

PENGARUH TEMPERATUR PEMANASAN ASPAL DAN AIR PEMBENTUK ASPAL BUSA TERHADAP SIFAT ASLI ASPAL. (THE IMPACT OF THE HEAT OF ASPHALT AND FOAMED BITUMEN WATER TO THE ORIGINAL BITUMEN)

Djoko Widajat

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution 264, Bandung 40294

Email : joko_w@yahoo.com

Diterima : 07 Oktober 2010 ; Disetujui : 10 Desember 2010

ABSTRAK

Bahan utama pembentuk aspal busa terdiri dari aspal dan air. Sifat aspal yang visko elastis dan mempunyai sifat kohesi yang baik memberikan dukungan terhadap campuran menjadi satu kesatuan yang kuat. Kualitas air yang bersih merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi agar gelembung busa aspal dapat terbentuk dan memenuhi kualitas yang diinginkan. Selain jenis aspal, kualitas aspal busa dapat dipengaruhi oleh temperatur pemanasan aspal dan persentase air yang ditambahkan dalam proses pembentukan aspal busa. Kriteria aspal busa yang disyaratkan antara lain ditunjukkan dalam besarnya Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu. Tulisan ini mengkaji tentang perubahan sifat aspal pen 60 dalam pembentukan aspal busa dengan alat WLB 10S (Wiertgen Laboratory – Scale for Foam Bitumen, 10S type) setelah ditambah air. Aspal dipanaskan pada variasi temperatur 160°C sampai 180 °C dan dengan variasi air yang ditambahkan 1% sampai 5%. Sedangkan untuk mengetahui perubahan sifat aspal, pengujian dilakukan terhadap aspal busa dengan variasi air pembentuk aspal busa dari 0% sampai 4% . Pengujian meliputi penetrasi, Titik Lembek, Daktilitas dan Loss On Heating (LOH) dengan variasi hari pengujian 1 sampai 30 hari. Hasil pengujian menunjukkan nilai penetrasi, titik lembek dan LOH akan mendekati sifat awal (asli) setelah air yang terdapat pada aspal busa menguap. Setelah penambahan air, parameter LOH akan memerlukan waktu lebih lama untuk kembali kepada nilai aslinya. Berdasarkan nilai Indeks Penetrasi, aspal cenderung mempunyai kerentanan terhadap temperatur tinggi pada awal pengujian, tetapi akan berubah menjadi kerentanan terhadap temperatur rendah setelah waktu pengujian semakin lama. Sifat aspal masih bersifat elastis (nilai daktilitas >140 cm). Untuk memenuhi kriteria Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu, pemanasan aspal yang tinggi tidak diperlukan.

Kata kunci : sifat aspal, aspal busa, Rasio Pengembangan, Paruh Waktu , Indeks Penetrasi aspal

ABSTRACT

Main material for foamed bitumen consists of asphalt and water. Asphalt properties which are viscous elastic and has a good cohesion create a support to become strong mixture. Clean water is one of the requirements to create foamed bitumen bubbles to meet the desired quality. . Furthermore, foamed bitumen quality is influenced by the heat temperature of the asphalt and percentage of water addition in foamed bitumen process. The quality of foamed bitumen is characterised by Expansion Ratio and Half Life. The paper analyses about the change of asphalt properties in foamed bitumen with WLB 10S (Wiertgen Laboratory – Scale for foam bitumen, 10S type) after addition of water. Asphalt is heated with variation of temperature from 160- 180°C and variation of water addition from 1% to 5%.

To know the change of asphalt properties, tests were conducted on foamed bitumen with water variation of the foamed bitumen from 0- 4%. The tests included penetration, softening point, ductility and loss on heating (LOH) with time variation test of 1 to 30 days. The results showed that penetration, softening point and LOH are almost similar to the original asphalt properties after water in foamed bitumen evaporated. After addition of water, LOH parameter needs longer time to revert back to the original value. Based on the penetration Index, asphalt tends to have high temperature susceptibility in the beginning of test, however, it will change to be low temperature susceptible after days of testing period. Bitumen is still elastic (ductility >140cm). To meet the criteria of expansion ratio and half time, high asphalt heating is not necessary.

Key word : bitumen properties, foamed bitumen, Expansion Ratio, Half Life, asphalt Penetration Index

PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir ini pelaksanaan pekerjaan untuk pemeliharaan dengan teknologi *recycling* makin meningkat. Metode pelaksanaan dengan cara melakukan penggarukan pada lapis pondasi yang tidak beraspal dan atau lapis permukaan beraspal, kemudian mencampur kembali dengan semen untuk bahan tidak beraspal dan atau dengan aspal busa (*foamed bitumen*) untuk bahan garukan mengandung aspal. Teknologi ini pada struktur perkerasan diterapkan sebagai lapis pondasi (*base coarse*).

Bahan utama pembentuk aspal busa terdiri dari aspal dan air. Sifat aspal yang visko elastis dan mempunyai sifat kohesi yang baik terhadap campuran memberikan dukungan terhadap campuran menjadi satu kesatuan yang kuat. Kualitas air yang bersih bebas kotoran (dapat diminum) merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi agar setelah air terinjeksi terhadap aspal, gelembung busa aspal dapat terbentuk dan memenuhi kualitas yang diinginkan. Kriteria aspal busa yang disyaratkan antara lain ditunjukkan dalam besarnya Rasio Pengembangan (*expansion ratio*) dan Paruh Waktu (*half life*) yang didefinisikan sebagai waktu ketika tinggi busa berkembang mencapai maksimum hingga waktu busa menyusut mencapai setengah dari volume pengembangan maksimum.

Air merupakan musuh utama daripada jalan, namun dalam pembentukan aspal busa air merupakan bahan pokok yang diperlukan

agar aspal busa dapat terbentuk. Proporsi air yang tepat diharapkan tidak mengakibatkan efek samping yang negatif terhadap karakteristik dari aspal. Tulisan ini merupakan kajian laboratorium terhadap pengaruh kuantitas air yang digunakan sebagai pembentuk aspal busa serta efek yang ditimbulkan terhadap kualitas aspal.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik aspal

Pada pengujian aspal dengan metode *penetration grade*, sifat aspal keras dapat dilihat dari beberapa parameter pengujian aspal antara lain nilai penetrasi, daktilitas, titik lembek serta kehilangan berat (*loss on heating*). Secara umum nilai penetrasi menunjukkan kekerasan aspal, daktilitas menyatakan ketidak getasan aspal, titik lembek menyatakan kekuatan aspal terhadap temperatur; pada umumnya titik lembek yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal tidak mudah terpengaruh oleh temperatur dan merupakan salah satu pilihan pada daerah panas. *Loss on heating* terjadi pada saat pemanasan aspal, minyak ringan (*volatility*) akan hilang dan aspal menjadi keras, *loss on heating* yang berlebihan, mengakibatkan aspal akan cepat menua (Shell Bitumen, 2003). Spesifikasi umum, Kementerian Pekerjaan Umum (2006), menunjukkan bahwa nilai maksimum *loss on heating* maksimum adalah

0,8 % (berat) untuk aspal pen 60, sedangkan berdasarkan Pioneer Bitumen (*unknown*), *loss on heating* maksimum 0,2% untuk aspal 60/70 dan 0,5% untuk aspal 85/100.

Kerentanan aspal terhadap temperatur

Aspal bersifat termoplastik, aspal akan lunak apabila dipanaskan dan akan keras apabila didinginkan. Temperatur pemanasan akan berpengaruh terhadap viskositas aspal. Dalam mengevaluasi pengaruh temperatur pemanasan aspal, Shell Bitumen (2003) menyampaikan pendapat dari Pfeiffer dan Van Doormaal berkaitan dengan hubungan antara penetrasi dan titik lembek aspal yang dinyatakan dalam *Penetration Index (PI)*. Nilai PI berkisar antara -3 sampai dengan +7, angka yang disebutkan awal menunjukkan jenis aspal yang kerentanan terhadap pengaruh temperatur tinggi dan angka berikutnya merupakan petunjuk untuk jenis aspal yang kerentanan terhadap pengaruh temperatur rendah.

Pemanasan akibat sinar matahari terhadap aspal pada campuran akan mempengaruhi kecepatan oksidasi aspal. Hubungan antara penetrasi, titik lembek dan PI mengindikasikan bahwa selama masa pelayanan karena efek panas matahari dan cuaca, nilai PI makin lama akan makin besar (positif) dengan nilai penetrasi makin rendah dan nilai titik lembek makin besar (Shell Bitumen, 2003). Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya usia perkerasan jalan beraspal dan faktor lingkungan, aspal makin keras dan menua (*aging*). Saleh M.F. (2006) menyatakan bahwa apabila memproduksi campuran dengan menggunakan aspal yang tingkat kerentanan terhadap temperatur rendah akan mendapatkan campuran dengan aspal busa yang kerentanan terhadap temperatur rendah pula, tetapi dengan aspal yang kerentanan terhadap temperatur tinggi akan mendapatkan campuran dengan aspal busa yang kerentanan terhadap temperatur moderat.

Air pembentuk aspal busa

Aspal busa terbentuk adanya media air yang bertemu aspal panas dan tekanan udara dalam suatu ruang pembentuk aspal busa pada tipikal alat laboratorium WLB 10S (*Wirtgen Laboratory-scale for Foam Bitumen, 10S type*) atau alat pekerjaan pelaksanaan daur ulang (*recycling*) perkerasan jalan di lapangan. Wiertgen (2004) menyarankan temperatur pemanasan berkisar antara 160°C sampai 180°C. Gelembung aspal akan terbentuk dengan cepat tetapi akan berubah sifat dengan cepat ke bentuk semula. Kriteria kualitas aspal busa ditunjukkan dari besarnya Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu, tipikal kriteria berturut-turut adalah 8 kali dan 6 detik (Wiertgen, 2004) atau 10 kali dan 8 detik (Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, 2007).

Brennen M, et al (TRR 911) menyatakan bahwa kenaikan temperatur pembusaan mempunyai efek terhadap kenaikan Rasio Pengembangan dan penurunan Paruh Waktu. Demikian pula kenaikan penambahan air juga mempunyai pengaruh terhadap kenaikan Rasio Pengembangan dan penurunan Paruh Waktu. Dengan demikian penentuan temperatur pembusaan dan penambahan air harus dinyatakan secara seksama.

Keberadaan air dalam aspal busa bersifat sementara dan akan menguap atau bersatu dengan kadar air agregat/Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yang dicampurkan dengan aspal busa (Asphalt Academy, 2009). Dalam pelaksanaan pencampuran, aspal busa yang masih panas harus segera dicampurkan dengan agregat/RAP agar aspal segera terdistribusi pada agregat dan menimbulkan kohesi antara partikel yang kuat sehingga campuran yang kokoh dapat terbentuk. Dalam campuran selain air pembentuk aspal busa juga terdapat kadar air campuran agregat sehingga pengaruh air ini dapat menimbulkan dampak negatif campuran. Banyaknya air agregat menyebabkan viskositas aspal busa meningkat sehingga mengurangi *workability* saat proses pencampuran (Sunaryono S, 2007).

Sebagai ilustrasi lain tentang fungsi air, diuraikan pada pembentukan aspal emulsi. Aspal emulsi terwujud pada saat aspal panas terdispersi pada air yang ditambah bahan emulgator. Berdasarkan BS 434-1 (1984) dan BS 434-2 (2006), tipikal aspal emulsi dinyatakan dengan K1-70 yang berarti aspal emulsi kationik, *rapid setting*, mengandung kadar aspal (residu) 70%. Tipikal lain adalah A2-50 yang berarti aspal emulsi anionic, *semi stable*, mengandung kadar aspal (residu) 50%. Sisa kandungan dalam proporsi aspal emulsi tersebut sebagian besar adalah air. Viskositas aspal emulsi merupakan fungsi dari kadar aspal (residu), makin besar kadar aspal, viskositas aspal emulsi makin besar. Dalam pelaksanaan pencampuran, aspal emulsi langsung dicampurkan dengan agregat/RAP secara dingin. Air yang ada pada aspal emulsi akan menguap selama dan setelah proses pelaksanaan pekerjaan.

HIPOTESA

Penambahan air pembentuk aspal busa akan meningkatkan nilai Rasio Pengembangan namun akan menurunkan Paruh Waktu aspal busa. Kadar air pembentuk aspal busa akan mempengaruhi sifat aspal khususnya nilai LOH (*Loss On Heating*) dari aspal asli.

METODOLOGI

Metode pengkajian dilakukan dengan mengkaji hasil pengujian laboratorium terhadap sifat aspal dan aspal busa. Pembentukan aspal busa dilakukan dengan menggunakan alat WLB 10 S kepunyaan PT Stabilise Pavement Indonesia. Variasi air pembentuk aspal busa dari 1 sampai 5% dan masing-masing variasi diuji nilai penetrasi, titik lembek, daktilitas dan LOH. Nilai Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu didapat dari setiap variasi kadar air. Pengujian sifat aspal juga dilakukan pada hari 0 (awal), 5 hari, 11 hari, 20 hari dan 30 hari. Contoh aspal busa setiap variasi kadar air dari temperatur 160°C

dari WLB 10S dimasukkan dalam cawan-cawan pengujian dan diberi label sesuai rencana tanggal pengujian. Mutu air yang digunakan adalah dari jenis air yang bersih dan jenis aspal keras pen 60 .

Pemanasan aspal sebelum pembentukan aspal busa dilaksanakan dengan variasi temperatur 160°C, 170°C dan 180°C. Pada setiap perubahan variasi temperatur, dilakukan pengukuran terhadap nilai Rasio Pengembangan dan Paruh Waktunya menggunakan alat pengukur pada alat WLB 10S.

HASIL DAN ANALISA DATA

Hasil uji aspal keras yang digunakan sebagai pembentuk aspal busa dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel tersebut sifat aspal memenuhi spesifikasi aspal keras pen 60 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2006).

Perubahan sifat aspal berdasarkan variasi kadar air dan waktu pengujian.

Perubahan sifat aspal pada penambahan air dicerminkan dengan perubahan nilai penetrasi, penurunan berat (*loss on heating* – LOH), daktilitas dan titik lembek.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan Gambar 3.

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara variasi kadar air dan nilai penetrasi pada variasi waktu pengujian, dengan bertambahnya penggunaan air nilai penetrasi cenderung makin kecil, namun dengan bertambahnya waktu pengujian pada dan setelah hari ke 5 nilai penetrasi akan mendekati nilai penetrasi pada awal pengujian. Jadi sebelum menguap air pembentuk aspal busa dapat mempengaruhi kekerasan aspal.

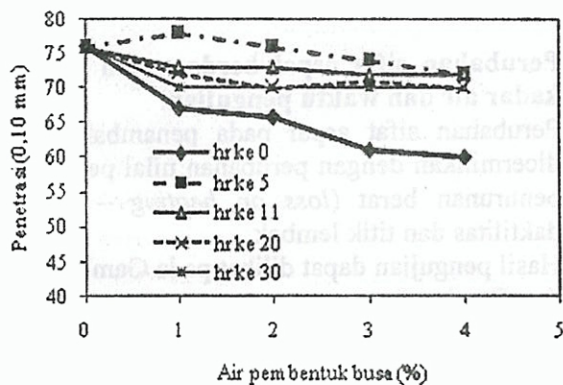
Gambar 2 memperlihatkan hubungan nilai kadar air dan LOH (*Loss On Heating*), makin besar kadar air LOH naik, tetapi dengan bertambahnya hari pengujian, nilai LOH cenderung menurun mendekati nilai LOH awal.

Gambar 3 merupakan hubungan antara kadar air dan titik lembek pada variasi hari pengujian. Dengan penambahan air makin

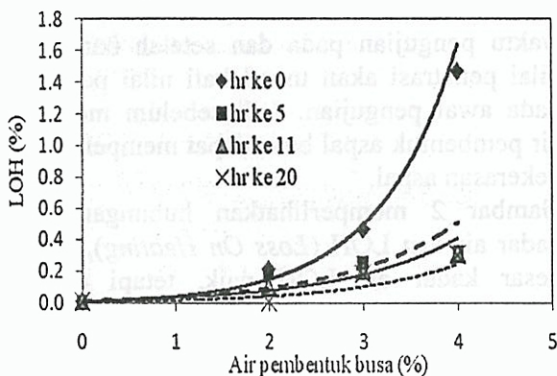
besar, titik lembek semakin besar. Makin lama waktu pengujian, nilai titik lembek semakin rendah.

Tabel 1. Sifat aspal hasil pengujian

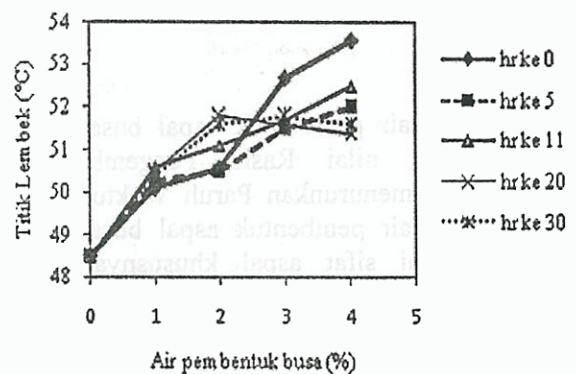
No.	Jenis Pengujian	Metode	Hasil pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	77	60 – 79
2.	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	48,5	48 – 58
3.	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	325	Min. 200
4.	Daktalitas, 25 °C; cm	SNI 06-2432-1991	>140	Min. 100
5.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0345	Min. 1,0
6.	Kelarutan dalam Trichlor Etylen; % berat	SNI 06-2438-1991	99,8	Min. 99
7.	Penurunan Berat (dengan TFOT); % berat	SNI 06-2440-1991	0,0122	Max. 0,8
8.	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2456-1991	79,2	Min. 54
9.	Daktalitas setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2432-1991	>140	Min. 50
10.	Titik Lembek setelah TFOT, °C	SNI 06-2434-1991	51,5	-
11.	Temperatur campuran (viscositas 170cst), °C	AASHTO-27-1990	153	-
12.	Temperatur pemadatan (viscos 280cst), °C	AASHTO-27-1990	142	-



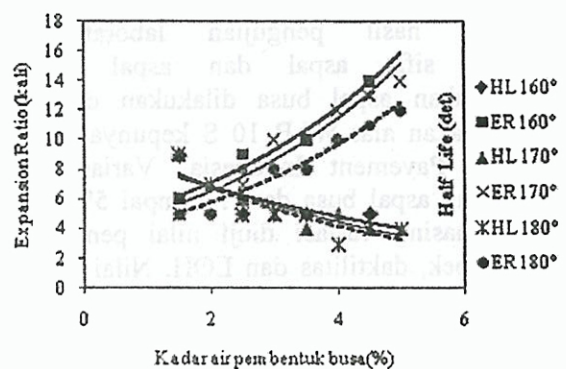
Gambar 1. Hubungan Nilai penetrasi dengan variasi air



Gambar 2. Hubungan Nilai LOH dengan variasi air



Gambar 3. Hubungan nilai titik lembek dengan variasi air



Gambar 4. Hubungan Half Life dan Expansion Ratio dengan variasi air.

Hubungan nilai daktilitas dengan kuantitas air.

Untuk semua variasi penambahan air dan waktu pengujian, nilai daktilitas masih tinggi yaitu lebih besar dari 140 cm (persyaratan minimum 100 cm). Dengan alat uji daktilitas yang ada perbedaan variasi penambahan air dan waktu pengujian tidak dapat dilihat.

Hubungan kadar air, Rasio Pengembangan (*Expansion Ratio*), Paruh Waktu (*Half Life*) dan variasi temperatur pemanasan aspal.

Penentuan Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu diamati secara visual pada alat WLB laboratorium, dengan menggunakan batang pengukur, batas ketinggian permukaan aspal busa yang dicapai sebagai Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu diukur pada waktu pengujian. Proses ini berjalan sangat cepat sehingga dapat mengurangi keakuratan pembacaan dan *reproductivity* dimungkinkan cukup berbeda besar.

Gambar 4 menunjukkan hubungan kadar air pembentuk aspal busa dan besarnya Rasio Pengembangan serta Paruh Waktu dengan variasi temperatur pemanasan 160°, 170° dan 180°C. Makin besar kadar air, Rasio Pengembangan makin besar, tetapi nilai Paruh Waktu menurun. Pada temperatur pemanasan makin tinggi Rasio Pengembangan makin rendah dibandingkan pemanasan pada temperatur rendah, demikian pula nilai Paruh Waktu, makin tinggi temperatur pemanasan, nilai Paruh Waktu lebih rendah.

PEMBAHASAN

Perubahan karakteristik aspal

Memperhatikan hubungan antara nilai penetrasi, titik lembek, *loss on heating* (LOH) dan daktilitas aspal, dapat diuraikan sebagai berikut :

- Nilai penetrasi aspal sebelum ditambah air sebesar 77x0,10mm, kuantitas air makin besar, maka nilai penetrasi cenderung

makin kecil. Dengan perbedaan hari pengujian diperkirakan makin lama air yang terkandung pada aspal busa sedikit demi sedikit akan menguap. Makin lama waktu pengujian nilai penetrasi aspal akan mendekati nilai penetrasi pada awal pengujian.

- Nilai awal LOH aspal sebelum ditambah air sebesar 0,0122 %. Dengan bertambahnya persentase air, nilai ini akan makin besar. Karena proses penguapan air, makin lama waktu pengujian nilai LOH aspal akan mendekati nilai awal pengujian. LOH pada penambahan 4% air pada hari awal pengujian sebesar 1,47 % yang melebihi persyaratan (LOH maksimum = 1%), hal ini akan memberi dampak pada penurunan mutu aspal (kestabilan) karena kehilangan berat akibat pemanasan, banyak minyak ringan menguap sehingga aspal cepat mengeras dan dapat mempengaruhi penuaan aspal. Pada hari yang ke 20 untuk penambahan 4% air, nilai LOH masih sebesar 0,3099 % atau sekitar 30 kali dari nilai LOH awal.
- Titik lembek aspal pada awal pengujian sebelum ditambah air sebesar 48,5°C. Dengan penambahan dan kuantitas air makin besar, nilai tersebut cenderung makin besar. Nilai ini akan kembali mengecil mendekati nilai awal seiring dengan lamanya waktu pengujian. Seperti halnya hasil pengujian sebelumnya, diperkirakan hal tersebut terjadi karena proses penguapan air.
- Untuk semua variasi tambahan air, nilai daktilitas aspal menunjukkan >140 cm yang dapat diartikan masih elastis.

Evaluasi nilai *Penetration Index* (PI) aspal.

Berdasarkan evaluasi dari besarnya nilai titik lembek dan penetrasi dengan variasi penambahan air, didapat hubungan kedua parameter tersebut pada variasi waktu pengujian (Gambar 5). Gambar tersebut menunjukkan dengan variasi penambahan air pada pembentuk aspal busa, makin besar titik lembek, nilai penetrasi menurun. Selanjutnya

dari hasil evaluasi, besarnya nilai Penetration Index untuk masing-masing variasi penambahan air dapat dilihat pada Tabel 2 dan di plotkan seperti pada Gambar 6.

Gambar ini menunjukkan bahwa dengan penambahan air, nilai PI awal (0 hari) akan berubah. Perubahan nilai PI memperlihatkan bahwa setelah penambahan air, nilai PI menuju kearah PI negatif yang berarti kerentanan aspal terhadap temperatur tinggi, tetapi setelah beberapa waktu kemudian nilai PI untuk seluruh variasi penambahan air akan menuju kearah PI positif, hal ini menunjukkan bahwa aspal akan bersifat menuju kearah kerentanan terhadap temperatur rendah. Memperhatikan rentang pergerakan besarnya nilai PI, tipikal aspal busa yang digunakan dalam pengujian ini masih sekitar antara +1 dan -1. Menurut Saleh, M.F (2006) yang mengutip pendapat dari Roberts et al, rentang tersebut merupakan suatu petunjuk nilai PI aspal yang disarankan untuk campuran beraspal.

Pengaruh temperatur pemanasan aspal

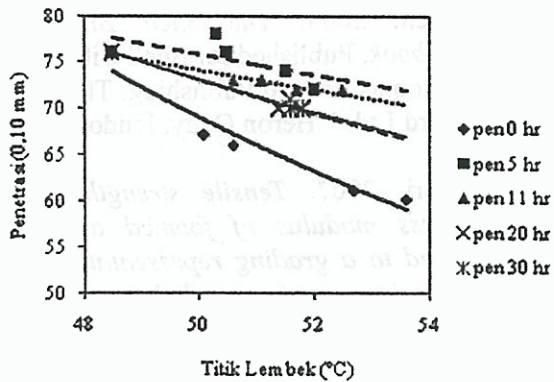
Pada pengujian penentuan Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu, dengan kadar

air besar Rasio Pengembangan bisa makin besar walaupun nilai Paruh Waktu makin kecil. Dari segi mutu aspal, pemilihan kadar air kecil lebih diminati karena perubahan karakteristik aspal akan lebih aman.

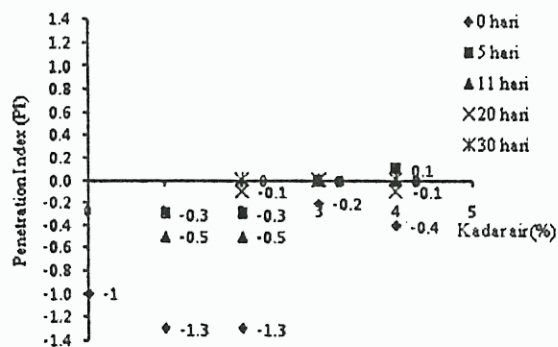
Jenis aspal akan mempengaruhi besarnya Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu, demikian pula dengan tingkah laku besaran tersebut terhadap temperatur (Muthen, 1998). Pemanasan aspal dilakukan dari 160°, 170° dan 180°C dengan variasi pengujian kadar air pembentuk aspal busa, Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu. Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu pada suatu kadar air naik dengan bertambahnya pemanasan (Wirgen, 2004), hal ini tidak terjadi dengan aspal pen 60 yang digunakan dalam pengujian ini, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa pemanasan makin tinggi nilai Rasio Pengembangan makin rendah dan Paruh Waktu makin cepat untuk kembali ke semula. Diperkirakan pada suhu tinggi viskositas aspal makin besar sehingga menimbulkan kekurangan stabilan, selanjutnya kemampuan untuk berkembang kecil. Nilai viskositas aspal busa agar dapat bercampur dengan agregat adalah 0,2 Pa.s (Shell Bitumen, 2003).

Tabel 2. Perubahan nilai *Penetration Index* aspal busa

Penambahan air (%)	<i>Penetration Index</i>				
	0 hari (awal)	5 hari	11 hari	20 hari	30 hari
0	-1,0				
1	-1,3	-0,3	-0,5		
2	-1,3	-0,3	-0,5	-0,1	0,0
3	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
4	-0,4	+0,1	0,0	-0,1	0,0



Gambar 5. Hubungan Titik lembek Vs Penetrasi, sesuai dengan variasi air.



Gambar 6. PI pada variasi penambahan air dan waktu pengujian

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Penambahan air pembentuk aspal busa dapat merubah sifat aspal. Nilai penetrasi, titik lembek dan *loss on heating* akan mendekati sifat awal (asli) setelah air yang ditambahkan pada aspal busa menguap. Setelah penambahan air, parameter *loss on heating* akan memerlukan waktu lebih lama untuk kembali ke nilai aslinya. Lama penguapan akan tergantung dari persentase air yang ditambahkan dalam pembentukan aspal busa. Sifat aspal bersifat elastis sebelum, selama dan sesudah penguapan air, hal ini ditunjukkan dengan nilai daktilitas >140 cm (persyaratan daktilitas minimum >100 cm).

- Nilai *Penetration Index* cenderung kearah kerentanan terhadap temperatur tinggi pada awal pengujian, tetapi akan berubah menjadi kerentanan terhadap temperatur rendah setelah waktu pengujian semakin lama.
- Pada aspal pen 60 dan pemanasan aspal 160°C sampai 180 °C, pemanasan aspal yang tinggi tidak mengakibatkan kenaikan Rasio Pengembangan maupun Paruh Waktu, dengan demikian pemanasan yang tinggi tidak diperlukan.

Saran

- Penambahan air yang tinggi dimungkinkan menaikkan Rasio Pengembangan, namun untuk menghindari penurunan sifat aspal khususnya kenaikan *loss on heating* yang besar, disarankan agar dipilih tambahan air yang rendah (maksimum 3%).
- Kriteria Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu aspal busa untuk jenis aspal pen 60 dalam spesifikasi dapat diturunkan, dengan mempertimbangkan kinerja dilapangan.
- Untuk jenis aspal pen 60 pemanasan aspal tidak perlu terlalu besar, dapat dibatasi maksimum sekitar 163°C sesuai dengan standar pemanasan aspal.
- Alat pembentuk busa di laboratorium memerlukan penyempurnaan dimasa mendatang khususnya dalam kaitannya dengan pembacaan Rasio Pengembangan dan Paruh Waktu aspal busa pada waktu pengujian, sehingga didapatkan pembacaan yang lebih tepat dan perencanaan penentuan kadar aspal busa dapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Academy. 2009. *A guide for the design and construction of bitumen emulsion and foamed bitumen stabilization materials*. USA : Asphalt Academy
- Brennen M, Tia M, Altschaeffl A dan Wood LE. 1999. *Laboratory investigation of the use of foamed asphalt for recycled bituminous pavements*. Transportation

- Research Record 911. Washington, DC: TRB pp. 80-87
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2006. *Spesifikasi umum*. Pengadaan jasa pemborongan pekerjaan jalan. Jakarta : Ditjen Bina Marga.
- Muthen KM. 1998. *Foamed Asphalt Mixes*. Contract Report CR-98/077. CSIR Transportek, Pretoria.
- Pioneer Bitumen [unknown]. *Pioneer bitumen product's specifications*. www.pioneerbitumen.com/spec/, tanggal 10 Juli 2010 jam 20.00.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2007. *Spesifikasi khusus Daur ulang Campuran Dingin dengan aspal busa sebagai lapis pondasi*. Bandung : Pusjatan.
- Saleh Mofreh F. 2006. *Experimental investigation of bitumen physical properties on foamability and mechanical properties of foam bitumen stabilized mixes*. Senior lecturer, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. Third Gulf Conference on Roads (TGCR06), March 6-8, 2006 92 – 98.
- Shell Bitumen. 2003. *The Shell Bitumen Handbook*. Published for Shell Bitumen by Thomas Telford Publishing. Thomas Telford Ltd, 1 Heron Quay, London E14 4JD.
- Sunaryono Sri. 2007. *Tensile strength and stiffness modulus of foamed asphalt applied to a grading representative of Indonesian road recycled pavement materials*. Dinamika TEKNIK SIPIL, Volume 7, Nomor 1, Januari 2007 : 1-10.
- Wirtgen Gmbh. 2004. *Cold Recycling Manual*. Hohner Strasse 2. 53578 Windhagen.