

NILAI MEKANISTIK BETON ASPAL LAPIS PERMUKAAN TERHADAP PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PEMBEBANAN

M. Sjahdanulirwan¹⁾, Nono²⁾

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan ^{1, 2)}

Jl. A.H. Nasution 264 Bandung ^{1, 2)}

E-Mail : sunaryono_nn@yahoo.com ²⁾

Diterima : 12 Mei 2009; Disetujui : 31 Juli 2009

ABSTRAK

Kinerja beton aspal sangat tergantung terhadap kualitas agregat, kekakuan aspal dan kekakuan campuran beraspal. Tulisan ini khusus membahas tentang pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap nilai mekanistik beton aspal lapis permukaan (ACWC). Beberapa literatur menyatakan bahwa kekakuan aspal dipengaruhi waktu pembebanan dan temperatur sehingga dapat mempengaruhi nilai mekanistik beton aspal lapis permukaan. Untuk mengevaluasi pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap kekakuan aspal dan campuran beraspal, yaitu dengan mensimulasikan model Van Der Poel. Sedangkan untuk mengevaluasi pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap regangan tarik ijin beton aspal lapis permukaan adalah menggunakan model Shell. Hasil analisis diperoleh bahwa kekakuan aspal per 60 sensitif terhadap pengaruh temperatur di atas 25°C. Untuk mempertahankan kekakuan aspal sebesar 5 MPa dengan waktu pembebanan 0,011 detik (kecepatan, $V = 80$ km/jam) adalah 29,5°C. Pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap kekakuan campuran beraspal adalah sama seperti terhadap kekakuan aspal, yaitu, sangat sensitif terhadap temperatur di atas 25°C. Mengacu terhadap kekakuan bitumen minimum 5 MPa, maka kekakuan campuran lapis permukaan (ACWC) adalah sekitar 2250 MPa. Umur kelelahan beton aspal lapis permukaan (ACWC) akan semakin pendek apabila temperatur semakin rendah dan waktu pembebanan semakin lama.

Kata kunci : nilai mekanistik, beton aspal lapis permukaan, temperatur, waktu pembebanan

ABSTRACT

Performance of asphalt concrete largely depends on quality of aggregate, stiffness of bitumen and asphalt mixtures. This paper specifically discusses the effect of temperature and the loading time on mechanistic value of Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC). According to several literatures, in most ways asphalt stiffness is influenced by the time of loading and temperature which can influence mechanistic value of ACWC. To evaluate the effect of temperature and loading time on stiffness of asphalt and asphalt mixtures, Van Der Poel's Model is simulated. To evaluate the effect of temperature and loading time on tensile strain of ACWC, Shell's model is applied.. Based on the analysis result, it is found that the effect of temperature on stiffness of asphalt penetration grade 60 is very significant, especially at temperature of more than 25 °C. To maintain asphalt stiffness of 5 Mpa with loading time of 0.011 second (speed, V=80 km/hour) is 29.5 °C. The effect of temperature and loading time on the stiffness of asphalt and asphalt mixtures is the same, both are very sensitive to the temperature of more than 25 °C. Referring to Asphalt stiffness with minimum 5 Mpa, stiffness of ACWC is approximately 2250 Mpa.. ACWC fatigue will be sharter when temperature is colder and loading time is longer.

Key words : *mechanistic value, asphalt concrete wearing course, temperature, time of loading.*

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 bahan tersebut harus dipanaskan sebelum pencampuran. Hal ini 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.

Pada penelitian ini, penulis akan mencoba mengevaluasi pengaruh variasi waktu pembebanan dan temperatur terhadap kekakuan aspal dan kekakuan campuran beraspal dengan menggunakan rumus Van Der Poel. Di samping itu, dilakukan analisis terhadap pengaruh variasi waktu pembebanan dan temperatur terhadap regangan tarik ijin campuran beraspal. Adapun jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Keras Pen 60 yang umum digunakan di lingkungan Bina Marga.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi temperatur dan waktu pembebanan terhadap kekakuan aspal serta nilai mekanistik campuran beraspal lapis permukaan (ACWC). Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan dalam perencanaan perkerasan.

KAJIAN PUSTAKA

Aspal

Berdasarkan NAPA (1996) yang dicuplik dari Epps, J.A (1986) mengatakan bahwa aspal yang ideal adalah dapat memperbaiki atau meningkatkan sifat atau karakteristik campuran beraspal dan kemudahan kerja. Yaitu aspal yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- (a) Kekakuan rendah atau viskositas yang relatif tinggi sehingga tidak memerlukan temperatur tinggi untuk pemompaan aspal, pencampuran dan pematatan.
- (b) Kekakuan tinggi pada saat temperatur tinggi (musim panas) untuk menghindari alur (*rutting*) dan sungkur (*shoving*).
- (c) Kekakuan rendah pada saat temperatur rendah (musim dingin) untuk menghindari retak.
- (d) Kelekatan terhadap agregat yang tinggi untuk menghindari pengelupasan (*stripping*).

Beberapa negara telah mengembangkan model atau hubungan antara jumlah repetisi beban (umur layan) dengan karakteristik campuran, seperti model yang dikembangkan oleh Shell sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 1. Pada persamaan 1 terlihat bahwa

keruntuhan campuran beraspal erat kaitannya dengan volumetrik campuran dan kekakuan campuran. Sedangkan kekakuan campuran selain dipengaruhi oleh volumetrik campuran juga oleh kekakuan aspal (persamaan 2 dan 3).

$$N = \left[\frac{6918 - V_B + 1.08}{S_{mix}^{0.36} \mu \epsilon_h} \right]^5 \dots(1)$$

- keterangan:
- N = Jumlah repetisi beban, Esa
 - V_B = Volume aspal, %
 - μ ε_h = Regangan horizontal, mikrostrains
 - S_{mix} = Kekakuan campuran, MPa
 - = S_b $\left[1 + \frac{257,5 - 2,5VMA}{n(VMA - 3)} \right]^n$ (2)

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

- keterangan:
- VMA = Rongga dalam agregat, % (12% < VMA < 30%)
 - S_b = Kekakuan aspal, MPa > 5 MPa

Adapun model kekakuan aspal dicuplik dari Collop A C (1994) yaitu sebagai berikut:

$$S_b = 1157 \times 10^{-7} t_1^{-0,368} 2716^{PI^{(R)}} (T_{RB}^{(R)} - T_{asp})^5 \dots(4)$$

- keterangan:
- S_b = Kekakuan aspal (MPa)
 - T_{RB}^(R) = Titik lembek setelah pemulihan (°C)
 - T_{asp} = Temperatur lapis beraspal (°C)
 - PI^(R) = Penetrasi Indeks setelah pemulihan
 - t₁ = Waktu pembebanan (detik)

Persamaan di atas berlaku apabila:

- 0,01 detik < t₁ < 0,1 detik,
- -1,0 < PI^(R) < 1,0,
- 20°C < (T_{RB}^(R) - T_{asp}) < 60°C

Untuk memperoleh besaran T_{RB}^(R) dan PI^(R) dapat diestimasi dengan nilai penetrasi aspal awal (P⁽¹⁾), persamaannya adalah sebagai berikut:

$$P^{(R)} = 0,65P^{(1)} \dots\dots\dots (5)$$

$$T_{RB}^{(R)} = 98,4 - 26,35 \log_{10}(P^{(R)}) \dots\dots (6)$$

$$PI^{(R)} = \frac{27 \log_{10} P^{(1)} - 21,65}{76,35 \log_{10} P^{(1)} - 232,82} \dots\dots (7)$$

keterangan:

P⁽¹⁾ = Penetrasi aspal awal

Adapun waktu pembebanan yang efektif t₁ dapat diestimasi dengan rumus sebagai berikut :

$$\log_{10}(t_1) = 5 \times 10^{-4} h_{asp} - 0,2 - 0,94 \log_{10}(V) \dots\dots (8)$$

keterangan:

h_{asp} = Tebal lapis beraspal (mm)

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Kekakuan aspal sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 4 adalah sangat tergantung terhadap waktu pembebanan dan temperatur lapangan. Namun bila memperhatikan batasan-batasannya maka Persamaan 4 hanya berlaku untuk waktu pembebanan paling lama < 0,1 detik (kecepatan kendaraan > 10 km/jam) dan bila T_{RB}^(R) = 60 °C maka hanya berlaku untuk temperatur lapangan maksimum 40 °C.

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

Adapun kekakuan aspal yang disarankan untuk memperoleh kekakuan campuran yang memiliki elastisitas yang diharapkan adalah sebesar 5 MPa atau sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 (S.F. Brown, 1980).

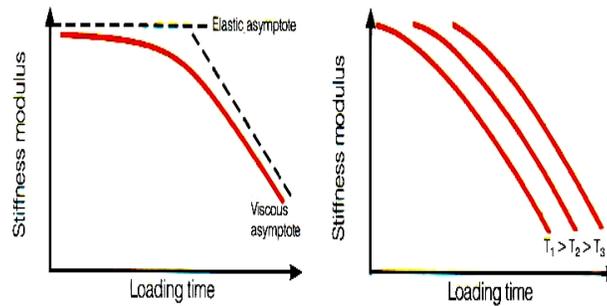
The Asphalt Institute (1993) menyatakan bahwa pemilihan aspal harus disesuaikan dengan kondisi temperatur lapangan. Untuk temperatur lapangan yang panas atau temperatur udara rata-rata tahunan lebih besar atau sama dengan 24°C maka disarankan menggunakan AC-20, AR-8000 dan Aspal Keras Pen 60 atau AC-40, AR-16000 dan Aspal Keras Pen 40. Sedangkan The Asphalt Institute (1997) menyarankan bahwa untuk kecepatan kendaraan yang lambat atau waktu pembebanan yang relatif lama sebaiknya menggunakan aspal dengan PG 64. Sedangkan untuk waktu pembebanan lama (beban statis) dan temperatur lapangan tinggi, disarankan menggunakan aspal dengan PG 70.

Persyaratan Aspal

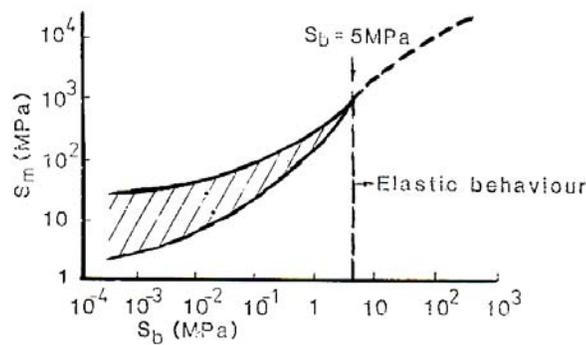
Sebagai acuan dalam pengujian, spesifikasi aspal yang diacu adalah RSNI S-01-2003 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

HIPOTESIS

Kekakuan aspal sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan. Untuk itu, apabila aspal yang digunakan memiliki kekakuan tinggi maka campuran beraspal tersebut tidak peka terhadap pengaruh temperatur tinggi dan lamanya waktu pembebanan, namun umur kelelahannya lebih pendek.



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



Gambar 2. Batas elastisitas atau kekakuan aspal
(Sumber : Brown SF, 1980)

Tabel 1.
Persyaratan aspal keras pen 60

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Metode	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	0,01 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2.	Titik Lembek	°C	SNI 06-2434-1991	(50 - 58)
3.	Titik Nyala	°C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4.	Daktilitas, 25 °C	cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5.	Kelarutan dalam <i>Trichlor Ethylen</i>	% berat	SNI 06-2438-1991	Min. 99
6.	Penurunan Berat (dengan TFOT)	% berat	SNI 06-2441-1991	Max. 0,8
7.	Penetrasi setelah penurunan berat	% asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
8.	Daktilitas setelah penurunan berat	cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50
9.	Berat jenis		SNI 06-2488-1991	Min. 1,0
10.	Uji bintang - Standar Naptha - Naptha Xylene - Heptane Xylene	-	AASHTO T. 102	Negatif

Sumber : RSNI S-01-2003.

METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan dari penelitian maka dilakukan tahapan kegiatan sebagai berikut:

- Melakukan pengujian sifat fisik beberapa aspal kelas Aspal keras pen 60.
- Tahapan berikutnya adalah melakukan analisa terhadap hasil pengujian beberapa kelas aspal keras pen 60 tersebut dengan menggunakan model kekakuan aspal (Sb) dan kekakuan campuran beraspal untuk variasi temperatur dan waktu pembebanan.
- Tahapan kegiatan akhir dari penelitian ini adalah melakukan analisa terhadap model kelelahan campuran beraspal dengan menggunakan kekakuan campuran beraspal yang telah diperoleh. Model kelelahan yang diacu adalah sesuai model Shell untuk variasi temperatur dan waktu pembebanan.

HASIL DAN ANALISIS

Untuk keperluan analisis maka ada beberapa asumsi yang ditetapkan untuk

beton aspal lapis permukaan (ACWC), yaitu:

- Tebal lapis beton aspal lapis permukaan setebal 5 cm.
- Rongga dalam agregat (VMA) sebesar 15%
- Kadar aspal (Vb) sebanyak 6%.

Sifat-sifat Aspal

Sesuai hasil pengujian yang telah dilakukan, sifat aspal pen 60 disajikan pada Tabel 2. Terlihat bahwa untuk beberapa contoh aspal pen 60 yang telah dilakukan pengujian ternyata dapat memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi.

Hubungan kekakuan aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan

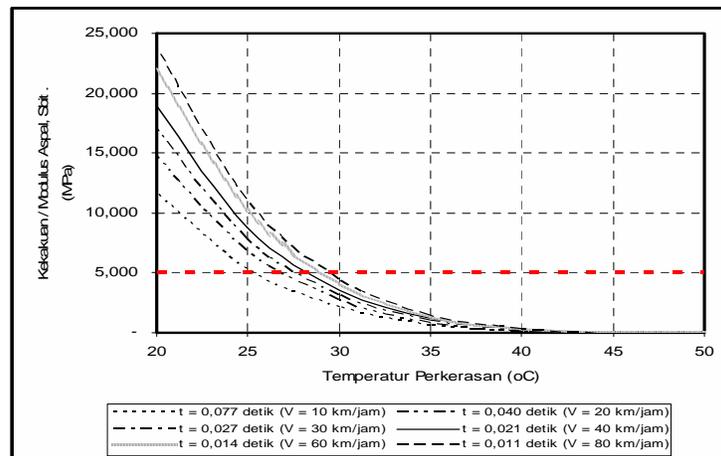
Dengan menggunakan model yang telah dikembangkan oleh Van der Poel maka diperoleh hubungan antara kekakuan aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan, yaitu sebagaimana disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 2.
Sifat aspal pen 60

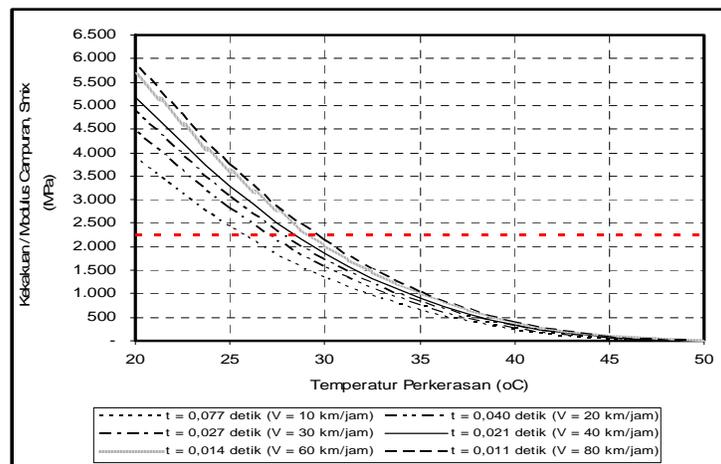
	JENIS PENGUJIAN	Hasil pengujian				
		Asp-1	Asp-2	Asp-3	Asp-4	Asp-5
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	65	65	68	70	71
2.	Titik Lembek °C	49	49	48	48,4	48
3.	Daktilitas, 25 °C (cm)	>140	>140	>140	>140	>140
4.	Kelarutan dalam Trichlor Ethylen (%)	99,81	99,29	99	99,76	99,92
5.	Titik Nyala °C	287	292	328	298	285
6.	Berat Jenis	1,0411	1,05	1,03	1,04	1,039

Tabel 3.
Hubungan kekakuan aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan

P ⁽¹⁾ (0,01 mm)	P ^(R) (0,01 mm)	SP/T _{RB} ^(R) (°C)	PI ^(R)	Kekakuan aspal, Sb (MPa)						
				Temperatur (°C)						
				50	45	40	35	30	25	20
1. t = 0,077 detik (V = 10 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,001	0,029	0,203	0,818	2,429	5,934	12,659
65	42,25	55,56	-0,29	0,001	0,029	0,203	0,818	2,429	5,934	12,659
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,023	0,170	0,713	2,171	5,393	11,645
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,019	0,151	0,651	2,017	5,067	11,029
71	46,15	54,55	-0,31	0,000	0,017	0,142	0,623	1,945	4,914	10,737
Rata-rata				0,001	0,023	0,174	0,725	2,198	5,449	11,746
2. t = 0,040 detik (V = 20 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,037	0,258	1,041	3,091	7,551	16,109
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,037	0,258	1,041	3,091	7,551	16,109
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,029	0,216	0,907	2,762	6,863	14,819
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,024	0,192	0,829	2,566	6,448	14,035
71	46,15	54,55	-0,31	0,001	0,022	0,181	0,793	2,475	6,253	13,663
Rata-rata				0,001	0,030	0,221	0,922	2,797	6,933	14,947
3. t = 0,027 detik (V = 30 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,043	0,299	1,203	3,572	8,727	18,616
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,043	0,299	1,203	3,572	8,727	18,616
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,033	0,250	1,048	3,192	7,931	17,125
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,028	0,222	0,958	2,966	7,452	16,219
71	46,15	54,55	-0,31	0,001	0,025	0,209	0,916	2,860	7,226	15,789
Rata-rata				0,001	0,034	0,256	1,065	3,232	8,013	17,273
4. t = 0,021 detik (V = 40 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,047	0,328	1,319	3,918	9,572	20,420
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,047	0,328	1,319	3,918	9,572	20,420
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,036	0,274	1,150	3,501	8,700	18,785
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,030	0,243	1,051	3,253	8,174	17,790
71	46,15	54,55	-0,31	0,001	0,028	0,229	1,005	3,137	7,926	17,319
Rata-rata				0,001	0,038	0,280	1,169	3,545	8,789	18,947
5. t = 0,014 detik (V = 60 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,055	0,380	1,532	4,548	11,112	23,706
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,055	0,380	1,532	4,548	11,112	23,706
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,042	0,318	1,335	4,065	10,100	21,807
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,035	0,282	1,220	3,777	9,489	20,653
71	46,15	54,55	-0,31	0,001	0,032	0,266	1,166	3,642	9,202	20,106
Rata-rata				0,002	0,044	0,325	1,357	4,116	10,203	21,996
6. t = 0,011 detik (V = 80 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,060	0,416	1,674	4,970	12,144	25,906
65	42,25	55,56	-0,29	0,002	0,060	0,416	1,674	4,970	12,144	25,906
68	44,20	55,04	-0,30	0,001	0,046	0,347	1,459	4,442	11,037	23,831
70	45,50	54,71	-0,31	0,001	0,039	0,309	1,333	4,127	10,370	22,570
71	46,15	54,55	-0,31	0,001	0,035	0,291	1,274	3,980	10,056	21,972
Rata-rata				0,002	0,048	0,356	1,483	4,498	11,150	24,037



Gambar 4. Hubungan Kekakuan Aspal dengan Temperatur dan Waktu Pembebanan



Gambar 5. Hubungan Kekakuan Campuran Beton Aspal dengan Temperatur dan Waktu Pembebanan

Hubungan kekakuan campuran beton aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan

Kekakuan campuran beton aspal lapis permukaan (ACWC) dengan menggunakan variasi aspal sebagai bahan

pengikat untuk variasi temperatur perkerasan dan waktu pembebanan adalah seperti disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

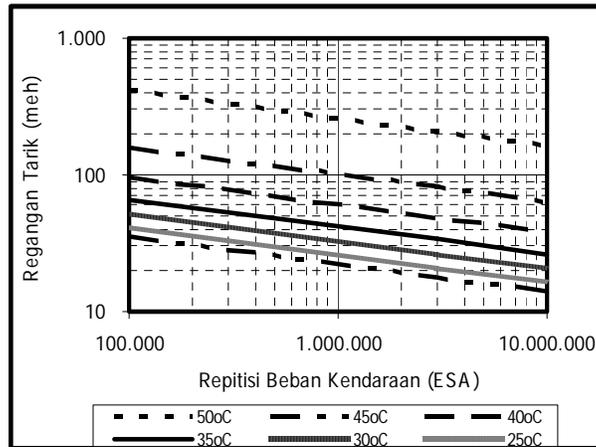
Tabel 4.
Hubungan kekakuan campuran beton aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan

p ⁽¹⁾ (0,01 mm)	P ^(R) (0,01 mm)	SP/T _{RB} ^(R) (°C)	P ^(R)	KEKAKUAN CAMPURAN, S _{MIX} (MPa)						
				Temperatur (°C)						
				50	45	40	35	30	25	20
1. t = 0,077 detik (V = 10 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	6	69	278	721	1.472	2.586	4.094
65	42,25	55,56	-0,29	6	69	278	721	1.472	2.586	4.094
68	44,20	55,04	-0,30	4	57	245	657	1.369	2.438	3.895
70	45,50	54,71	-0,31	3	50	225	618	1.306	2.345	3.771
71	46,15	54,55	-0,31	3	47	216	600	1.276	2.300	3.710
Rata-rata				4	59	248	663	1.379	2.451	3.913
2. t = 0,040 detik (V = 20 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	7	83	329	846	1.718	2.999	4.719
65	42,25	55,56	-0,29	7	83	329	846	1.718	2.999	4.719
68	44,20	55,04	-0,30	5	68	290	772	1.599	2.828	4.493
70	45,50	54,71	-0,31	4	60	267	727	1.525	2.722	4.352
71	46,15	54,55	-0,31	3	56	256	706	1.490	2.671	4.283
Rata-rata				5	70	294	780	1.610	2.844	4.513
3. t = 0,027 detik (V = 30 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	8	92	363	931	1.883	3.275	5.135
65	42,25	55,56	-0,29	8	92	363	931	1.883	3.275	5.135
68	44,20	55,04	-0,30	6	76	321	850	1.753	3.090	4.891
70	45,50	54,71	-0,31	4	67	295	801	1.673	2.975	4.738
71	46,15	54,55	-0,31	4	63	284	777	1.635	2.919	4.664
Rata-rata				6	78	325	858	1.765	3.107	4.912
4. t = 0,021 detik (V = 40 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	9	98	387	990	1.996	3.463	5.417
65	42,25	55,56	-0,29	9	98	387	990	1.996	3.463	5.417
68	44,20	55,04	-0,30	6	81	342	904	1.859	3.268	5.161
70	45,50	54,71	-0,31	5	72	315	852	1.775	3.147	5.001
71	46,15	54,55	-0,31	4	67	302	827	1.734	3.089	4.923
Rata-rata				7	83	347	912	1.872	3.286	5.184
5. t = 0,014 detik (V = 60 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	10	109	429	1.092	2.192	3.788	5.902
65	42,25	55,56	-0,29	10	109	429	1.092	2.192	3.788	5.902
68	44,20	55,04	-0,30	7	91	379	997	2.043	3.577	5.626
70	45,50	54,71	-0,31	5	80	349	940	1.950	3.445	5.453
71	46,15	54,55	-0,31	5	75	335	913	1.906	3.381	5.369
Rata-rata				7	93	384	1.007	2.057	3.596	5.650
6. t = 0,011 detik (V = 80 km/jam)										
65	42,25	55,56	-0,29	11	117	456	1.157	2.317	3.994	6.209
65	42,25	55,56	-0,29	11	117	456	1.157	2.317	3.994	6.209
68	44,20	55,04	-0,30	7	97	403	1.057	2.160	3.772	5.920
70	45,50	54,71	-0,31	6	85	371	997	2.062	3.634	5.738
71	46,15	54,55	-0,31	5	80	357	968	2.016	3.567	5.651
Rata-rata				8	99	409	1.067	2.174	3.792	5.945

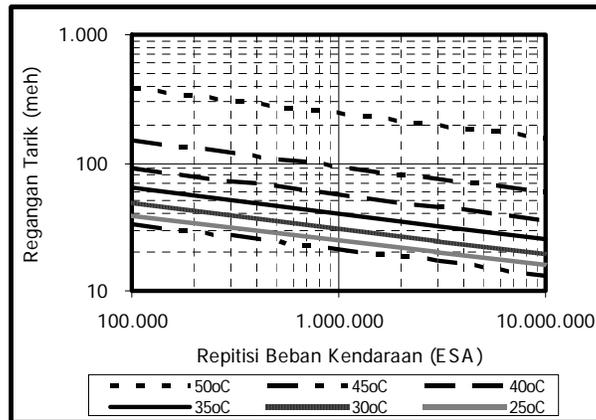
Hubungan regangan tarik beton aspal lapis permukaan (ACWC) dengan temperatur dan waktu pembebanan

Regangan tarik beton aspal lapis permukaan (ACWC) berdasarkan hasil

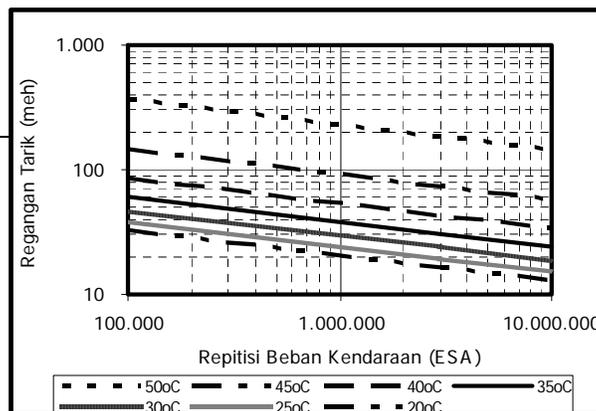
analisis dengan menggunakan model dari Shell (lihat persamaan 1) disajikan pada Gambar 6. Terlihat pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap regangan tarik maksimum beton aspal lapis permukaan (ACWC).



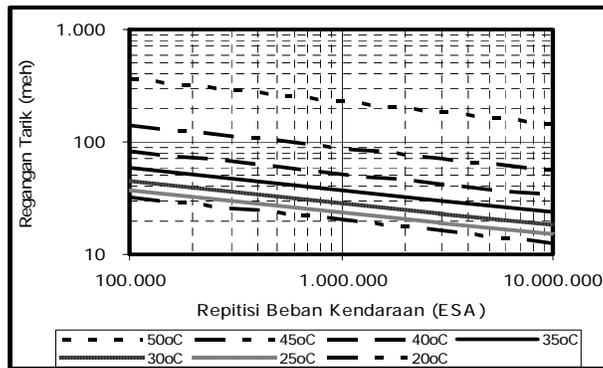
Gambar 6a. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,077$ detik ($V = 10$ km/jam)



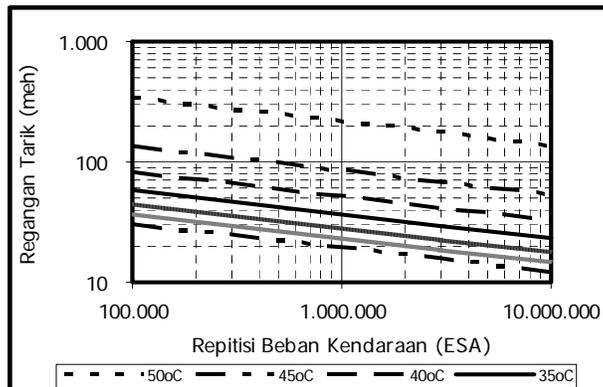
Gambar 6b. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,040$ detik ($V = 20$ km/jam)



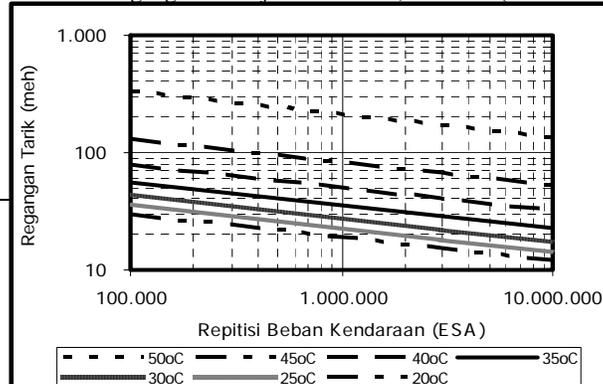
Gambar 6c. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,027$ detik ($V = 30$ km/jam)



Gambar 6d. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,021$ detik ($V = 40$ km/jam)



Gambar 6e. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,014$ detik ($v = 60$ km/jam)



Gambar 6f. Regangan tarik ijin untuk $t = 0,011$ detik ($V = 80$ km/jam)

PEMBAHASAN

Hubungan antara kekakuan aspal dengan temperatur dan waktu pembebanan seperti disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4, terlihat bahwa rata-rata untuk ke lima contoh aspal pen 60 diperoleh bahwa aspal masih memiliki kekakuan ≥ 5 MPa untuk variasi waktu pembebanan sehingga batas temperatur perkerasan yang diijinkan adalah sebagai berikut:

- Waktu pembebanan ($t = 0,077$ detik ($V = 10$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 26°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,040$ detik ($V = 20$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 27°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,027$ detik ($V = 30$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum $27,5^{\circ}\text{C}$.
- Waktu pembebanan ($t = 0,021$ detik ($V = 40$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 28°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,014$ detik ($V = 60$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 29°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,011$ detik ($V = 80$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum $29,5^{\circ}\text{C}$.

Hubungan antara kekakuan campuran beton aspal dengan temperatur dan waktu

pembebanan seperti disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa pengaruh temperatur disertai waktu pembebanan terhadap perubahan kekakuan atau modulus campuran beraspal lapis permukaan (ACWC) adalah perubahannya cukup signifikan. Apabila mengacu terhadap kekakuan bitumen yang disarankan, yaitu minimum 5 MPa, maka kekakuan campuran lapis permukaan (ACWC) yang memenuhi syarat adalah sekitar 2250 MPa.

Batas temperatur perkerasan yang diijinkan untuk kekakuan campuran lapis permukaan (ACWC) sekitar 2250 MPa adalah sebagai berikut:

- Waktu pembebanan ($t = 0,077$ detik ($V = 10$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 26°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,040$ detik ($V = 20$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 27°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,027$ detik ($V = 30$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum $27,5^{\circ}\text{C}$.
- Waktu pembebanan ($t = 0,021$ detik ($V = 40$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 28°C .
- Waktu pembebanan ($t = 0,014$ detik ($V = 60$ km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 29°C .

- Waktu pembebanan (t) = 0,011 detik (V = 80 km/jam) adalah untuk temperatur perkerasan maksimum 29,5°C.

Hubungan regangan tarik beton aspal lapis permukaan (ACWC) dengan temperatur dan waktu pembebanan seperti yang disajikan pada Gambar 6, menunjukkan pengaruh temperatur dan waktu pembebanan terhadap regangan tarik maksimum beton aspal lapis permukaan (ACWC). Semakin tinggi temperatur perkerasan dan semakin lama waktu pembebanan maka untuk regangan tarik maksimum yang diijinkan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa kelelahan campuran beton aspal lapis permukaan (ACWC) akan semakin cepat tercapai apabila temperatur semakin tinggi dan waktu pembebanan semakin lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil kajian pustaka, pengujian laboratorium serta berdasarkan hasil analisis terhadap model kekakuan aspal (Sb) dan model kekakuan campuran beraspal yang dikembangkan oleh Van Der Poel serta model kriteria keruntuhan campuran beraspal yang dikembangkan Shell untuk variasi temperatur perkerasan dan waktu pembebanan menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Bila menggunakan batasan kekakuan aspal (Sb) minimum 5 MPa maka aspal keras pen 60 yang umum digunakan dilingkungan Bina Marga untuk berbagai variasi waktu pembebanan, maka temperatur perkerasan maksimum yang diijinkan adalah sebagai berikut:
 - ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,077 detik (V = 10 km/jam)

temperatur perkerasan maksimum 26°C.

- ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,040 detik (V = 20 km/jam) temperatur perkerasan maksimum 27°C.
- ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,027 detik (V = 30 km/jam) temperatur perkerasan maksimum 27,5°C.
- ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,021 detik (V = 40 km/jam) temperatur perkerasan maksimum 28°C.
- ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,014 detik (V = 60 km/jam) temperatur perkerasan maksimum 29°C.
- ✓ Untuk waktu pembebanan (t) = 0,011 detik (V = 80 km/jam) temperatur perkerasan maksimum 29,5°C.

- Apabila mengacu terhadap kekakuan bitumen yang disyaratkan minimum 5 MPa, maka kekakuan campuran lapis permukaan (ACWC) yang diijinkan adalah 2250 MPa.
- Batas temperatur perkerasan yang diijinkan untuk kekakuan campuran lapis permukaan (ACWC) yang diijinkan sebesar 2250 MPa adalah sebagai berikut:
 - ✓ Maksimum 26°C untuk waktu pembebanan (t) = 0,077 detik.
 - ✓ Maksimum 27°C untuk waktu pembebanan (t) = 0,040 detik.
 - ✓ Maksimum 27,5°C untuk waktu pembebanan (t) = 0,027 detik.
 - ✓ Maksimum 28°C untuk waktu pembebanan (t) = 0,021 detik.
 - ✓ Maksimum 29°C untuk waktu pembebanan (t) = 0,014 detik.

- ✓ Maksimum 29,5°C untuk waktu pembebanan ($t = 0,011$ detik).
- Umur kelelahan beton aspal lapis permukaan (ACWC) akan semakin cepat apabila temperatur semakin tinggi dan waktu pembebanan semakin lama.

Saran

Sesuai hasil analisis di atas, maka terdapat beberapa hal yang dipandang perlu untuk dipertimbangkan penggunaan aspal dan pemilihan metoda perencanaan perkerasan, yaitu:

- Penggunaan aspal pada pelaksanaan konstruksi, sebaiknya dipilih kualitas aspal yang sesuai dengan kondisi temperatur lapangan dan kecepatan kendaraan rencana.
- Superpave Series No.1 (SP-1) menyarankan bahwa untuk kecepatan kendaraan yang lambat atau waktu pembebanan yang relatif lama, disarankan menggunakan aspal dengan PG 64. Adapun lokasi yang memiliki temperatur tinggi dan waktu pembebanan lama atau beban statis, seperti untuk persimpangan, sebaiknya aspal yang digunakan aspal PG 70.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute's, 1993. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Others Hot Mix Types, Manual Series No. 2. Second Edition*, College Park: The Asphalt Institute.
- Asphalt Institute-Superpave Series No.1, SP-1, 1997. *Performance Grade binder Specification and Testing*,

College Park: The Asphalt Institute.

Bina Marga, 2008. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku V*, Jakarta: Bina Marga.

Brown SF, 1980. *An Introduction To The Analytical design Of Bituminous Pavement*. London: University Of Nottingham.

Collop, A.C 1994. *Effects of Traffic and Temperature on Flexible Pavement Wear*. Cambridge: Cambridge University Engineering Department.

Departemen Pekerjaan Umum, RSNI S-01-2003. *Spesifikasi Aspal berdasarkan penetrasi*, Jakarta: Departemen PU.

National Asphalt Pavement Association, Research and Education Foundation, 1996. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction, Second Edition*, Lanham, Maryland: NAPA.

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

Strategic Highway Research Program, 1994. *Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave): The Product of the SHRP Asphalt Research Program, SHRP-A-410*. Washington DC: National Research Council.