

KARAKTERISTIK CAMPURAN HANGAT ASBUTON DENGAN BAHAN TAMBAH BERBASIS PARAFIN (CHARACTERISTICS OF WARM MIX ASBUTON WITH WAX BASED ADDITIVE)

Nyoman Suaryana¹⁾, Neni Kusnianti²⁾

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

^{1,2)} Jl. A.H. Nasution No. 264 Bandung 40294

e-mail: ¹⁾nyomansuaryana@yahoo.com, ²⁾neni.kusnianti@pusjatan.pu.go.id

Diterima: 10 Oktober 2016; direvisi: 11 November 2016; disetujui: 5 Desember 2016

ABSTRAK

Pembangunan yang berwawasan lingkungan sudah menjadi tuntutan di seluruh dunia, sehingga isu lingkungan dan penghematan penggunaan bahan bakar menjadi perhatian dunia. Salah satu metode konstruksi perkerasan jalan yang berwawasan lingkungan adalah campuran beraspal hangat. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik campuran hangat Asbuton (aspal batu Buton dari Indonesia) dengan bahan tambah berbasis parafin yang dibandingkan dengan karakteristik campuran panas Asbuton. Metodologi penelitian berupa metode experimental, melalui percobaan di laboratorium. Studi dimulai dengan pengujian bahan, pembuatan rancangan campuran beraspal dengan metode Marshal, serta pengujian karakteristik campuran beraspal panas dan hangat. Hasil studi menunjukkan campuran hangat menggunakan Asbuton pracampur dan bahan tambah berbasis parafin mempunyai karakteristik campuran yang baik dan memenuhi ketentuan spesifikasi campuran beraspal untuk lapisan aus. Temperatur pencampuran dan pematatan campuran hangat Asbuton dapat dilaksanakan sekitar 15 °C lebih rendah dari campuran panas Asbuton, tanpa mengurangi kualitas campuran beraspalnya. Campuran hangat Asbuton dengan bahan tambah berbasis parafin (dengan nama Leadcap) sebanyak 1 %, mempunyai nilai modulus resilien pada temperatur 25 °C sebesar 2267 MPa, mempunyai ketahanan terhadap alur dengan nilai stabilitas dinamis sebesar 7000 lint/mm, ketahanan terhadap pengaruh air dengan nilai rasio kuat tarik tidak langsung sebesar 94,5 %, ketahanan terhadap kehilangan berat akibat pelepasan butir dengan nilai pelepasan butir sebesar 3,6 %. Nilai modulus dan ketahanan tersebut lebih baik dibandingkan dengan campuran panas Asbuton. Sementara ketahanan terhadap retak lelah lebih rendah yang ditunjukkan dengan kemiringan kurva fatigue yang lebih besar.

Kata kunci: campuran hangat, Asbuton, parafin, alur, retak lelah, kehilangan berat akibat pelepasan butir, ketahanan terhadap air

ABSTRACT

Green construction technology becomes a necessary in the entire world, so that environmental issues and saving on fuel use have become the world's attention. One of the green construction technology is warm mix asphalt. The purpose of this study is to evaluate the characteristics of warm mix Asbuton (Indonesian natural rock asphalt) with wax based additive, compared with the characteristics of hot mix Asbuton. Research methodology is in the form of experimental methods, through experiments and observations in the laboratory. The study started with testing materials, mix designing with the Marshall method, as well as testing the characteristics of hot and warm mix Asbuton. The results of the study showed that warm mix Asbuton has good characteristics and comply with the specifications for asphalt concrete wearing course. The mixing and compaction temperature of warm mix Asbuton is around 15 °C lower than hot mix Asbuton without decreasing the quality of asphalt mix. Warm mix Asbuton with 1 % of wax-based additive (known as Leadcap) has a value of resilient modulus at temperature of 25 °C of 2267 MPa, has rutting resistance by dynamic stability value of 7000 passing/mm, water resistance by indirect tensile strength ratio value of 94.5%, resistance to mass loss raveling with the value of 3.6 %. The values of modulus and the resistance mentioned are better than hot mix Asbuton. While fatigue resistance is lower, indicated by the greater slope of the fatigue curve.

Keywords: warm mix, Asbuton, wax, rutting, fatigue, mass loss raveling, water resistance

PENDAHULUAN

Pembangunan yang berwawasan lingkungan sudah menjadi tuntutan di seluruh dunia, sehingga isu lingkungan dan penghematan penggunaan bahan bakar telah menjadi perhatian dunia.

Menurut FHWA (2010), campuran beraspal hangat merupakan teknologi yang telah terbukti dan mempunyai keunggulan yaitu mengurangi biaya konstruksi, meningkatkan kemudahan pemadatan, memperpanjang jarak jangkauan unit produksi serta mengurangi emisi bahan bakar, asap dan bau.

Keuntungan campuran beraspal hangat dilihat dari sisi teknis adalah mengurangi oksidasi atau penuaan pada aspal, sejalan dengan rendahnya temperatur pencampuran, serta temperatur pemadatan yang lebih rendah akan memudahkan pelaksanaan pemadatan sehingga tercapai kepadatan yang direncanakan (NCAT 2013).

Penggunaan campuran beraspal hangat di luar negeri telah berkembang, dengan berbagai jenis bahan tambahannya. Sementara campuran beraspal hangat di Indonesia belum dikembangkan, padahal persoalan menekan penggunaan bahan bakar bahkan sampai mencari alternatif pengganti bahan bakar tengah diupayakan.

Permasalahan lain yang berkaitan adalah belum optimalnya pemanfaatan Asbuton (Aspal batu Buton) sebagai bahan pengganti aspal minyak atau sebagai bahan untuk memodifikasi aspal minyak. Sementara deposit Asbuton sangat banyak. Bahan olahan dari Asbuton yang siap pakai adalah Asbuton butir dan Asbuton pracampur. Dalam studi ini yang akan digunakan adalah Asbuton pracampur, yaitu campuran antara aspal minyak dengan Asbuton ekstraksi sekitar 80 %: 20 %.

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik campuran hangat Asbuton dengan bahan tambah berbasis parafin yang dibandingkan dengan karakteristik campuran panas Asbuton. Manfaat studi ini adalah diperolehnya konstruksi yang berwawasan lingkungan, hemat energi dan

sekaligus dapat meningkatkan pemanfaatan Asbuton.

KAJIAN PUSTAKA

Campuran beraspal dengan aspal minyak konvensional dapat diklasifikasikan berdasarkan temperatur pencampuran (Gierhart 2009).

- Campuran beraspal panas (*hot mix asphalt*), bila temperatur pencampuran lebih besar dari 135 °C (275 °F).
- Campuran beraspal hangat (*warm mix asphalt*), bila temperatur pencampuran lebih besar dari 100 °C (212 °F) dan lebih kecil dari 135 °C (275 °F).
- Campuran beraspal setengah hangat (*half – warm asphalt mixtures*), bila temperatur pencampuran lebih rendah dari 100 °C (212 °F).

Teknologi campuran beraspal hangat dapat dibuat dengan tiga metode, yaitu dengan pembusaan langsung dengan injeksi bahan berbasis air, pembusaan tidak langsung dengan penambahan material anorganik yang perlahan-lahan melepaskan uap air, dan penambahan bahan kimia berbasis parafin (*wax*) dan surfaktan. Proses pembusaan akan mengurangi viskositas dan meningkatkan volume *bulk* aspal. Sementara proses kimia menggunakan parafin, asam lemak amina dan siloksan (surfaktan), akan menurunkan suhu pemadatan melalui penurunan viskositas dan peningkatan pelumasan antar agregat (Omari, Isaac; Aggarwal, Vivek; Hesp, Simon 2016).

Bahan tambah yang berbasis parafin antara lain *Sasobit* dan *Leadcap*. Bahan tambah tersebut bekerja sebagai *asphalt flow improver*, yaitu menurunkan viskositas aspal, sehingga akan menurunkan temperatur yang diperlukan untuk pencampuran maupun pemadatan (Damm et al. 2002).

Sasobit telah digunakan sejak tahun 1997, di 142 proyek, yang dilaksanakan di beberapa Negara seperti Austria, Belgia, Cina, Denmark, Perancis, Jerman, Hongaria, Itali, Macau, Malaysia, Belanda, Selandia Baru, Rusia, Afrika Selatan, Swedia, Switzerland, Inggris dan Amerika Serikat dengan berbagai jenis campuran beraspal seperti campuran beraspal bergradasi rapat, *Stone Mastic Asphalt* dan *Gussasphalt*. Penggunaan *Sasobit* antara

0,8 sampai dengan 4% dari berat aspal (Hurley and Prowel 2006).

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja campuran beraspal hangat di Negara bagian Washington yang dilaksanakan WSDOT (Bower, Wen, and Kim 2012):

- 1) Campuran hangat dengan bahan tambah *Sasobit* dan campuran hangat dengan pembusaan berbasis air mempunyai kekakuan (*stiffness*) dan ketahanan terhadap pengaruh air, yang setara dengan campuran panas.
- 2) Untuk ketahanan terhadap retak lelah, metode pembusaan dengan bahan berbasis air memberikan ketahanan yang setara dengan campuran beraspal panas, sementara campuran dengan *sasobit* memberikan ketahanan yang lebih rendah.
- 3) Untuk ketahanan terhadap alur, campuran hangat dengan bahan tambah *Sasobit* memberikan ketahanan yang setara dengan campuran panas, sementara dengan pembusaan mempunyai ketahanan yang lebih rendah.

Bahan tambah yang lain untuk campuran hangat dan berbasis parafin adalah *Leadcap*. Pengurangan emisi dari campuran beraspal hangat dengan bahan tambah *Leadcap*, di Korea ialah sebesar 32 %; 18 %; 24 % dan 33 % masing masing untuk *Carbon dioxide (CO₂)*, *Carbon monoksida (CO)*, *Sulfur dioksida (SO_x)* dan *Nitric Dioksida (NO_x)*. Penggunaan bahan tambah berbasis parafin dari Korea ini, ialah sekitar 1 % sampai 3 % terhadap berat aspal dalam campuran (Cho 2011).

Dalam studi ini digunakan bahan tambah Asbuton untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal. Menurut Suaryana (2016) penambahan Asbuton *Lawele Granular Asphalt (LGA) 50/25* pada campuran beraspal, khususnya *Stone Matrix Asphalt* akan meningkatkan ketahanan terhadap alur (stabilitas dinamis) tanpa mengurangi ketahanan terhadap retak lelah (*fatigue*).

HIPOTESA

Campuran beraspal hangat menggunakan Asbuton pracampur dengan bahan tambah yang berbasis parafin dapat menurunkan temperatur campuran dan mempunyai kualitas campuran

yang setara atau lebih baik dibandingkan dengan campuran beraspal panas sejenis.

METODOLOGI

Metodologi penelitian berupa metode experimental, melalui percobaan dan pengamatan di laboratorium. Adapun tahapan kegiatan yang akan dilakukan adalah:

- 1) Melakukan pengujian agregat, pengujian Asbuton pracampur dan pengujian Asbuton ditambah *Leadcap*.
- 2) Selanjutnya membuat *Design Mix Formula (DMF)* untuk campuran beraspal panas Asbuton dengan metode Marshall untuk memperoleh kadar aspal optimum dan target kepadatan.
- 3) Membuat beberapa campuran beraspal sesuai dengan *DMF*, namun ditambah dengan bahan tambah berbasis parafin (*Leadcap*) sebanyak 1 %. Selanjutnya contoh tersebut diuji Marshall, dengan memvariasikan temperatur pencampuran dan pemadatan.
- 4) Tentukan penurunan temperatur pencampuran dan pemadatan yang menghasilkan kepadatan sesuai *DMF*. Temperatur tersebut adalah temperatur untuk pembuatan campuran hangat Asbuton.
- 5) Tahapan berikutnya adalah membuat campuran panas Asbuton dan campuran hangat Asbuton dan lakukan pengujian modulus resilien, *wheel tracking*, *indirect tensile*, *catambro*, dan *fatigue*.
- 6) Evaluasi dan bandingkan kedua hasil pengujian campuran beraspal tersebut.

HASIL PENGUJIAN

Sifat fisik dan gradasi agregat

Agregat yang digunakan berasal dari daerah Sewo, Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat. Karakteristik dan gradasi agregat yang digunakan untuk percobaan ini telah memenuhi syarat spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan (Indonesia 2010) revisi 3 untuk lapisan AC-WC (*Asphaltic Concrete - Wearing Course*).

Asbuton pracampur

Aspal yang digunakan merupakan Asbuton pracampur dengan komposisi sekitar 80 % aspal minyak penetrasi 60 dan sekitar 20 % aspal buton ekstraksi. Dalam studi ini digunakan dua produk Asbuton pracampur yang diproduksi di Indonesia, yaitu *Refine Buton Asphalt (Retona)* dan *Buton Natural Asphalt (BNA)*. Karakteristik Asbuton pracampur diperlihatkan pada Tabel 1.

Bahan tambah untuk campuran hangat menggunakan bahan berbasis parafin, yaitu *Leadcap*. Karakteristik Asbuton pracampur yang telah ditambah dengan *Leadcap* sebanyak 1 % diperlihatkan pada Tabel 1.

Temperatur pencampuran dan pematatan didapat berdasarkan nilai viskositas. Untuk

temperatur pencampuran 170 ± 20 CSt sedangkan untuk temperatur pematatan diambil pada viskositas 280 ± 30 CSt sesuai dengan ketentuan pada Asphalt Institute (1993).

Hasil pengujian viskositas untuk menentukan temperatur pencampuran dan pematatan diperlihatkan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa temperatur pencampuran dan pematatan untuk Asbuton pracampur dan Asbuton ditambah *Leadcap* hanya menunjukkan perbedaan 1 °C sampai dengan 2 °C saja. Hasil ini menunjukkan seolah-olah penambahan *Leadcap* ini tidak bisa menurunkan temperatur pencampuran dan pematatan.

Tabel 1. Karakteristik Asbuton Pracampur

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian				Spesifikasi*	Satuan
		<i>BNA</i>	<i>BNA + Leadcap 1 %</i>	<i>Retona</i>	<i>Retona + Leadcap 1 %</i>		
1.	Kadar aspal	95,03	-	92,71	-	-	%
2.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	55	51,2	50	43	Min. 50	0,1 mm
3.	Titik lembek	53,3	56,3	54,3	57,3	≥50	°C
4.	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm / menit	>140	137	>140	>140	≥100	Cm
5.	Titik nyala <i>Cleaven Oven Cup (COC)</i>	270	260	300	300	≥232	°C
6.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	95,28	99,84	93,11	99,78	≥90	%
7.	Berat jenis	1,0208	1,021	1,0238	1,025	≥1,0	-
8.	Kehilangan berat <i>Thin Film Oven Test (TFOT)</i>	0,294	0,35	0,234	0,06	≤0,8	%
9.	Penetrasi setelah <i>TFOT</i>	71,3	86,91	74,0	63,35	(≥54% terhadap original)	%
10.	Titik lembek setelah <i>TFOT</i>	56,2	56,3	57,9	58,75	-	°C
11.	Daktilitas setelah <i>TFOT</i>	93,5	50,5	54,25	56	≥50	Cm
12.	Stabilitas penyimpanan 48 Jam	0,5	0,8	0,5	0,6	≤2,2	°C
13.	Viskositas pada 135°C	-	-	558	-	385-2000	cSt
14.	Perkiraan suhu pencampuran	154-159	150-156	155-161	153-159	-	°C
15.	Perkiraan suhu pematatan	142-147	138-143	146-151	142-147	-	°C

Keterangan: *) Spesifikasi Perubahan Ketentuan untuk Aspal Keras dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan Revisi 3 (Indonesia 2010).

Rancangan campuran

Dalam perancangan campuran beraspal hangat dengan Asbuton pracampur, penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan didasarkan atas kepadatan standar dari campuran beraspal panas.

Langkah awal adalah membuat *DMF* untuk campuran beraspal panas dengan Asbuton pracampur. Persyaratan karakteristik campuran beraspal mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan revisi 3 (2010), untuk lapisan aus (*wearing course*). Hasil formula campuran rencana untuk

campuran beraspal panas dengan menggunakan Asbuton pracampur dengan *Retona* dan *BNA* diperlihatkan pada Tabel 2.

Selanjutnya dibuat beberapa campuran sesuai dengan *DMF*, namun ditambah dengan bahan tambah berbasis parafin (*Leadcap*) sebanyak 1 %. Contoh tersebut dipadatkan dengan memvariasikan temperatur pencampuran dan pemadatan. Target yang ingin dicapai adalah kepadatan campuran panas sesuai *DMF*. Sifat campuran beraspal dengan variasi temperatur pencampuran/pemadatan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Sifat campuran beraspal panas dengan menggunakan Asbuton pracampur

Sifat	Hasil pengujian			
	<i>Hot Mix Asphalt</i>		Spesifikasi	Satuan
	<i>BNA</i>	<i>Retona</i>		
Kadar Aspal Optimum (KAO)	5,7	5,7	-	% thd total
Kepadatan	2,33	2,35	-	gr/cm ³
<i>Void in Mix (VIM)</i>	4	3	3 - 5	%
<i>Void in Mineral Aggregate (VMA)</i>	17	16	min. 15	%
<i>Void Filled Bitumen (VFB)</i>	75	80	min. 65	%
Stabilitas	1357	1439	min.1000	kg
<i>Flow</i>	3,9	3,5	2 - 4	mm
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	256	409	min. 250	kg/mm
% Stabilitas Rendaman	93	92	min.90	%

Tabel 3. Sifat campuran beraspal hangat dengan variasi temperatur pencampuran/pemadatan

<i>Parameter</i>	<i>Retona+Leadcap</i>			<i>BNA+ Leadcap</i>		
	<i>150/140*</i>	<i>145/135*</i>	<i>140/130*</i>	<i>150/140*</i>	<i>145/135*</i>	<i>140/130*</i>
<i>Kepadatan</i>	2,32	2,31	2,31	2,31	2,36	2,30
<i>VMA</i>	17,49	17,99	17,97	17,7	15,9	18,0
<i>VIM</i>	4,96	5,53	5,51	5,32	3,25	5,64
<i>VFB</i>	71,67	69,28	69,35	70,0	79,6	68,7
stabilitas	1248	1198	1114	1455	1348	1289
flow	3,81	3,81	3,68	3,81	3,81	3,81
<i>MQ</i>	327,43	314,33	303,11	382,0	353,9	338,3

Keterangan : *) 150/140 : temperatur pencampuran 150 °C; dan temperatur pemadatan 140 °C

Berdasarkan data pada Tabel 3, maka diperoleh perencanaan campuran beraspal hangat dengan Asbuton pracampur + *Leadcap* 1 % dapat dilakukan pada temperatur pencampuran dan pemadatan 145 °C dan 135 °C untuk aspal *BNA+Leadcap*, serta pada temperatur 150 °C dan 140 °C untuk aspal *Retona+Leadcap*.

Karakteristik campuran beraspal hangat untuk masing-masing Asbuton pracampur + *Leadcap* dan sebagai kontrol campuran beraspal panas dengan Asbuton pracampur *BNA* dan *Retona*, ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada campuran beraspal hangat dengan *BNA+Leadcap* 1 % untuk temperatur pencampuran dan pemadatan 145/135 °C, semua parameter campuran dipenuhi sedangkan untuk *Retona+Leadcap* 1 % pada temperatur pencampuran dan pemadatan 150/140 °C meskipun semua parameternya memenuhi ketentuan tetapi penurunannya hanya sekitar 10 °C dan stabilitasnya lebih rendah dari stabilitas campuran beraspal panas dengan Asbuton

pracampur *Retona*. Jadi untuk mengetahui kinerja campuran hangat, untuk selanjutnya dalam studi ini digunakan *BNA+Leadcap* 1 %.

Hasil kajian dari penggunaan Asbuton pracampur *BNA+Leadcap* 1 % telah memberikan campuran beraspal hangat yang setara dengan campuran panas dengan Asbuton *BNA* dan memenuhi Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 revisi 3. Campuran beraspal hangat dengan *BNA+Leadcap* 1 % bisa dilaksanakan pada temperatur pencampuran 15 °C lebih rendah dari campuran panas Asbuton di laboratorium.

Untuk mengetahui karakteristik campuran hangat Asbuton dibandingkan dengan campuran panas Asbuton, maka dilakukan pengujian kekakuan (*stiffness*) dengan pengujian modulus resilien, pengujian ketahanan terhadap alur dengan pengujian stabilitas dinamis *wheel tracking*, ketahanan terhadap retak lelah (uji *fatigue*), sensitivitas terhadap air *Indirect Tensile Strength Ratio (ITSR)* dan durabilitas (*Cantabro*).

Tabel 4. Karakteristik campuran beraspal hangat dengan Asbuton pracampur+*Leadcap* 1 %

Sifat	Hasil pengujian			
	Warm Mix Asphalt (WMA)		Spesifikasi	satuan
	<i>BNA+Leadcap</i> 1%	<i>Retona+Leadcap</i> 1%		
KAO	5,7	5,7	-	% thd total
Kepadatan	2,36	2,32	-	gr/cm ³
<i>VIM</i>	3,1	4,9	3 - 5	%
<i>VMA</i>	16	17	min. 15	%
<i>VFB</i>	81	72	min. 65	%
Stabilitas	1357	1144	min.1000	kg
<i>Flow</i>	3,8	3,8	2 - 4	mm
<i>MQ</i>	356	327	min. 250	kg/mm
% Stabilitas Rendaman	94	-	min.90	%

Pengujian Modulus Resilien

Pengujian Modulus resilien, dilakukan pada campuran yang menggunakan aspal *BNA* maupun aspal *BNA+Leadcap* 1 % dengan menggunakan alat UMATTA. Pengujian dilakukan pada temperatur 25 °C, 35 °C dan 45 °C, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Modulus campuran beraspal hangat *BNA+Leadcap* 1 % selalu lebih tinggi dari campuran beraspal panas *BNA* untuk setiap temperatur pengujian. Kecepatan penurunan modulus akibat peningkatan temperatur pengujian, antara campuran dengan aspal *BNA*

dan *BNA+Leadcap* 1 %, hampir dapat dikatakan sama.

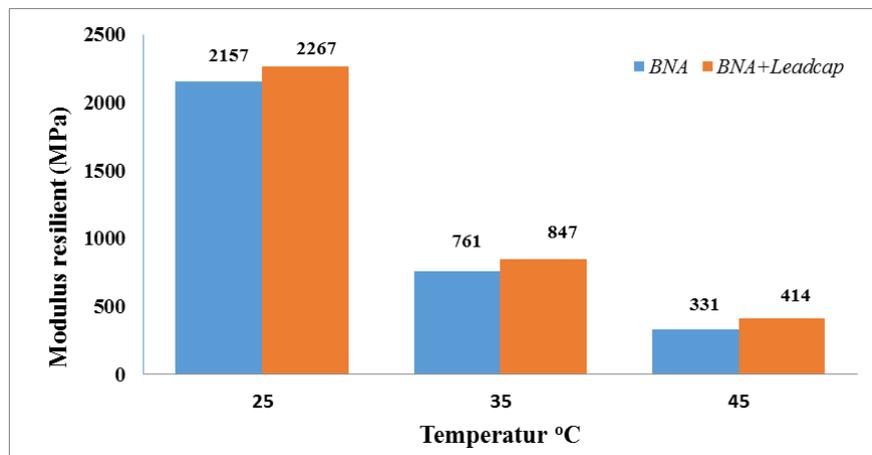
Secara umum pengujian yang dilakukan pada temperatur 35 °C akan menurunkan nilai Modulus campuran beraspal, baik untuk campuran panas Asbuton dengan penurunan sekitar 65 %, maupun untuk campuran hangat Asbuton sekitar 63 %.

Pengujian ketahanan terhadap alur

Pengujian ketahanan terhadap alur, dilakukan dengan alat *Whell Tracking* dengan

menggunakan beban 6,4 kg/cm² sesuai metode *Japan Road Association* 1980. Benda uji untuk campuran hangat Asbuton dicampur/dipadatkan pada temperatur 145/135 °C. Temperatur pengujian dilakukan pada 60 °C dengan jumlah lintasan per menit sebanyak 42 lintasan.

Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 5. Terlihat campuran hangat Asbuton mempunyai nilai stabilitas dinamis yang lebih besar.



Gambar 1. Hasil pengujian modulus resilien pada temperatur 25 °C, 35 °C dan 45 °C

Tabel 5. Hasil pengujian ketahanan terhadap alur untuk berbagai campuran

Waktu (menit)	Siklus	Jenis campuran		
		<i>BNA</i>	<i>BNA+Leadcap</i>	Satuan
0	0	0,00	0,00	mm
1	21	0,41	0,88	mm
5	105	0,86	1,29	mm
10	210	1,08	1,4	mm
15	315	1,26	1,6	mm
30	630	1,48	1,79	mm
45	945	1,65	1,92	mm
60	1260	1,75	2,01	mm
Lenduan Awal		1,35	1,65	mm
Kecepatan Deformasi		0,007	0,006	mm/menit
Stabilitas Dinamis		6300	7000	lintasan/mm

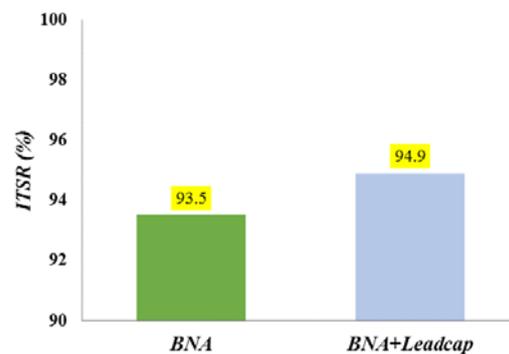
Ketahanan campuran terhadap air

Pengujian kuat tarik tak langsung dari campuran beraspal dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan campuran tersebut akibat pengaruh air, yang dilakukan sesuai metode AASHTO T 283-14 (AASHTO 2014b). Pengkondisian benda uji tidak sepenuhnya mengikuti prosedur yang ada dalam AASHTO T 283-14 (AASHTO 2014b), dimana benda uji dalam percobaan ini tidak dimasukkan ke dalam pendingin dengan temperatur (-18) °C selama 3 jam sebagaimana disebutkan dalam prosedur tersebut. Hal ini didasarkan dengan pertimbangan bahwa Indonesia merupakan negara tropis dan tidak pernah mengalami musim dingin seperti di Eropa atau Amerika.

Benda uji dibuat dengan jumlah tumbukan 2x41; 2x43 dan 2x35 masing-masing untuk campuran beraspal panas menggunakan Asbuton *BNA* dan campuran beraspal hangat menggunakan *BNA+Leadcap* 1 % dengan menggunakan alat pemadat Marshall, sehingga *VIM* mencapai $7 \pm 0,5$ % sesuai dengan ketentuan AASHTO T 283-14 (AASHTO 2014b).

Pengujian dilakukan pada campuran beraspal menggunakan Asbuton *BNA* dengan temperatur pencampuran/pemadatan sebesar 160/150 °C dan campuran beraspal hangat dengan *BNA+Leadcap* 1 % untuk temperatur pencampuran dan pemadatan 145/135 °C. Hasil pengujian perbandingan kuat tarik tidak langsung *ITSR* diperlihatkan pada Gambar 2.

Terlihat pada Gambar 2, nilai *ITSR* campuran hangat Asbuton adalah 94,5 % sementara *ITSR* untuk campuran panas Asbuton adalah 93,5 %, sehingga dapat dikatakan bahwa campuran beraspal hangat mempunyai ketahanan akibat pengaruh air yang lebih baik dari campuran beraspal panas.



Gambar 2. Perbandingan nilai *ITSR* pada campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat

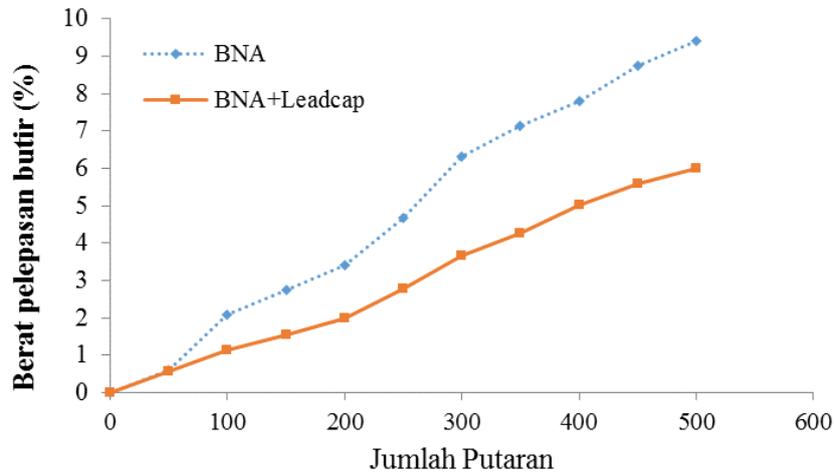
Ketahanan terhadap pelepasan butir

Umumnya ketahanan terhadap pelepasan butir dengan metode Cantabro (ASTM D7064/D7064M-08 2014) ini digunakan untuk campuran porus atau gradasi terbuka. Pengujian dilakukan pada contoh yang langsung, sedangkan untuk contoh yang mengalami pengkondisian di dalam oven selama 7x24 jam pada temperatur 60 °C tidak dilakukan.

Pelepasan butir dengan metode ini dinyatakan dengan pelepasan setelah 300 putaran di dalam alat *Loss Angeles Abrasion test*. Guna melihat lebih jauh dari ketahanan terhadap pelepasan butir, pengukuran kehilangan masa dilakukan setiap interval 50 putaran dan berakhir pada 500 putaran. Grafik kehilangan masa dari benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3, terlihat, bahwa pelepasan butir pada campuran beraspal panas menggunakan *BNA* lebih tinggi daripada pelepasan butir pada campuran hangat yang menggunakan *BNA+Leadcap* 1 %. Hal ini menunjukkan ketahanan terhadap pelepasan butir dari campuran beraspal hangat lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beraspal panas.

Nilai pelepasan butir dari campuran beraspal panas dengan *BNA* ialah sebesar 6,3 % sedangkan untuk campuran beraspal hangat yang menggunakan *BNA+1 % Leadcap* sebesar 3,65 %, dengan demikian perbedaannya sekitar 2,7 %.



Gambar 3. Grafik kehilangan butir pada campuran hangat dan campuran beraspal panas

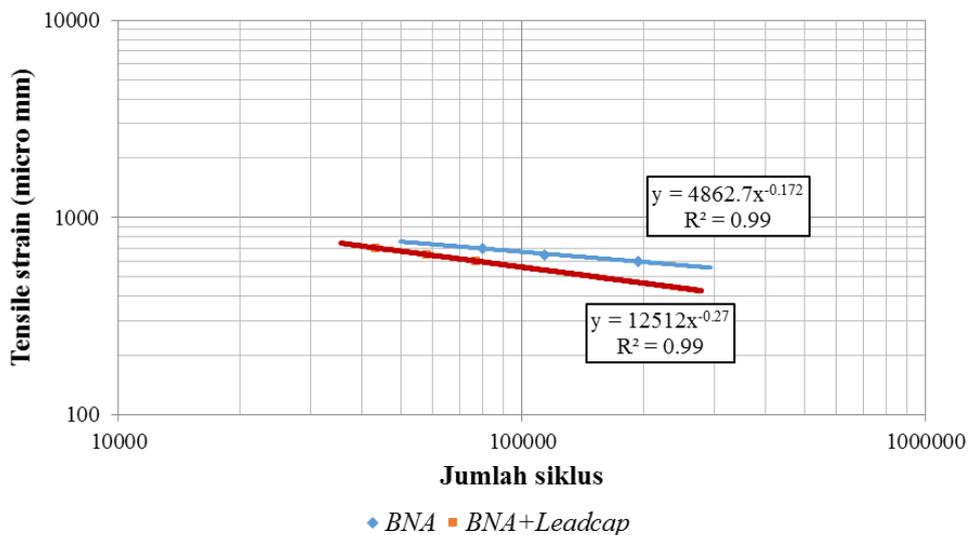
Ketahanan campuran terhadap retak lelah

Pengujian ketahanan campuran terhadap retak lelah (*fatigue*), dilakukan dengan menggunakan alat *fatigue* sesuai dengan metode AASHTO T 321-14 (AASHTO 2014a), pada temperatur pengujian sebesar 20 °C. Benda uji dipadatkan dengan alat pemadat *Whell Tracking*, dengan tebal contoh yang disesuaikan untuk keperluan pengujian retak lelah. Pencampuran dan pemadatan campuran beraspal disesuaikan dengan jenis campurannya, yaitu untuk campuran beraspal panas menggunakan Asbuton *BNA* pada temperatur 160/150 °C dan untuk campuran

beraspal hangat menggunakan *BNA*+1 % *Leadcap* pada temperatur 145/135 °C.

Benda uji berupa balok dengan ukuran 6x5x48 cm³ diberi beban berulang dengan regangan yang tetap, sampai balok tersebut mengalami keruntuhan yang didefinisikan saat modulusnya telah mencapai 50 % dari modulus awalnya.

Besar regangan awal, untuk masing-masing benda uji bervariasi mulai dari 700 µstrain sampai dengan 600 µstrain, hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian ketahanan terhadap retak lelah

Dari Gambar 4, terlihat bahwa kemiringan garis ketahanan terhadap leleh dari campuran beraspal panas menggunakan *BNA* lebih kecil dibandingkan dengan *BNA* + *Leadcap* 1 %. Keadaan ini menunjukkan, bahwa ketahanan terhadap retak leleh dari campuran beraspal hangat lebih rendah dari campuran beraspal panas.

PEMBAHASAN

Penurunan temperatur pencampuran dan pemadatan

Temperatur pencampuran dan pemadatan untuk campuran hangat dengan Asbuton pracampur apabila didasarkan pada nilai viskositas hanya turun sekitar 1 °C sampai 2 °C dibandingkan dengan campuran beraspal panas dengan jenis campuran yang sama. Hasil ini sepertinya mengindikasikan tidak ada pengaruh yang jelas akibat penambahan aditif campuran hangat yang berbasis parafin, dalam hal ini *Leadcap*.

Pendapat tersebut telah dibantah oleh Zaumanis (2010), yang menyatakan bahwa penggunaan nilai viskositas untuk menentukan temperatur pencampuran dan pemadatan campuran beraspal hanya cocok untuk aspal konvensional atau aspal modifikasi, tetapi tidak cocok untuk pengujian aspal bagi campuran beraspal hangat. Untuk menentukan besarnya penurunan temperatur yang terjadi, maka harus didasarkan pada kriteria nilai kepadatan. Berapa besar penurunan temperatur yang dapat dilakukan dan masih memberikan nilai kepadatan yang sama dengan campuran beraspal panas.

Dari hasil pengujian nilai kepadatan dengan berbagai variasi temperatur pencampuran dan pemadatan, diperoleh nilai kepadatan yang direncanakan dapat diperoleh pada temperatur pencampuran 145 °C dan temperatur pemadatan 135 °C. Hal ini menunjukkan penambahan *Leadcap* sebanyak 1 % dapat menurunkan temperatur pencampuran dan pemadatan sebesar 15 °C dari campuran beraspal panas dengan campuran yang sama (160/150 °C).

Berdasarkan pengujian Marshall, kepadatan campuran akan makin rendah apabila temperatur pemadatan makin rendah. Namun

temperatur yang terlalu tinggi juga dapat menghasilkan nilai kepadatan yang rendah. Sehingga dapat dikatakan hubungan nilai kepadatan dengan temperatur pemadatan membentuk kurva cembung.

Dengan nilai kepadatan yang berkurang maka nilai *VIM* akan bertambah dan nilai stabilitas cenderung mengecil.

Kinerja campuran beraspal hangat

Kinerja campuran beraspal hangat ditinjau dari sisi ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap retak leleh, ketahanan terhadap air dan ketahanan terhadap pelepasan butir. Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa modulus resilien, ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap air dan ketahanan terhadap pelepasan butir akan meningkat pada campuran hangat yang ditambah dengan *Leadcap* 1 %.

Nilai modulus resilien meningkat dari 2157 MPa untuk campuran panas Asbuton menjadi 2267 MPa untuk campuran hangat Asbuton. Ketahanan terhadap alur yang dinyatakan dengan nilai stabilitas dinamis, relatif meningkat dari 6300 lint/mm menjadi 7000 lint/mm. Kedua nilai tersebut memenuhi persyaratan nilai stabilitas dinamis untuk lalu-lintas berat yaitu minimum 2500 lint/mm sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 revisi 3 (Indonesia 2010).

Ketahanan terhadap pengaruh air yang dinyatakan dalam nilai *ITSR* meningkat dari 93,5 % menjadi 94,5 %. Peningkatan nilai yang terjadi relatif tidak besar, dan keduanya telah memenuhi persyaratan nilai minimum 90 % seperti yang disyaratkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 revisi 3 (Indonesia 2010).

Nilai pelepasan butir dari campuran beraspal panas dengan *BNA* ialah sebesar 6,3 % sedangkan untuk campuran beraspal hangat yang menggunakan *BNA*+1 % *Leadcap* sebesar 3,65 %. Pada campuran bergradasi porus, batasan maksimum yang umum untuk pelepasan butir ialah 20 % untuk benda uji yang langsung tanpa pengkondisian, sedangkan yang mengalami pengkondisian selama 7 hari dengan temperatur 60 °C ialah tidak lebih dari 30 %. Dengan demikian pelepasan butir dari campuran beraspal hangat ini, jauh di bawah dari ambang batas untuk campuran porus.

Berdasarkan data tersebut di atas, maka penurunan temperatur pencampuran/pemadatan pada campuran hangat tidak mempengaruhi kinerja campuran dan malah memberikan kinerja yang lebih baik. Berdasarkan kajian pustaka, bahan tambah berbasis parafin berfungsi untuk menurunkan viskositas aspal sehingga dapat dicampur dan dipadatkan pada temperatur yang lebih rendah. Namun melihat kinerjanya yang lebih baik, dapat diperkirakan bahwa bahan tambah berbasis parafin tersebut kemungkinan telah ditambah lagi dengan bahan tambah lain untuk menambah kelekatan aspal, seperti bahan tambah untuk anti pengelupasan (*stripping*).

Sementara untuk ketahanan terhadap retak leleh, campuran beraspal hangat mempunyai ketahanan yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran beraspal panas. Kondisi ini serupa dengan yang telah diamati di negara bagian Washington seperti yang disampaikan Bower, Wen, dan Kim (2012) dimana campuran hangat dengan bahan tambah berbasis parafin (*Sasobit*) memberikan ketahanan terhadap retak leleh yang lebih rendah. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena penambahan aditif lain dalam *Leadcap* yang meningkatkan ketahanan terhadap alur (meningkatkan kekakuan) dan berakibat menurunkan ketahanan terhadap retak leleh (menurunkan elastisitas).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Campuran beraspal hangat menggunakan Asbuton pracampur menunjukkan karakteristik yang baik di laboratorium, dan bisa memenuhi ketentuan spesifikasi yang ditentukan. Temperatur pencampuran dan pemadatan campuran hangat sekitar 15 °C lebih rendah dari campuran beraspal panas.

Campuran beraspal hangat menggunakan Asbuton pracampur dengan bahan tambah *Leadcap* sebanyak 1 %, mempunyai ketahanan terhadap alur, ketahanan terhadap air dan ketahanan terhadap pelepasan butir yang lebih baik dibandingkan dengan campuran beraspal panas sejenis. Sementara ketahanan terhadap retak lelehnya lebih rendah.

Nilai modulus resilien meningkat dari 2157 MPa untuk campuran panas Asbuton

menjadi 2267 MPa untuk campuran hangat Asbuton. Ketahanan terhadap alur yang dinyatakan dengan nilai stabilitas dinamis, relatif meningkat dari 6300 lint/mm menjadi 7000 lint/mm. Ketahanan terhadap pengaruh air yang dinyatakan dalam nilai *ITSR* meningkat dari 93,5 % menjadi 94,5 %. Nilai pelepasan butir dari campuran panas Asbuton sebesar 6,3 % sedangkan untuk campuran hangat sebesar 3,65 %.

Saran

Dari hasil studi ini, dapat disampaikan saran untuk melakukan kajian lebih lanjut dengan uji coba lapangan, sehingga kepadatan lapangan yang direncanakan dapat dibuktikan tercapai pada temperatur pencampuran dan pemadatan yang lebih rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini sampai dengan diterbitkan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Kepala Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Kementerian PUPR yang telah membantu memberikan fasilitas pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 2014a. "Determining the Fatigue Life of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending". *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*. Part 2B AASHTO T 321-14 (2014). Washington, D.C.: AASHTO.
- . 2014b. "Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture - Induced Damage". AASHTO T 283-14 (2014). *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling And Testing*. Part 2B. Washington, DC: AASHTO.
- American Standard Testing and Material. 2014. "Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Mix Design". ASTM D7064/D7064M-08 (2013). *Annual book of ASTM Standards*. West Conshohocken: ASTM.

- Asphalt Institute. 1993. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*. MS-2 (1993). Lexington: Asphalt Institute.
- Bower, N; Wen, H; Kim, W. 2012. *Evaluation of the Performance of Warm Mix Asphalt in Washington State*. Research report: WA-RD 789.1. Washington: Washington State Department of Transportation.
- Cho, Dong Woo. 2011. "Development and Application of Korean WMA Technologies". *Proceeding International Seminar on the green road construction and international workshop on the vetiver systems*. Bandung: Institute of Road Engineering.
- Damm, K.W; Abraham, J.; Butz, T.; Hilderbrand G.; Riebeschl, G. 2002. Asphalt flow improvers as, Intelligent Fillers for hot asphalt – A New Chapter in Asphalt Technology. *Journal of Applied Asphalt Binder Technology*. April 2002, pp 36 – 69.
- Federal Highway Administration. 2010. *EDC-1: Warm Mix Asphalt*. Washington, DC: FHWA. <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/asphalt/wma.cfm> (accessed January 8th, 2015)
- Gierhart, D. 2009. "Warm Mix Asphalt – What is It And How Can It Benefit?". *Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting*. Jhongli: Chinese Society of Pavement Engineering. May 11-13, 2009.
- Hurley G.C. and B.D. Prowel. 2006. Evaluation of Potential Processes for Use in Warm Mix Asphalt. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 75, Savannah, Georgia.
- Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010 revisi 3. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan, Divisi 6*. Kementerian PU. Jakarta.
- Japan Road Assosiation. 1980. Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement. Tokyo: JRA.
- National Center for Asphalt Technology. 2013. *Performance of Warm Mix Asphalt, National Center for Asphalt Technology*. Auburn: NCAT. <http://www.warmmixasphalt.org> (accessed January 8th, 2015).
- Omari, Isaac; Aggarwal, Vivek; Hesp, Simon. 2016. *Investigation of two Warm Mix Asphalt additives*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.02.001>. (accessed November 22nd, 2016)
- Suaryana, Nyoman. 2016. Performance evaluation of stone matrix asphalt using Indonesian natural rock asphalt as stabilizer. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Jhongli: Chinese Society of Pavement Engineering. 9(5): 387–392.
- Zumanis, M. 2010. Warm mix asphalt Investigation. Thesis - Master of Science, Riga Technical University.