu pembebanan. Berhubung aspal merupakan bagian dari campuran beraspal yang berfungsi sebagai bahan pengikat butiran agregat maka sifat campuran pun akan mengalami perubahan sejalan dengan berubahnya temperatur dan lamanya waktu pembebanan.

Makalah ini membahas pengaruh variasi lamanya waktu pembebanan terhadap tingkat kekakuan campuran beton aspal lapis permukaan yang menggunakan aspal keras Pen 60 dan aspal Polimer.

KAJIAN PUSTAKA

Karakteristik aspal

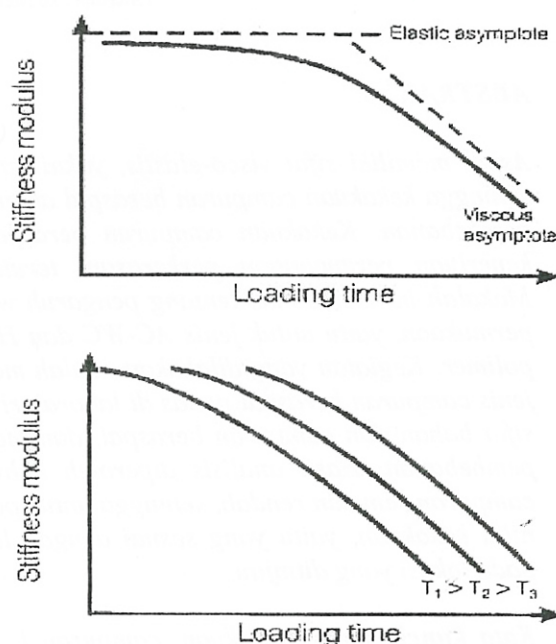
Aspal adalah bahan yang visco-elastis, yaitu (a) pada temperatur di atas sekitar 100°C menunjukkan bahan yang bersifat viskos, (b) pada temperatur di bawah sekitar -10°C berperilaku sebagai bahan yang bersifat elastis dan (c) pada temperatur diantara -10°C sampai dengan 100°C berperilaku sebagai bahan yang bersifat kental dan elastis. Dengan demikian, sifat aspal pada suatu waktu tertentu tergantung pada temperatur dan tingkat aplikasi beban (O'Flaherty C.A, 2002). Sedangkan menurut Kim Y R (2009) bahwa pada setiap kombinasi dari waktu dan temperatur, perilaku viskoelastis dalam rentang linier, harus ditandai dengan paling sedikit dua sifat: ketahanan total terhadap deformasi, dan distribusi relatif, ketahanan antara bagian elastis dan bagian viskos. Distribusi relatif ini adalah fungsi dari komposisi bahan, waktu pembebanan dan temperatur.

Berdasarkan Shell Bitumen (2003) bahwa aspal adalah bahan visko-elastis dan

memiliki perilaku yang bervariasi dari viskos murni sampai benar-benar elastis tergantung pada waktu pembebanan dan temperatur.

Shell Bitumen (1995) mengilustrasikan hubungan antara kekakuan aspal dengan variasi temperatur dan waktu pembebanan, yaitu sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kekakuan aspal semakin menurun apabila lamanya waktu pembebanan semakin lama sehingga akan mendekati batas garis batas *viscous*.



Gambar 1. Ilustrasi hubungan antara kekakuan aspal dengan waktu pembebanan dan temperatur (Sumber: Shell Bitumen, 1995)

Model hubungan kekakuan aspal telah dikembangkan juga oleh Van Der Poel (dicuplik oleh Ullidtz P, 1998) seperti disajikan pada rumus di bawah, menunjukkan bahwa kekakuan aspal tergantung karakteristik aspal yang diwakili dengan nilai indeks (*penetration index, PI*) dan titik lembek aspal setelah pemulihan, temperatur lapisan beraspal dan waktu pembebanan. Untuk itu, sesuai model tersebut menunjukkan bahwa penggunaan aspal sebagai bahan pengikat harus sesuai dengan kondisi lingkungan (temperatur) dan kecepatan kendaraan yang semestinya dilayani.

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} t_1^{-0,368} 2,716^{-PI^{(R)}} (T_{RB}^{(R)} - T_{asp})^5 \dots\dots(1)$$

Keterangan:

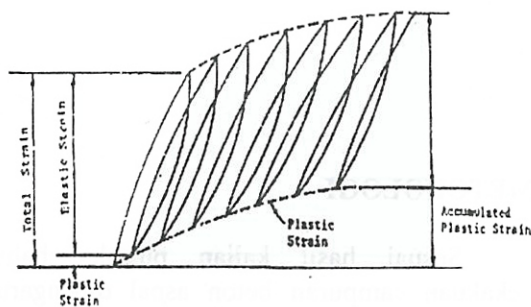
S_b = kekakuan aspal (MPa)

- $T_{RB}^{(R)}$ = titik lembek setelah pemulihan ($^{\circ}C$)
- T_{asp} = temperatur lapis beraspal ($^{\circ}C$)
- $PI^{(R)}$ = penetrasi Indeks setelah pemulihan
- t_1 = waktu pembebanan (detik)

Karakteristik campuran beraspal

Karakteristik campuran beraspal dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu mutu aspal; mutu agregat; dan mutu campuran (sifat volumetrik dan sifat mekanis campuran). Faktor tersebut merupakan syarat utama yang harus dipenuhi agar diperoleh suatu campuran beraspal panas yang awet, kuat, memiliki kelenturan yang cukup, tahan terhadap retak, kedap air dan mudah dalam pelaksanaannya (The Asphalt Institute, 1985).

Sesuai dengan sebutannya, perkerasan lentur memiliki sifat lentur atau elastis. Namun akibat pelayanan lalu-lintas atau akibat beban lalu-lintas berulang akan menimbulkan tegangan elastis. Ilustrasi terjadinya tegangan elastis ditunjukkan pada Gambar 2 (Huang Y Y, 2004).



Gambar 2. Regangan yang terjadi pada lapis beton aspal akibat beban berulang (Sumber: Huang Y H, 2004).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa perkerasan lentur apabila dibebani dengan beban berulang akan menimbulkan tegangan elastis dan plastis. Tegangan elastis terjadi pada perkerasan apabila setelah dibebani akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan tegangan plastis adalah perkerasan beton aspal apabila diberi beban tidak seutuhnya kembali ke bentuk semula.

$$\log(E^*) = 5,553833 + 0,028829 \times \left(\frac{P_{200}}{f^{0,17033}} \right) - 0,03476 (v_v) + 0,070377 \left(\eta_{70}^{\circ F, 10} \right)^6 + 0,000005 \left[t_P (1,3 + 0,49825 \log f) P_{ac}^{0,5} \right]^{(5)} - 0,00189 \left[t_P (1,3 + 0,49825 \log f) \frac{P_{ac}^{0,5}}{f^{1,1}} \right] + 0,931757 \left(\frac{1}{f^{0,02774}} \right) \dots (5)$$

Model untuk memprediksi kekakuan campuran beton aspal telah dikembangkan di beberapa negara. Model kekakuan campuran beton aspal tersebut, selain dipengaruhi oleh kekakuan aspal tetapi dipengaruhi juga oleh volumetrik campuran. Model kekakuan campuran beton aspal tersebut diantaranya adalah:

- a. Model Shell Bitumen (1995) seperti disajikan pada Persamaan 2 dan 3.

$$S_{mix} = S_b \left[1 + \frac{257,5 - 2,5VMA}{n(VMA - 3)} \right]^n \dots (2)$$

$$n = 0,83 \log_{10} \left(\frac{4 \times 10^4}{S_b} \right) \dots (3)$$

Keterangan :

- S_{mix} = kekakuan campuran, MPa
- VMA = rongga dalam agregat, % (12% < VMA < 30%)
- S_b = kekakuan aspal, MPa = sesuai Persamaan 1 dan > 5 MPa

- b. Model Abu Abdo A, et all (2009) seperti disajikan pada Persamaan 4.

$$E^* = 1,08 \left(\frac{G^* \cdot GS \cdot \%G_{mm}}{P_b (1 - P_b)} \right)^{0,558} \dots (4)$$

Keterangan:

- E^* = modulus dinamis campuran beton aspal, MPa
- G^* = Dynamic Shear modulus aspal setelah RTFOT, MPa
- P_b = kadar aspal, %
- GS = stabilitas giratori, kN.m
- G_{mm} = berat jenis maksimum campuran beton aspal

- c. Model Asphalt Institute (1982) mempertimbangkan sifat aspal dan agregat seperti disajikan pada Persamaan (5).

Model Witczak yang dicuplik oleh Gabriel Garcia, et all (2007), menyatakan bahwa untuk memprediksi modulus dinamis campuran beton aspal dapat menggunakan model seperti disajikan pada Persamaan (6).

Keterangan :

- (E^*) = modulus dinamis beton aspal (AC), psi (kpa/6,8948)
- P_{200} = agregat lolos saringan no 0,075 mm, %
- f = frekuensi beban, Hz
- V_V = rongga udara dalam campuran, %
- $\eta_{70^\circ F, 10^6}$ = viscositas absolut pada 70°F, poises $\times 10^6$
- P_{ac} = kadar aspal, % berat
- t_p = temperatur, °F (1,8 °C + 32)

$$\log(E^*) = 3,750063 + 0,02932 \times P_{200} - 0,001767 \times (P_{200})^2 - 0,002841 \times P_4 - 0,058097 \times V_a - 0,802208 \times \left(\frac{V_{beff}}{V_{beff} + V_a} \right) + \frac{3,871977 + 0,0021 \times P_4 + 0,003958 \times P_{38} - 0,000017 \times (P_{38})^2 + 0,005470 \times P_{34}}{1 + e^{(-0,603313 - 0,313353 \times \log(f) - 0,393532 \times \log(\eta))}} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

- E^* = modulus dinamis, 10^5 psi
- η = kekentalan aspal pada umur dan temperatur yang ditetapkan (penggunaan viskositas RTFOT yang dianjurkan untuk pengkondisian jangka pendek/short-term oven aged), 10^6 Poise
- f = frekuensi beban, Hz
- V_a = rongga udara dalam campuran, %
- V_{beff} = kadar aspal efektif, % volume
- P_{34} = agregat yang tertahan saringan no 19 mm, %
- P_{38} = agregat yang tertahan saringan no 9,5 mm, %
- P_4 = agregat yang tertahan saringan no 4,75 mm, %
- P_{200} = agregat lolos saringan no 0,075 mm, %

Adapun untuk model atau hubungan antara waktu pembebanan dengan kecepatan kendaraan pada tulisan ini mengacu terhadap model yang telah dikembangkan oleh Brown S.F yang dicuplik oleh Pell P.S (1978) dan Austroads (1992), Yaitu:

$$t = 1/V \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

- t = waktu pembebanan, detik
- V = kecepatan kendaraan, km/jam

HIPOTESA

Kekakuan campuran beton aspal salah satunya tergantung terhadap waktu pembebanan atau kecepatan kendaraan, sehingga untuk waktu pembebanan yang berbeda, maka untuk tipe campuran beraspal yang sama, akan memiliki kekakuan yang berbeda.

METODOLOGI

Sesuai hasil kajian pustaka bahwa kekakuan campuran beton aspal dipengaruhi oleh waktu pembebanan dan bahan campuran beton aspal (sifat aspal, volumetrik campuran atau gradasi campuran). Untuk mengetahui kekakuan campuran beton aspal, pengaruh waktu pembebanan, sifat bahan serta volumetrik campuran, atau gradasi campuran maka perlu beberapa tahapan kegiatan. Tahapan kegiatan yang dilakukan mencakup pengkajian pustaka, pengujian laboratorium dan analisis data.

Uraian untuk masing-masing tahapan kegiatan tersebut adalah:

- Pengkajian pustaka
Sesuai dengan tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi dan mengkaji beberapa literatur yang berkaitan dengan sifat atau kekakuan campuran beton aspal, termasuk model untuk memprediksi kekakuan campuran beton aspal. Hal ini umumnya

berkaitan dengan literatur tentang metoda perencanaan perkerasan. Disamping itu, melakukan juga pengkajian terhadap laporan-laporan hasil penelitian yang pernah dilakukan.

- Pengujian laboratorium

Kegiatan pengujian yang akan dilakukan adalah mencakup pengujian mutu bahan (agregat dan aspal) dan pembuatan campuran beraspal. Jenis campuran beraspal yang akan dicoba adalah mencakup beton aspal lapis permukaan (AC-WC) dan lapis tipis beton aspal lapis permukaan (HRS-WC). Jenis pengujian campuran dengan menggunakan alat Marshall Test dan Umatta. Masing-masing jenis campuran dilakukan minimum dua variasi gradasi, yaitu gradasi di atas dan di bawah kurva fuller atau gradasi mendekati titik kontrol atas dan bawah. Bahan pengikat campuran beraspal yang digunakan adalah aspal keras Pen 60 dan aspal Polimer.

Setelah dilakukan pengujian Marshall maka tahapan selanjutnya adalah pengujian Modulus Resilien. Pembuatan benda uji untuk test tersebut mengacu pada *Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot Mix Asphalt (HMA), AASHTO Designation : R 30-02 (2006)*. Pengujian Modulus Resilien menggunakan alat UMATTA dengan waktu pembebanan bervariasi untuk masing-masing jenis campuran. Sedangkan temperatur pengujian adalah 25°C.

- Analisis Data

Analisis statistik yang dilakukan adalah untuk mengetahui nilai kekakuan (Modulus Resilien), akibat pengaruh variasi waktu pembebanan untuk campuran beton aspal yang menggunakan aspal keras Pen 60 maupun yang menggunakan aspal Polimer serta beberapa variasi gradasi.

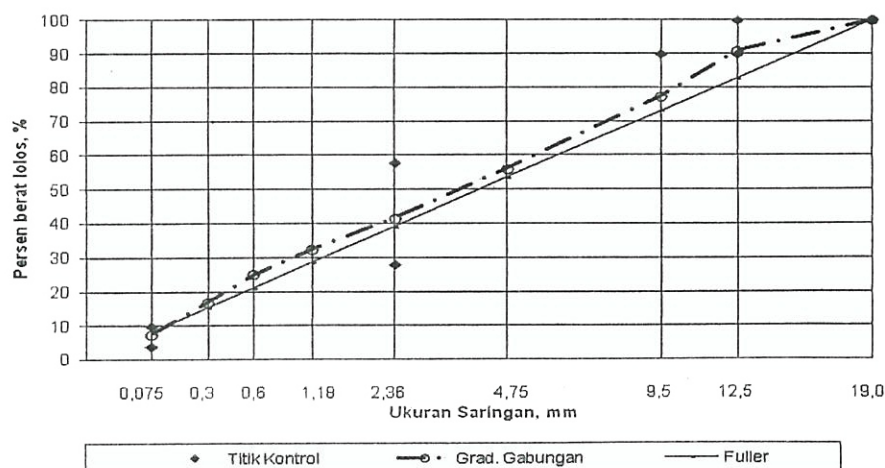
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Karakteristik aspal dan campuran beraspal

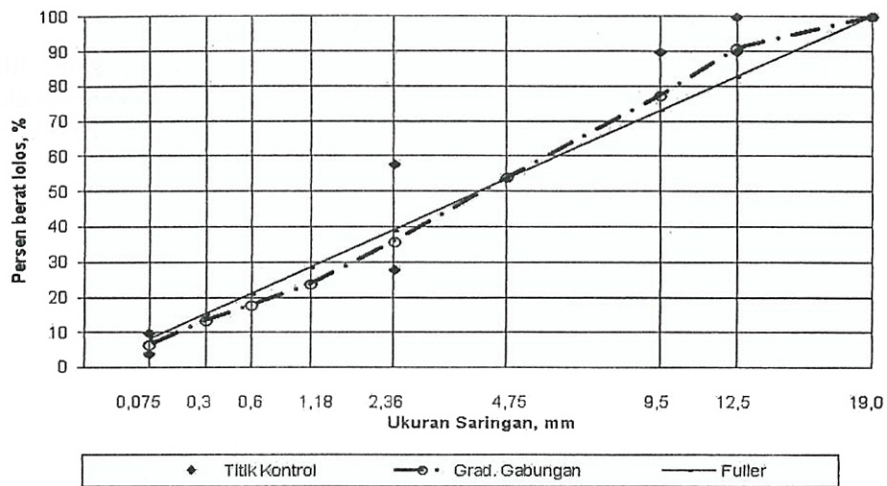
Jenis campuran beraspal yang dilakukan di laboratorium adalah mencakup campuran beton aspal lapis permukaan, yaitu AC-WC dan HRS-WC. Untuk masing-masing campuran tersebut, dibuat dua tipe gradasi, yaitu: gradasi pada daerah atas (di atas kurva fuller) seperti disajikan pada Gambar 3 dan 5 serta gradasi pada daerah bawah (memotong kurva fuller) seperti disajikan pada Gambar 4 dan 6. Tipe aspal yang digunakan adalah aspal keras Pen 60 dan aspal Polimer.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa karakteristik aspal dan karakteristik campuran Laston dan Lataston memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku V. (Bina Marga, 2010).

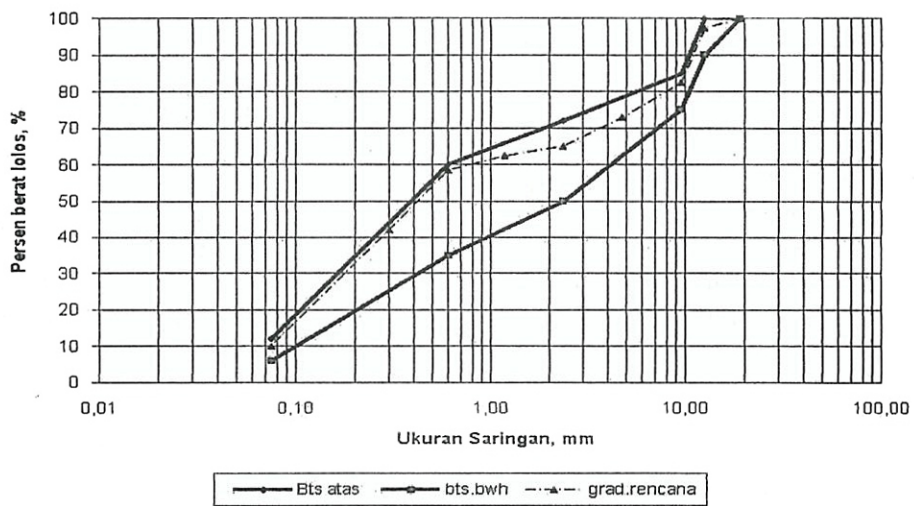
Rangkuman data karakteristik campuran AC-WC dengan bahan pengikat aspal Pen 60 dan aspal Polimer disajikan pada Tabel 1, sedangkan untuk HRS-WC disajikan pada Tabel 2.



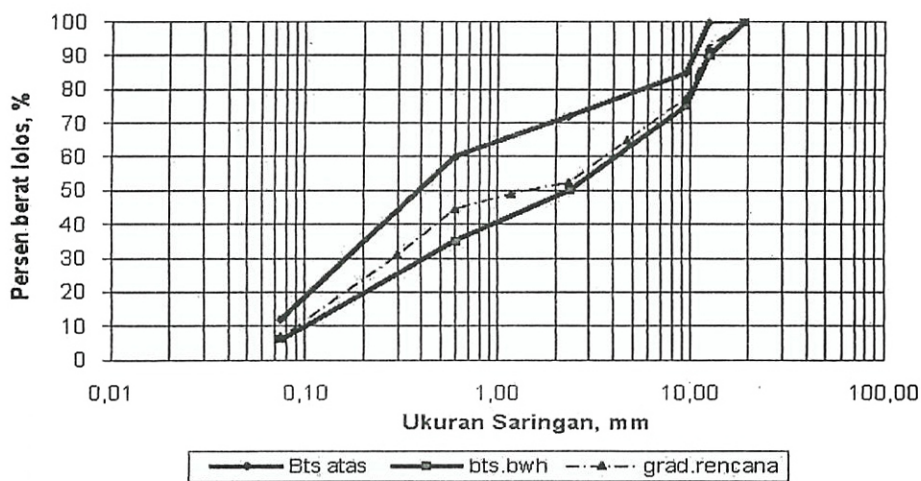
Gambar 3. Gradasi AC-WC Diatas Kurva Fuller



Gambar 4. Gradasi AC-WC Dibawah Kurva Fuller



Gambar 5. Gradasi HRS-WC pada bagian atas



Gambar 6. Gradasi HRS-WC pada bagian bawah

Modulus campuran beraspal

Pengujian modulus resilien campuran beraspal menggunakan alat Umatta dan pembuatan benda ujinya adalah sesuai dengan *Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot Mix Asphalt (HMA) AASHTO Designation: R 30-02 (2006)*. Pengujian modulus dilakukan

pada temperatur 25°C dan pada beberapa variasi rise-time atau lamanya pembebanan.

Rangkuman hasil pengujian modulus resilien campuran AC-WC untuk variasi gradasi dan tipe bahan pengikat disajikan pada Tabel 5, sedangkan untuk HRS-WC disajikan pada Tabel 6.

Tabel 1. Rangkuman data karakteristik campuran AC-WC dengan aspal keras Pen 60 dan aspal Polimer

No.	Parameter	Karakteristik Campuran					
		Hasil Pengujian				Persyaratan*	
		AC-WC dengan Aspal Pen 60		AC-WC dengan Aspal Polimer		AC-WC dengan Aspal Pen 60	AC-WC dengan Polimer
		Diatas Fuller (Atas)	Motong Fuller (Bawah)	Diatas Fuller (Atas)	Motong Fuller (Bawah)		
1	Kadar Aspal Opt. , %	5,65	5,50	5,65	5,50	-	-
2	Kepadatan, t/m ³	2,382	2,353	2,386	2,358	-	-
3	VFB, %	74,00	72,14	74,58	70,30	Min. 65	Min. 65
4	VIM _{Marshall} , %	4,17	4,60	4,00	4,81	3,5 – 5,5	3,5 – 5,5
5	VMA, %	15,82	16,32	15,74	16,17	Min. 15	Min. 15
6	VIM _{PRD} , %	3,35	3,53	2,99	2,98	Min 2,5	Min 2,5
7	Stabilitas, kg	1471,7	1159,1	1879,8	1660,1	Min 800	Min. 1000
8	Kelelehan, mm	3,21	3,42	3,98	4,19	Min. 3	Min. 3
9	Marshall Quotient, kg/mm	482,2	342,3	480,0	396,0	Min. 250	Min. 300

*) Sumber: Bina Marga (2006).

Tabel 2. Rangkuman data karakteristik campuran Lataston dengan aspal Keras Pen 60 dan aspal Polimer

No.	Parameter	Karakteristik Campuran					
		Hasil Pengujian				Persyaratan*	
		HRS-WC dengan Aspal Pen 60		HRS-WC dengan Aspal Polimer		HRS-WC	
		Gradasi atas	Gradasi bawah	Gradasi atas	Gradasi bawah		
1	Kadar Aspal Opt. , %	7,20	6,35	7,20	6,35	-	-
2	Kepadatan, t/m ³	2,312	2,330	2,331	2,353	-	-
3	VFB, %	76,87	73,29	76,69	76,70	min. 68	
4	VIM _{Marshall} , %	4,66	4,93	4,57	4,13	3 - 6	
5	VMA, %	20,21	18,45	19,61	17,68	Min. 17	
6	VIM _{PRD} , %	3,56	2,86	2,443	2,455	Min. 2	
7	Stabilitas, kg	1211,5	1317,7	1755,6	1637,4	Min. 800	
8	Kelelehan, mm	3,60	3,50	4,25	3,98	Min. 3	
9	Marshall Quotient, kg/mm	326,0	399,2	423,7	411,6	Min. 250	

*) Sumber: Bina Marga (2006).

Tabel 3. Rangkuman data Modulus campuran beton aspal lapis permukaan (AC-WC) pada temperatur 25°C

Tipe Campuran Beraspal, Gragasi dan Tipe Aspal	Pengujian Pada Temperatur 25 °C			
	Rise Time (ms)	Load Time (ms)	Kecepatan, V (km/jam)	MR (MPa)
ACWC-Motong Asp Pen 60	43,4	9,0	111,1	4575
	57,4	8,0	125,0	4593
	59,2	24,0	41,7	3153
	58,6	20,8	48,1	3223
	57,2	23,2	43,1	3097
ACWC-Atas Asp Pen 60	45,2	8,4	119,0	4472
	58,2	9,2	108,7	4468
	58,4	8,8	113,6	4870
	59,8	22,4	44,6	3228
	58,6	22,0	45,5	3393
ACWC-Motong Asp Polimer	58,4	21,0	47,6	3699
	45,0	11,6	86,2	4354
	56,6	9,8	102,0	4839
	55,8	9,4	106,4	4317
	56,8	25,8	38,8	3434
ACWC-Atas Asp Polimer	56,0	23,8	42,0	2986
	57,0	25,2	39,7	3131
	45,0	6,4	156,3	5781
	57,8	5,8	172,4	6161
	57,6	6,0	166,7	5883

Tabel 4. Rangkuman data modulus lapis tipis beton aspal lapis permukaan (HRS-WC) pada temperatur 25°C

Tipe Campuran Beraspal, Gragasi dan Tipe Aspal	Pengujian Pada Temperatur 25 °C			
	Rise Time (ms)	Load Time (ms)	Kecepatan, V (km/jam)	MR (MPa)
HRS WC-Bwh Asp Pen 60	55,8	25,4	39,4	2240
	52,8	22,4	44,6	2751
	57,6	23,6	42,4	2607
HRS WC-Atas Asp Pen 60	45,2	7,8	128,2	4058
	44,6	8,4	119,0	3556
	56,2	11,0	90,9	3508
	56,4	26,0	38,5	2881
HRS WC-Bwh Asp Polimer	45,0	7,4	135,1	3876
	55,2	10,8	92,6	3655
	53,2	11,0	90,9	3472
	53,2	12,4	80,6	3365
	55,4	24,4	41,0	3135
	54,2	25,4	39,4	3091
	53,4	26,8	37,3	2567
HRS WC-Atas Asp Polimer	45,0	6,8	147,1	4541
	45,0	7,4	135,1	4023
	45,0	6,0	166,7	4700
	56,2	9,0	111,1	4285
	54,4	10,6	94,3	4072

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka serta hasil pengujian di laboratorium terdapat beberapa hal penting, yaitu:

a. Hasil kajian pustaka

Modulus Kekakuan campuran beton aspal dapat diprediksi dengan menggunakan model prediksi yang telah dikembangkan di beberapa negara. Berdasarkan ke empat model yang telah dikaji maka kekakuan campuran beton aspal tergantung dari kekakuan aspal, parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran serta waktu pembebanan.

Membandingkan antara ke empat model maka pengaruh untuk kekakuan aspal dan waktu pembebanan adalah sama. Namun untuk pengaruh parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran, terdapat perbedaan data pendekatan yang ditinjau, yaitu:

- Model Shell Bitumen (1995)
Untuk parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran yang ditinjau, hanya diwakili oleh rongga dalam agregat (void mineral agregat, VMA). Pada model ini tidak mengakomodasi pengaruh kadar aspal.
- Model Abu Abdo A, et all (2009)
Pada model ini parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran yang ditinjau diwakili dengan kadar aspal, berat jenis maksimum campuran dan stabilitas giratori.
- Model Asphalt Institute (1982)
Berhubung model ini ditujukan untuk pengembangan model perencanaan perkerasan di negara Amerika maka Modulus kekakuan aspal diwakili dengan kekentalan atau viskositas, dimana viskositas diuji pada temperatur 70°F. Parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran yang ditinjau diwakili oleh rongga udara dalam campuran, kadar aspal dan persentase agregat lolos saringan no 200 (0,075 mm). Pada model ini kekakuan campuran dipengaruhi juga oleh temperatur.

- Model Witczak yang dicuplik oleh Gabriel Garcia, et al (2007)

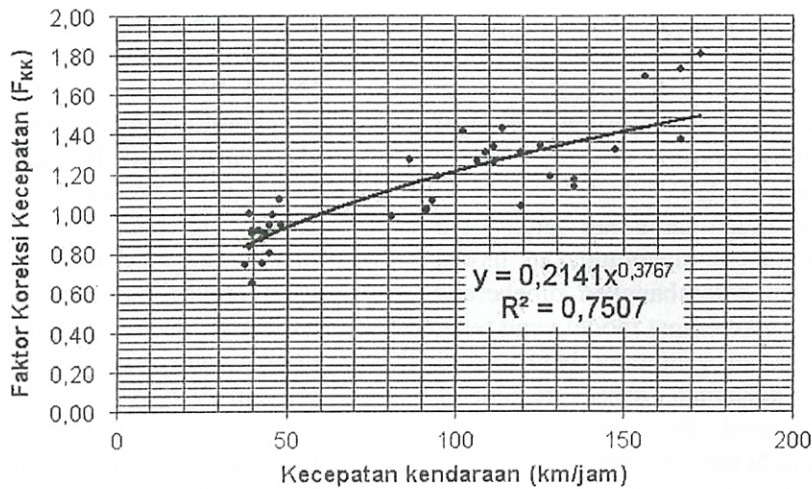
Model Witczak mengakomodasi pengaruh temperatur dengan melakukan pengujian viskositas sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk parameter campuran beton aspal atau gradasi agregat campuran, yang ditinjau adalah rongga udara dalam campuran, kadar aspal efektif dan persentase agregat lolos saringan no 200 (0,075 mm) serta persentase agregat yang tertahan saringan 4,75 mm, 9,5 mm dan 19 mm.

Jadi berdasarkan model Witczak yang dicuplik oleh Gabriel Garcia, et al (2007) maka gradasi agregat campuran merupakan salah satu parameter yang dominan untuk mempengaruhi Modulus Kekakuan campuran beton aspal.

b. Hasil pengujian di laboratorium

Karakteristik campuran AC-WC dengan bahan pengikat aspal Pen 60 dan aspal Polimer seperti disajikan pada Tabel 1 serta campuran HRS-WC yang disajikan pada Tabel 2 adalah memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku V. (Bina Marga, 2010). Berdasarkan hasil pengujian kekakuan maka diperoleh hal-hal sebagai berikut:

- Modulus Kekakuan campuran campuran HRS-WC lebih rendah dari pada kekakuan campuran AC-WC untuk waktu pembebanan yang relatif sama, baik yang menggunakan bahan pengikat aspal keras Pen 60 maupun yang menggunakan aspal Polimer. Hal ini sejalan dengan model Witczak bahwa gradasi agregat campuran dan kadar aspal efektif cukup dominan mempengaruhi nilai Modulus Kekakuan. Begitu pula untuk penggunaan aspal Polimer yang memiliki kekakuan lebih tinggi dibandingkan aspal keras Pen 60, baik untuk campuran HRS-WC maupun AC-WC. Diperoleh bahwa Modulus Kekakuan campuran HRS-WC dan AC-WC yang menggunakan aspal Polimer pada waktu pembebanan yang sama, memiliki Modulus Kekakuan lebih tinggi.



Gambar 7. Hubungan antara kecepatan kendaraan dengan modulus (kekakuan)

- Memperhatikan Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa kekakuan campuran AC-WC dan HRS-WC, memiliki korelasi cukup baik terhadap lamanya waktu pembebanan atau kecepatan kendaraan.

Apabila kecepatan standar untuk perencanaan perkerasan adalah sebesar 60 km/jam, maka berdasarkan data pada Tabel 3 dan 4 serta Gambar 5 dan 6 dapat dibuat grafik atau gambar untuk mengkoreksi nilai kekakuan untuk kecepatan kendaraan selain dari 60 km/jam, yaitu seperti disajikan pada Gambar 7.

Pada Gambar 7, diperoleh bahwa faktor koreksi pengaruh kecepatan kendaraan (F_{KK}) untuk AC-WC dan HRS-WC adalah:

$$F_{KK} = 0,2141 \times V^{0,3767} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

F_{KK} = faktor koreksi pengaruh kecepatan kendaraan

V = kecepatan kendaraan, km/jam

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium serta hasil kajian pustaka maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu:

- Berdasarkan Model Prediksi Kekakuan campuran beton aspal yang dikaji maka pada umumnya Modulus Kekakuan campuran beton aspal dipengaruhi oleh sifat aspal dan sifat campuran (volumetrik dan gradasi agregat campuran), temperatur dan waktu pembebanan. Dari ke empat model yang diuji maka model yang dikembangkan oleh Witczak menjelaskan bahwa pengaruh gradasi agregat campuran lebih dominan.
- Campuran AC-WC dan HRS-WC memiliki karakteristik memenuhi persyaratan (lihat Tabel 1 dan Tabel 2), baik yang menggunakan aspal keras Pen 60 maupun yang menggunakan aspal Polimer.
- Modulus Kekakuan campuran beraspal semakin menurun sejalan dengan waktu pembebanan yang semakin lama. Pengaruh gradasi agregat campuran dan kadar aspal cukup dominan mempengaruhi nilai Modulus Kekakuan. Hal ini ditunjukkan dengan Modulus Kekakuan campuran campuran HRS-WC yang lebih rendah dari pada Modulus Kekakuan campuran AC-WC untuk waktu pembebanan yang relatif sama.
- Penggunaan aspal Polimer yang memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan aspal keras Pen 60, baik untuk campuran HRS-WC maupun AC-WC, diperoleh bahwa Modulus Kekakuan campuran HRS-WC dan AC-WC yang menggunakan aspal

- Polimer pada waktu pembebanan yang sama akan memiliki kekakuan lebih tinggi
- Korelasi antara Modulus Kekakuan (Modulus Resilien) dengan waktu pembebanan, untuk campuran AC-WC dan HRS-WC pada temperatur standar 25°C, memiliki tingkat korelasi yang cukup baik, yaitu dengan $R^2 = 0,7516$.
 - Nilai Modulus Kekakuan campuran AC-WC dan HRS-WC untuk keperluan perencanaan perkerasan sebaiknya dikoreksi sesuai dengan kecepatan kendaraan pada ruas jalan yang ditinjau. Seperti contoh, apabila kecepatan kendaraan standar ditetapkan 60 km/jam dan temperatur standar pada metoda perencanaan ditetapkan 25°C, maka faktor koreksi pengaruh kecepatan kendaraan (F_{KK}) untuk AC-WC dan HRS-WC adalah:

$$F_{KK} = 0,2141 \times V^{0,3767} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- F_{KK} = faktor koreksi pengaruh kecepatan kendaraan kendaraan
 V = kecepatan kendaraan kendaraan, km/jam

Saran

Berhubung Modulus Kekakuan campuran beraspal dipengaruhi juga oleh temperatur, maka sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu pengaruh gabungan antara temperatur dan waktu pembebanan terhadap Modulus Kekakuan.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO Designation : R 30-02, 2006. *Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot Mix Asphalt (HMA)*, Washington, DC.

Abu Abdo A, Bayomy F, Nielson R, Weaver T and Jung S.J, 2009. *Prediction of the Dynamic Modulus of Superpave Mixes*. Taylor and Francis Group. London.

Austroroads, 1992. *Pavement Design : A Guide to the Structural Design of Road*

Pavement. Haymarket NSW 2000 Australia. Syney

Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*. Direktorat Bina Teknik, Jakarta.

Brown S.F, 1978. *Material Characteristics for Analytical Pavement Design*. The University of Nottingham, UK

Gabriel Gracia and Marshall T. 2007. *HMA Dynamic modulus Predictive Models-A Review, Research Report FHWA-ICT-07-005, A report of the findings of ICT_R39 Validation of Extended Life HMA Design Concepts*. Illinois Center for Transportation, Urbana.

Huang Y Y, 2004. *Pavement Analysis and Design Second Edition*. University of Kentucky, Upper Saddle River, New Jersey.

Kim Y R, 2009. *Modeling of Asphalt Concrete*. American Society of Civil Engineering, USA.

O’Flaherty C.A, 2002. *Highways: The location, Design, Contruction and Maintenance of Pavements 4th edition*. Butterworth-Heinemann, British.

PUSJATAN, 2010. *Laporan Akhir Kaji Ulang Metoda Perencanaan Perkerasan Lentur dan Kaku*. Bandung.

Pell P.S, 1978. *Developments in Highway Pavement Engineering-1*. Applied Science Publishers LTD, London

The Asphalt Institute, 1985. *The Asphalt Institute Handbooks, Manual Series No. 4*. The Asphalt Institute. Maryland, USA.

The Asphalt Institute, 1982. *Research and Development of The Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition*. The Asphalt Institute. Maryland, USA.

Shell Bitumen, 1995. *The Shell Bitumen Handbook* Shell Bitumen. London.

Shell Bitumen, 2003. *The Shell Bitumen Handbook Fith edition*. Thomas Telford Ltd. London.

Ullidtz P, 1998. *Modelling Flexible Pavement Response and Performance*. Technical University of Denmark.