

PENGARUH ASBUTON SEMI EKSTRAKSI PADA CAMPURAN STONE MASTIC ASPHALT

Furqon Affandi

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H Nasution 264; Bandung 40294
Email : furqon_affandi@yahoo.com
Diterima : 20 Januari 2010; Disetujui : 27 Maret 2010

Abstrak

Jenis pekerasan yang paling banyak di Indonesia, ialah pekerasan lentur, dimana salah satu kerusakan yang terjadi ialah alur akibat beban kendaraan berat dan temperatur pekerasan yang tinggi. Masalah alur ini bisa menyebabkan menurunnya pelayanan jalan dan akan mengakibatkan retak yang akhirnya akan menjadikan konstruksi pekerasan mengalami kerusakan yang lebih parah. Studi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Stone Mastic Asphalt dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras penetrasi 60 yang dicampur bitumen Asbuton hasil semi ekstraksi, dengan metoda percobaan eksperimental di laboratorium. Hasil percobaan menunjukkan, dengan penambahan bitumen Asbuton hasil semi ekstraksi, ketahanan terhadap alur dari campuran Stone Mastic Asphalt meningkat cukup signifikan, modulus campuran beraspal meningkat, memperbaiki masalah pengaliran aspal (drain down) dan flushing. Namun demikian, ketahanan terhadap pelepasan butir pada campuran menjadi turun walaupun tidak melampaui batas maksimum yang diijinkan, dan kecenderungan aspal menjadi sedikit rapuh. Jadi penambahan Asbuton semi ekstraksi akan meningkatkan beberapa kinerja campuran, tetapi sebagian kinerja lainnya akan menurun, karena itu persentase penambahan Aspal asbuton semi ekstraksi harus seminimal mungkin tetapi masih dapat memenuhi persyaratan campuran beraspal, dengan mempertimbangkan juga ketahanan kelelahan (fatigue) dari campuran Stone Mastic Asphalt, yang penelitiannya perlu segera dilakukan.

Kata kunci : Stone Mastic Asphalt, alur, aspal penetrasi 60, modulus kekakuan, Asbuton semi ekstraksi.

Abstract

The most pavement type in Indonesia is flexible pavement, of which rutting as one of the pavement defect is caused by heavy load and high temperature. Rutting can cause the decrease of road service and followed by crack which leading to worse damage of pavement. The purpose of the study is to find out the performance of Stone Mastic Asphalt using asphalt cement pen 60 mixed with semi extraction of asbuton and the method of the research is laboratory experiments. The results showed that the addition of semi extraction asbuton significantly increases the resistance of the SMA mixtures to rutting, increasing modulus of asphalt mixtures and improve drain down and flushing. However the resistance of mixture to particle loose decreases even though it is still in the limit requirement and it tends to become less brittle. As the addition of semi extraction asbuton increases some Stone Mastic Asphalt performance, and decreases the others, so that the determination of semi extraction asbuton proportion has to be minimum but still meet the requirement of asphalt mixture, by carrying further research about fatigue resistance of Stone Mastic Asphalt

Keywords : Stone Mastic Asphalt, rutting, asphalt cement pen 60, stiffness modulus, semi extraction Asbuton.

PENDAHULUAN

Total panjang jaringan jalan di Indonesia ialah 372.173 km, yang terdiri dari jalan Tol 688 km, jalan nasional 34,629 km, jalan propinsi 48,681km dan jalan kabupaten/kota 288,185 km (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2009). Dari total jalan yang diperkeras, 98 % diantaranya menggunakan perkerasan beraspal sedang sisanya 2% menggunakan jalan beton (Widayat, 2010) Salah satu kerusakan yang sering dialami oleh perkerasan beraspal ialah alur (*rutting*), yang besarnya dipengaruhi oleh berat beban kendaraan, temperatur dimana jalan dibangun, serta sifat bahan dan campuran beraspalnya sendiri, sehingga alur ini menjadi salah satu kriteria keruntuhan perkerasan beraspal, disamping retak akibat fatik (*fatigue*).

Perkerasan beraspal di Indonesia hampir mengalami ketiga hal diatas, yaitu beban berat, temperatur tinggi karena terletak di daerah khatulistiwa, serta jenis aspal dan perkerasan beraspalnya yang umum dipergunakan kurang tahan terhadap alur. Beban berlebih menjadi masalah di Indonesia, dimana hasil pengukuran beban sumbu kendaraan yang dilakukan pada ruas Semarang – Demak propinsi Jawa Tengah pada tahun 2004 menunjukkan faktor daya rusak (*Damaging Factor*) dari kendaraan truk besar, tangki rata rataanya 8,03 dari nilai yang seharusnya 1,6 begitu juga untuk truk gandengan rata – rata nya mencapai 8,2 dibandingkan nilai yang seharusnya 4 (Yamin dkk, 2004). Hasil pengukuran beban sumbu kendaraan di ruas jalan Keliran Jao – Koto Baru, Sumatera Barat pada tahun 2008, juga menunjukkan bahwa faktor daya rusak kendaraan truk berat dua as dan kendaraan truk tandem (tiga as) masing masing mencapai nilai rata rata 9,71 dan 14,82 dari yang seharusnya 1,6 dan 4 (Radia dkk, 2008).

Temperatur perkerasan di Indonesia, berdasarkan hasil pengukuran di beberapa daerah yang dilakukan setiap jam selama beberapa hari, menunjukkan temperatur permukaan perkerasan minimum 16,5°C dan maksimum mencapai 59°C, sedangkan temperatur perkerasan minimum 20,0°C dan maksimum 64,5°C (Sjahanulirwan dkk, 2009), hal ini cukup tinggi dibandingkan dengan titik lembek dari aspal yang umum digunakan di

Indonesia, yaitu aspal keras dengan penetrasi 60 yang mempunyai titik lembek sekitar 48°C sampai 58°C (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2005).

Hal ini mengakibatkan jalan jalan di Indonesia banyak mengalami kerusakan alur yang seterusnya bisa menimbulkan kerusakan retak yang pada akhirnya akan menurunkan kekuatan konstruksi perkerasan secara keseluruhan. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah lewat Departemen Pekerjaan Umum, melalui spesifikasi jalan dan jembatan telah mensyaratkan ketahanan deformasi yang dikenal dengan stabilitas dinamis dari campuran beraspal untuk jalan dengan lalu lintas berat, minimum 2500 lintasan/mm. Untuk memenuhi nilai stabilitas dinamis ini ditetapkan beberapa jenis aspal polimer dan aspal dimodifikasi dengan asbuton beserta persyaratannya, berikut ketentuan sifat sifat campuran Laston yang dimodifikasi (*AC Modified*), tetapi jenis campuran beraspalnya masih tetap sama dengan yang sebelumnya yaitu aspal beton (*asphaltic concrete*), (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Jerman pada akhir tahun 60-an, telah menemukan campuran beraspal panas yang mempunyai ketahanan terhadap alur dan keawetan yang lebih baik, dikenal dengan nama *Stone Matrix (Mastic) Asphalt* (SMA) (Behbahani et al., 2009; Austroad, 2004. Wue, 2002). Keberhasilan dari perkerasan dengan SMA di Jerman ini, menimbulkan banyak negara - negara lain di Eropa dan Amerika termasuk Inggris ikut mengembangkan dan menggunakan jenis perkerasan ini, karena masalah kerusakan alur pada perkerasan jalan beraspal, telah lama dialami oleh negara negara Eropa dan Amerika. Perkembangan penggunaan SMA di berbagai Negara pada tahun 1996 saja, seperti di Denmark, Jerman, Belanda, Norwegia, Polandia, Spanyol dan Swedia masing – masing telah mencapai 14; 100; 32; 12; 69 dan 50 juta meter persegi dengan cukup berhasil (Vos et al., 1998).

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mendapatkan kinerja campuran beraspal SMA dengan bahan pengikat aspal pen 60 yang ditambah aspal Asbuton semi ekstraksi.

KAJIAN PUSTAKA

Gradasi dan komposisi agregat

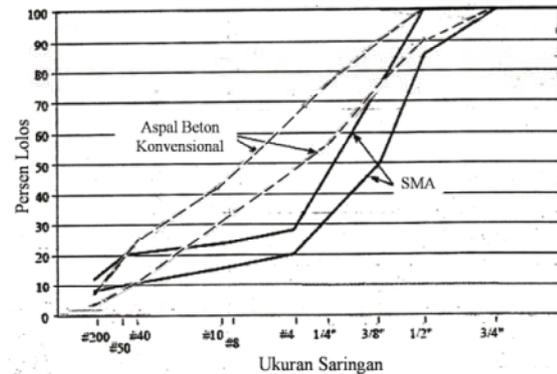
SMA ialah campuran dengan gradasi senjang (*gap graded*) yang mengandung sebagian besar agregat kasar, dan membentuk kerangka yang efisien untuk penyebaran beban. Agregat kasar di ikat ber sama sama oleh *mastic* yang banyak, yang mengandung bahan pengisi (*filler*), serat (*fiber*) dan polimer dengan lapisan aspal yang cukup tebal (Wue, 2002. AASHTO, 2004). Kim Willoughby juga menyampaikan bahwa pada campuran SMA, serat tidak selalu diperlukan sekiranya gradasi dan jenis aspal yang digunakan sudah memadai pencegahan pengaliran aspal (*drain down*). Gradasi agregat SMA terletak disisi bagian kasar dari garis kepadatan maksimum dengan pangkat 0,45, dibanding gradasi aspal beton pada umumnya, seperti terlihat pada Gambar 1 (Willoughby, 2000). SMA yang diadopsi oleh beberapa badan pengelola jalan di Amerika, ialah dari Eropa dengan mengikuti rumus 60 – 30 – 10, dimana 60 persen agregat kasar dengan gradasi seragam, 30 persen agregat halus, dan 10 persen adalah mineral bahan pengisi (Cooley et.al, 2004).

Di Australia komposisi tipikal dari SMA ialah 70 %– 80 % agregat kasar, 8 %– 12% bahan pengisi, 6 %– 7% aspal dan 0,3 % bahan serat (Austroad, 2004).

Perbandingan gradasi secara umum dari aspal beton bergradasi rapat, bergradasi senjang, gradasi terbuka dan SMA diperlihatkan pada Gambar 2.

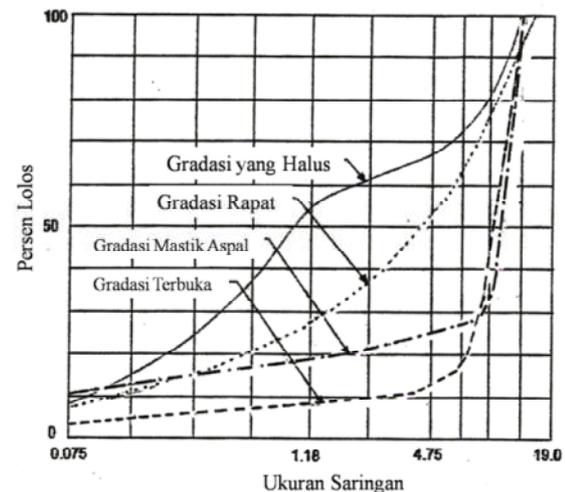
Menurut Zichaner yang disampaikan oleh Vos, R. et al.(1998), SMA ini mempunyai kerangka agregat yang baik, kadar aspal yang tinggi, kadar rongga udara yang rendah, dan kestabilan yang efisien pada *mastic*. Hal ini dikarenakan SMA mempunyai agregat kasar bergradasi seragam sekitar 70%, dan diikuti dengan agregat halus sekitar 30 %, seperti dapat dilihat pada Gambar 2 (Vos et al., 2008). Begitu juga Cilaya et al., (2006) menyampaikan bahwa ketahanan terhadap alur pada SMA disebabkan adanya kontak antar agregat kasar, sedangkan keawetannya didapat dari tingginya kadar mortar yang mengikat agregat kasar secara keseluruhan. Selanjutnya masa pelayanannya lebih lama 20% – 30 % dari aspal beton

konvensional, namun memerlukan biaya produksi yang lebih tinggi sekitar 20% – 40%.



Sumber : Willoughby, 2000.

Gambar 1. Perbandingan posisi gradasi SMA dan aspal beton



Sumber: Austroad, 2004

Gambar 2. Bentuk tipikal gradasi senjang, gradasi rapat, gradasi terbuka dan SMA

Aspal, bahan pengisi dan serat

Masalah utama pada SMA ialah pengaliran aspal dan kegemukan aspal (*bleeding*), karenanya diperlukan bahan stabilisasi aspal, yang bisa berupa serat, bahan karet, polimer, *Trinidad Lake Asphalt* (TLA), *Carbon Black*, *artificial alkali* sehingga bisa menjadikan *mastic* menjadi lebih kaku pada temperatur tinggi (Willoughby, 2000; Colorado Asphalt Pavement Association, 2002).

Percobaan di Illionis Department of Transport menunjukkan bahwa penggunaan serat selulosa dan aspal polimer memberikan hasil yang baik. Penggunaan serat mineral, memerlukan jumlah dua kali lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan serat selulosa, sehingga waktu pencampuran meningkat secara signifikan. (Rademarker, 1996).

Bahan pengisi yang berupa mineral (serat mineral) pada SMA, bisa untuk mengisi rongga udara dan membentuk *mastic* yang lebih kaku, begitu juga mortar dari aspal dan bahan serat stabilisasi (Colorado Asphalt Pavement Association, 2002).

Jenis dan kadar serat mempengaruhi kinerja SMA. Percobaan yang dilakukan dengan menggunakan aspal pen 60, menunjukkan bahwa optimum kadar serat terhadap kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) dan ketahanan terhadap alur dengan serat selulosa buatan Jerman ialah 0,3%, sedangkan optimum serat selulosa dan mineral serat dari Iran 0,4%. Selain itu stabilitas Marshall tidak bisa digunakan sebagai standar ketahanan campuran SMA terhadap alur (Behbahani et.al, 2009).

Ketentuan dan metoda perencanaan

Tiap negara atau badan pengelola jalan mempunyai spesifikasi SMA yang tidak selalu sama, dimana *National Center for Asphalt Technology* (NCAT) tahun 1999 telah mengembangkan spesifikasi SMA dengan ukuran nominal maksimum agregat mulai 4,75; 9,5; 12,5; 19 sampai 25 mm, dan parameter perencanaan rongga (*Void*) pada *N design* 4% (maks.); rongga dalam agregat (*VMA*) min 17%, rongga dalam agregat kasar (*Void in Coarse Aggregate - VCA*), perbandingan kuat tarik minimum 70%, pengaliran aspal pada temperatur produksi maksimum 0,3% (Cooley et.al, 2004). Di Amerika, AASHTO mengembangkan spesifikasi SMA dengan ukuran nominal maksimum agregatnya 19 mm; 12, 5 mm dan 9,5 mm dengan kadar aspal minimum 6% (AASHTO, 2004).

Metoda perencanaan campuran SMA didasarkan pada prosedur perencanaan Marshall, tetapi negara yang sudah terbiasa dengan metoda Superpave, menggunakan metoda ini untuk perencanaan campuran SMA nya (Colorado Asphalt Pavement

Association,2002). Colorado menggunakan metoda Superpave dengan alat pemadat *gyratory* yang menentukan $N_{design} = 100$. Pengaliran aspal maksimum 0,3 % serta maximum rongga dalam agregat adalah 18% (Colorado Asphalt Pavement Association, 2002). Seperti di Colorado, Mississippi menggunakan metoda superpave dengan $N_{design} = 100$, tetapi untuk agregat dimana yang nilai abrasi nya lebih dari 30%, pemadatan di lakukan pada $N_{design} = 75$ (Cooley et al., 2004)

Perencanaan campuran di Georgia, menggunakan Marshall dengan tumbukan 50 kali, sebagai mana di Eropa. Aspal yang digunakan ialah aspal AC 30 yang dimodifikasi dengan *low density polyethylene thermoplastic* untuk memperkaku aspalnya, dimana viskositas nya sekitar 97×10^4 centi Poase (cP). Selanjutnya dalam campuran ditambahkan bahan pengisi mineral, serat dan kapur (*hydrated lime*), guna memperkuat *mastic* dan menstabilkan lapisan aspal yang lebih tebal (Wue, 2002). Pemadatan SMA yang dilakukan di Iran juga menggunakan prosedur Marshall dengan jumlah tumbukan 50 (Behbahani et.al, 2009). Begitu juga di Inggris, menggunakan metoda Marshall dengan jumlah tumbukan 50, dengan aspal pen 50, 100 atau 200 yang dimodifikasi atau aspal 50 maupun pen 100 yang ditambah bahan stabiliser (Nunn, 1994).

Di Colorado, aspal dengan kelas PG 76 – 28 umumnya digunakan untuk campuran SMA pada jalan dengan volume lalu lintas tinggi. Kadar aspal pada SMA umumnya antara 6,3 – 6,5 %, sedangkan di Maryland persyaratan kadar aspal minimum 6,5%. NCAT menemukan, bahwa *permeability* menjadi masalah ketika rongga udara lebih dari 6%, karenanya kadar aspal perlu dijaga pada kadar yang cukup tinggi (Colorado Asphalt Pavement Association, 2002).

Aspal dan agregat yang digunakan akan mempengaruhi sifat – sifat SMA , dimana aspal yang tidak dimodifikasi akan memberikan nilai alur yang besar. Selain itu, bentuk agregat, angularitas dan tekstur mempunyai pengaruh yang besar dalam memenuhi kriteria volumetrik campuran yang disyaratkan (Xie et al., 2003).

Di Australia ukuran agregat yang digunakan untuk SMA ialah agregat dengan ukuran nominal maksimum 14 mm, 10 mm dan 7 mm. Sedangkan aspal yang digunakan ialah aspal kelas 320 untuk keadaan umum, aspal

multigrade digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi, dan aspal *polymer modified* digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap alur (*rutting*) dan *flushing* pada beban lalu lintas yang berat (Austroad, 2004).

Campuran SMA memerlukan waktu pencampuran di AMP dan pembukaan untuk lalu lintas yang lebih lama, karena perlu menunggu temperatur lapisan SMA yang baru selesai dipadatkan mencapai 40°C (Department of Transport, 2008).

Asbuton (aspal batu Buton)

Asbuton merupakan aspal alam di Indonesia dan telah diproduksi sejak lama dengan berbagai jenis, mulai dari asbuton butir dengan berbagai ukurannya sampai asbuton semi ekstraksi (Affandi, 2008).

Asbuton sebagai aspal alam terdiri dari aspal dan mineral yang sudah bersatu secara alami, dengan kandungan aspal sekitar 20% sampai 23% dan mineral sekitar 80% sampai 77%, dimana kandungan yang paling banyak pada mineralnya ialah kapur (Affandi, 2009). Nilai penetrasi aspal asbuton umumnya rendah antara 5 sampai 20 dmm (Departemen Pekerjaan Umum, 2005), tetapi ada juga yang mencapai penetrasi 60 dmm, terutama di daerah Lawele.

Asbuton semi ekstraksi, adalah aspal buton yang sudah diekstrak dan sebagian mineralnya dikurangi, sehingga perbandingan kandungan aspal dan mineralnya menjadi sekitar 60% : 40%. Karena asbuton semi ekstraksi telah mengalami pemecahan ikatan mineral dengan aspal melalui proses ekstraksi, maka asbuton semi ekstraksi ini, bisa bercampur dengan aspal keras secara lebih mudah.

HIPOTESIS

SMA dengan bahan pengikat dari aspal pen 60 yang dicampur dengan bahan asbuton semi ekstraksi, akan mempunyai ketahanan terhadap alur yang lebih baik, pelepasan butir pada campuran lebih besar, pengaliran aspal yang lebih kecil dan *stiffness modulus* lebih besar dibanding dengan campuran SMA tanpa tambahan Asbuton.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimental di laboratorium, dengan melakukan pengumpulan data primer berdasarkan pengujian terhadap aspal maupun campuran beraspalnya (SMA), yang ditambah dengan berbagai kadar aspal dari Asbuton semi ekstraksi maupun yang tidak.

Pengujian aspal yang dilakukan meliputi sifat – sifat rheologi nya antara lain penetrasi, titik lembek, viskositas pada aspal yang sebelum dan setelah *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT), kehilangan berat dengan RTFOT dan Penetrasi Indek, sedangkan sifat campuran beraspalnya antara lain *stiffness modulus*, ketahanan terhadap alur, dan ketahanan terhadap pelepasan butir (*Cantabro test*). Selanjutnya data yang dikumpulkan akan dianalisa untuk mendapatkan hubungan antara pengaruh tambahan aspal dari asbuton semi ekstraksi, terhadap sifat campuran SMA nya.

HASIL DAN ANALISIS

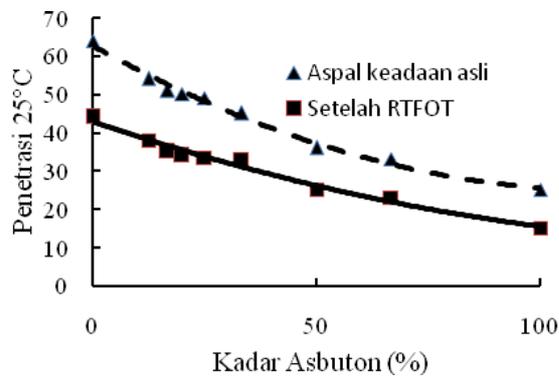
Aspal

Pengujian aspal dilakukan pada aspal pen 60, aspal Asbuton semi ekstraksi serta campuran antara aspal pen 60 dan aspal Asbuton semi ekstraksi dengan kadar Asbuton semi ekstraksi terhadap aspal campuran bervariasi dari 0%; 12,5%; 16,7%; 20%; 25%; 33,3%; 50%; 66,7% dan 100%, yang masing – masing diberi kode A 0; A 17; A 15; A 14; A 13; A 12; A 11; A 21 dan A10.

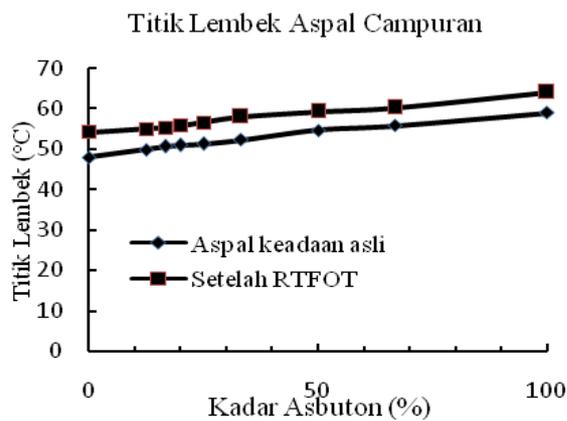
Hasil pengujian terhadap aspal pen 60, dan aspal Asbuton semi ekstraksi dengan berbagai proporsi, yaitu penetrasi, titik lembek, viskositas, kehilangan berat dengan RTFOT, viskositas setelah kehilangan berat dan indek penetrasi ditunjukkan Gambar 3 sampai Gambar 7

Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai penetrasi turun sejalan dengan bertambahnya kadar aspal Asbuton semi ekstraksi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi menjadikan semakin keras. Begitu juga titik lembek yang semula 48°C, setelah penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi menjadi lebih tinggi, sejalan dengan

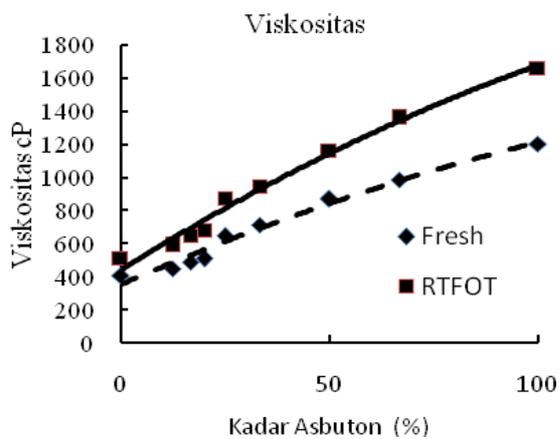
pertambahan aspal asbuton semi ekstraksi, sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 4.



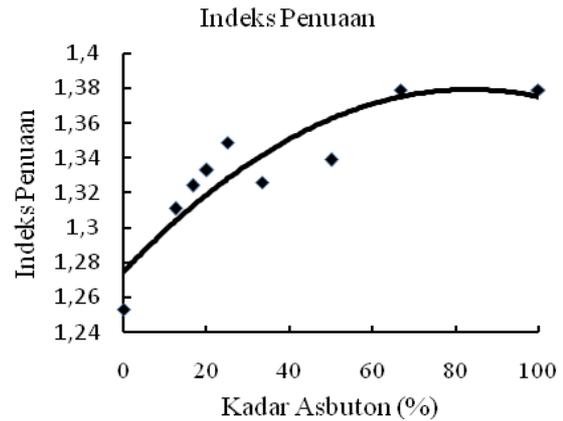
Gambar 3. Pengaruh kadar aspal Asbuton terhadap penetrasi



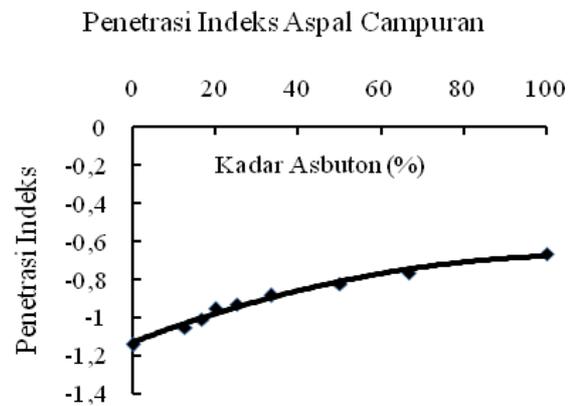
Gambar 4. Pengaruh kadar aspal Asbuton terhadap titik lembek



Gambar 5. Pengaruh kadar aspal Asbuton terhadap viskositas



Gambar 6. Pengaruh kadar aspal Asbuton terhadap Indeks Penuaan



Gambar 7. Pengaruh kadar aspal Asbuton terhadap Indeks Penetrasi

Hal ini menunjukkan pula, penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi menjadikan semakin keras. Pada Gambar 5, baik viskositas sebelum RTFOT maupun setelah RTFOT, menunjukkan nilai viskositas yang semakin tinggi sejalan dengan bertambahnya aspal Asbuton semi ekstraksi, yang berarti bahwa aspal yang ditambah aspal buton semi ekstraksi semakin kental. Ketiga parameter tersebut, membuktikan, bahwa penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi akan menjadikan aspal campuran menjadi lebih kaku, dibanding dengan aspal pen 60 saja.

Nilai Indeks Penuaan (*ageing index*) menunjukkan, bahwa Indeks Penuaan semakin besar sejalan dengan penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi, sebagaimana terlihat

pada Gambar 6. Hal ini menunjukkan bahwa minyak ringan yang terkandung pada aspal Asbuton semi ekstraksi cukup kecil, karena telah menguap sewaktu masih di lapangan akibat kondisi alam, seperti pemanasan maupun hujan.

Nilai Indeks Penetrasi (IP) meningkat dengan penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi, seperti terlihat pada Gambar 7. Hal ini menunjukkan bahwa aspal pen 60 yang ditambah aspal Asbuton semi ekstraksi, menjadi tidak begitu terpengaruh oleh perubahan temperatur (*less temperature susceptible*). Nilai PI dari aspal pen 60 dengan berbagai proporsi penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi, berkisar antara - 1,14 dan - 0,77, yang mana semuanya masih terletak antara - 2 sampai + 2, yang dapat dikategorikan kedalam aspal dengan sifat rheologi normal (Lees, 1982).

Hasil pengujian Indek Penuaan dari penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi, menunjukkan bahwa penambahan aspal Asbuton, akan menaikkan Indeks Penuaan dari aspal tersebut walaupun relatif kecil, sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Indek Penuaan aspal pen 60 yang ditambah aspal Asbuton semi ekstraksi

Kode Aspal	Kadar aspal asbuton (%)	Indek penuaan
A 0	0	1,25
A 17	12,5	1,31
A 15	16,7	1,32
A 14	20	1,33
A 13	25	1,35
A 21	66,7	1,38

Campuran SMA

Campuran SMA pada penelitian ini, mengacu pada spesifikasi Inggris untuk lapis permukaan, yang menggunakan pemadatan Marshall sebanyak 50 tumbukan pada masing – masing sisi, dengan gradasi agregat ideal yang terletak ditengah – tengah antara batas atas dan batas bawah. Pemadatan campuran beraspal dengan alat Marshall ini, di Indonesia sangat populer dan banyak digunakan, sehingga sangat mudah untuk melaksanakannya, karena sudah terbiasa dibanding dengan pemadatan *gyratory*. Spesifikasi yang digunakan tersebut, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi SMA berdasarkan ketentuan di Inggris

Gradasi agregat	% lolos	Toleransi
Ukuran saringan		
(mm)		
20	-	-
14	100	± 5
10	90 – 100	± 10
6,3	30 – 50	± 8
2,36	22 – 32	± 7
0,075	8 – 13	± 2
Jenis aspal	<ul style="list-style-type: none"> - Aspal asli pen 50, 100 atau 200 yang dimodifikasi - Aspal pen 50 atau pen 100 dengan menggunakan bahan stabilisasi 	
Kadar aspal (%)	6,5 – 7	
Bahan stabilisasi (%) terhadap berat total campuran)	≥ 0,3	
Pengaliran aspal	< 0,3 % terhadap total campuran	
Rongga udara dalam campuran (Void in Mix) (%)	2 – 4	

Sumber : U.K Specification of Stone Mastic Asphalt

Aspal yang digunakan untuk membuat campuran SMA ini, hanya empat macam saja, yaitu aspal A 601, A 612, A 611 dan A 621. Bahan stabilisasi yang digunakan ialah serat selulosa yang berbentuk *pellet*, agar lebih mudah tercampur dan lebih merata, dengan kadar 0,3% terhadap berat total campuran. Kadar aspal rencana didasarkan pada kadar rongga udara antara 2% – 4%, pengaliran aspal < 0,3 % terhadap berat total serta kadar aspal berada diantara 6,5 sampai 7%.

Hasil pengujian pengaliran aspal dan rongga dalam campuran (VIM) dari SMA ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian pengaliran aspal dan Rongga dalam campuran

Kode aspal	Hasil pengujian	
	Pengaliran aspal (%)	Rongga dalam Campuran (%)
A 601	0,07	3,34
A 612	0,06	3,37
A 611	0,04	3,37
A 621	0,02	3,51

Dari Tabel 3 terlihat, semakin tinggi persentase aspal Asbuton semi ekstraksi, semakin kecil pengaliran aspal yang terjadi. Hal ini dikarenakan campuran aspal semakin kaku sebagaimana yang sudah dijelaskan diatas, yaitu penetrasi yang rendah, titik lembek yang tinggi dan viskositas yang tinggi pula. Begitu juga

halnya dengan rongga dalam campuran, semakin tinggi kadar Asbuton, semakin tinggi rongga dalam campuran. Namun bila dikaitkan dengan persyaratan pengaliran aspal dan rongga dalam campuran, ke empat jenis aspal ini, masih memberikan nilai- nilai dalam batas yang ditetapkan.

Untuk kemudahan pencampuran dan pemadatan antara aspal dengan agregat, aspal hendaknya dipanaskan mencapai 170 ± 20 centi Stokes dan 280 ± 39 centi stokes (Asphalt Institute, 1993). Karena itu, campuran beraspal dipanaskan sampai suhu pemadatan yang berbeda tergantung pada kekentalan aspal itu sendiri. Suhu pencampuran dan pemadatan campuran dengan aspal A 601, A 612, A 611 dan A 621, disajikan pada Tabel 4.

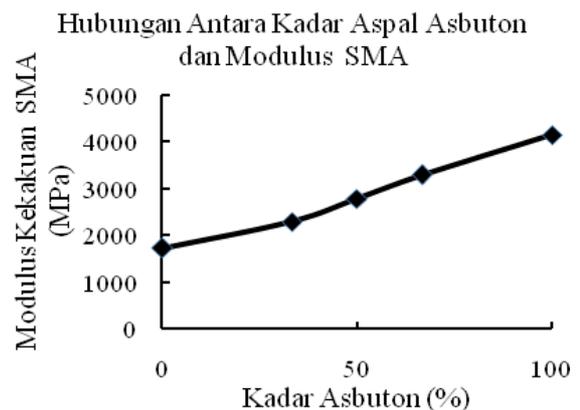
Tabel 4. Suhu pencampuran dan pemadatan

Kode aspal	Temperatur pencampuran (°C)	Temperatur pemadatan (°C)
A 601	160	149
A 612	167	155
A 611	170	159
A 621	174	165

Terlihat dari Tabel 4, bahwa temperatur pencampuran maupun temperatur pemadatan semakin tinggi, apabila persentase aspal Asbuton semakin besar. Dari hasil percobaan, kadar aspal untuk pembuatan benda uji ialah 6,5%.

Modulus campuran beraspal

Modulus campuran SMA ini diuji dengan alat *Universal Material Testing Apparatus* (UMATTA) pada temperatur 20°C dengan waktu pembebanan *124 mili seconds (ms)*. Benda uji hasil pemadatan dengan alat Marshall yang ditumbuk 50 kali pada masing – masing sisi, dikondisikan dulu dalam ruang dengan temperatur yang sama dengan temperatur pengujian (Vos, 1992). Hasil pengujian modulus disajikan pada Gambar 8. Terlihat bahwa modulus campuran SMA ini bertambah sejalan dengan bertambahnya kadar Asbuton dalam campuran. Kenaikan nilai modulus dikarenakan kenaikan kekakuan campuran aspal yang ditambah dengan aspal Asbuton.



Gambar 8. Hubungan modulus SMA dengan kadar Asbuton dalam aspal campuran

Ketahanan terhadap alur

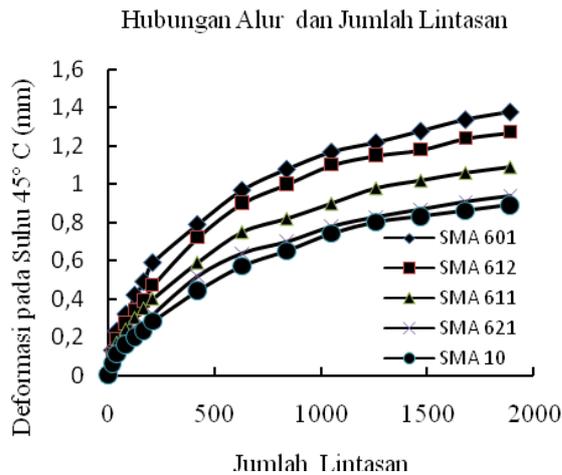
Ketahanan terhadap alur dari campuran SMA ini, diuji dengan menggunakan alat *Wheel Tracking* (Japan Road Association, 1980) , dimana benda uji berukuran $30 \times 30 \times 5$ cm dibebani dengan beban bergerak sebesar $6,4 \pm 0,15$ kg/cm² melalui roda berdiameter 20 cm, lebar roda 5 cm, dengan tebal roda karet 1,5 cm yang bergerak dengan kecepatan $21 \pm 0,2$ siklus /menit. Pengujian dilakukan pada ruangan tertentu dengan temperatur pengujian 45°C , selama 45 menit. Selama pengujian berlangsung, kedalaman alur yang terjadi dicatat secara otomatis, sehingga dapat digambarkan perkembangan alur selama pengujian. Hasil pengujian alur, dapat digunakan untuk menghitung Stabilitas Dinamis dari campuran tersebut, dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Stabilitas dinamis} = \frac{42(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \dots\dots (1)$$

dengan:

- t_2 = waktu pengujian pada 45 menit
- t_1 = waktu pengujian pada 30 menit
- d_2 = alur pada waktu pengujian 45 menit
- d_1 = alur pada waktu pengujian 30 menit

Hasil pengujian ketahanan alur diperlihatkan pada Gambar 9. Terlihat bahwa kedalaman alur pada campuran SMA yang mengandung Asbuton yang lebih banyak, lebih kecil dari pada campuran dengan Asbuton yang lebih sedikit ataupun tanpa Asbuton. Nilai Stabilitas Dinamis dari masing masing benda uji dengan kadar Asbuton yang berbeda, dihitung dengan menggunakan persamaan (1), dan diperlihatkan pada Tabel 5.



Gambar 9. Besar alur pada temperatur pengujian 45°C

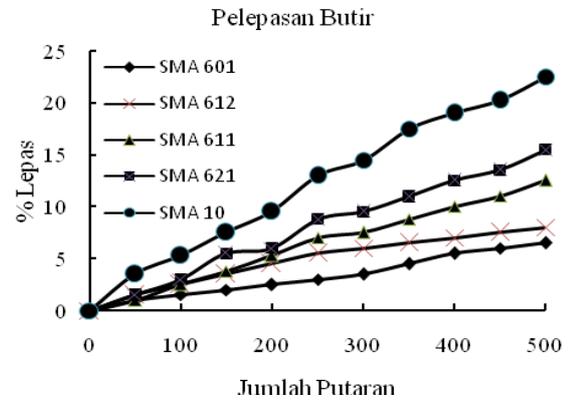
Tabel 5. Stabilitas dinamis dari campuran SMA dengan kadar aspal Asbuton yang berbeda

Kode campuran	Kadar aspal Asbuton semi ekstraksi (%) thd aspal	Stabilitas dinamis (lintasan/mm)
SMA 601	0	3937
SMA 612	33,3	5250
SMA 611	50	5727
SMA621	66,7	5728
SMA 10	100	7000

Ketahanan terhadap pelepasan butir

Untuk mengetahui ketahanan campuran SMA ini terhadap pelepasan butir, dilakukan pengujian pelepasan butir yang dikenal dengan metoda Cantabro. Sesuai prinsip dari pengujian ini, yaitu benda uji hasil pemadatan dengan metoda Marshall, dimasukkan kedalam alat Abrasi *Los Angeles*, dan diputar sebanyak 300 putaran. Dengan mengetahui berat awal dan berat benda uji setelah pengujian, dapat dihitung pelepasan butir yang terjadi (CEN TC 227/WG1,1995). Untuk lebih mengetahui ketahanan campuran, pengujian dilakukan dengan menambah putaran pada *Los Angeles*

Abrasion Machine menjadi 500 putaran, dengan pengukuran pelepasan butir setiap 50 putaran. Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai pelepasan partikel dari SMA pada berbagai jumlah putaran

Terlihat dari Gambar 10, pelepasan butir semakin membesar seiring dengan jumlah pertambahan putaran pada alat abrasi. Semakin tinggi kadar aspal Asbuton dalam kandungan aspal campuran, semakin besar pelepasan butir yang terjadi. Hal ini ditunjukkan dengan grafik pelepasan butir dari benda uji dengan kadar Asbuton yang tinggi berada diatas grafik pelepasan butir dengan kadar Asbuton yang lebih rendah. Keadaan ini berarti penambahan Asbuton pada aspal pen 60, menurunkan ketahanan lekat dari campuran aspal tersebut.

Nilai kehilangan partikel (*particle loss*) dari masing masing campuran, dengan kadar asbuton yang berbeda – beda, yang merupakan persentase kehilangan berat dari benda uji setelah 300 putaran, terhadap berat asli sebelum pengujian, (CEN TC 227/WG1,1995) diperlihatkan pada Tabel 6. Dari Tabel tersebut terlihat, bahwa semakin besar kadar Asbuton, semakin besar pula nilai kehilangan partikelnya.

Tabel 6. Pengaruh kadar aspal Asbuton semi ekstraksi terhadap pelepasan partikel campuran SMA

Kode campuran	Kadar aspal asbuton semi ekstraksi (%)	pelepasan butir (%)
SMA 01	0	3,5
SMA 612	33,3	6
SMA 611	50	7,5
SMA 621	66,7	9,5
SMA 10	100	14,5

PEMBAHASAN

Penambahan aspal Asbuton terhadap aspal pen 60, merubah sifat – sifat rheologi campuran aspal tersebut, seperti turunnya nilai penetrasi maupun naiknya titik lembek. Kenaikkan nilai nilai tersebut dikarenakan aspal Asbuton mempunyai nilai penetrasi yang lebih rendah dan titik lembek yang lebih tinggi dari aspal pen 60. Hal ini sejalan dengan rumus – rumus pencampuran dua aspal yang berbeda, walaupun tidak persis sama seperti yang disampaikan oleh Whiteoak (1990), dimana persamaan untuk penetrasi dan titik lembek campuran tersebut, adalah :

Penetrasi campuran

$$\text{Log } P = \frac{A \log P_a + B \log P_b}{100} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

- P = Penetrasi dari aspal campuran
- P_a = Penetrasi dari aspal a
- P_b = Penetrasi dari aspal b
- A = Persentase aspal “a” dalam campuran
- B = Persentase aspal “b” dalam campuran

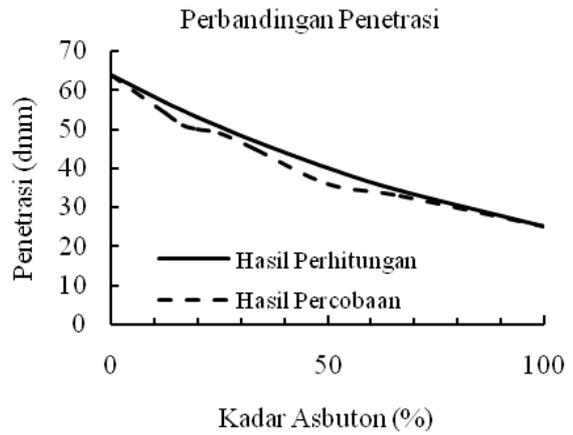
Titik Lembek campuran

$$S = \frac{AS_a + BS_b}{100} \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

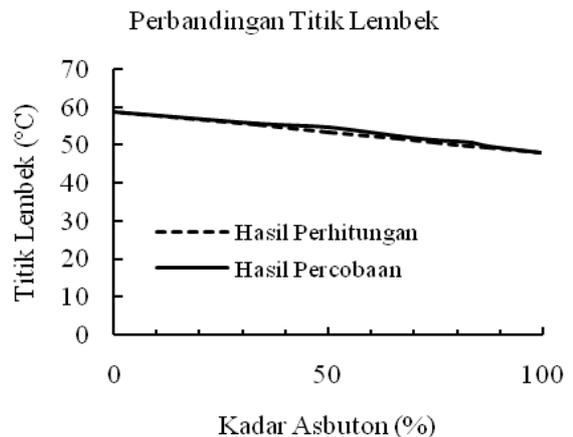
- S = Titik lembek dari aspal campuran
- S_a = Titik lembek dari aspal a
- S_b = Titik lembek dari aspal b
- A = Persentase aspal “a” dalam campuran
- B = Persentase aspal “b” dalam campuran

Perbandingan masing – masing nilai penetrasi dan titik lembek hasil percobaan dan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diatas, ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Perbandingan penetrasi hasil percobaan dan perhitungan

Terlihat nilai penetrasi maupun titik lembek hasil pengujian laboratorium sangat dekat sekali dengan hasil perhitungan dengan rumus - rumus (2) dan (3) di atas. Hal ini dikarenakan, aspal Asbuton masih bersifat seperti aspal biasa (Rahman, 2010).



Gambar 12. Perbandingan titik lembek hasil percobaan dan perhitungan

Penurunan penetrasi dan kenaikan titik lembek menguntungkan untuk campuran SMA, karena aspal pada SMA harus lebih kaku (*stiff*) untuk mencegah pengaliran pada waktu pengangkutan dan pemadatan serta mencegah *flushing* pada masa-masa awal perkerasan dilalui lalu lintas.

Nilai Indeks Penetrasi aspal campuran antara aspal Pen 60 dengan aspal Asbuton, yang semakin besar sejalan dengan bertambahnya aspal Asbuton, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini juga memberikan keuntungan, karena sifat aspal campuran tersebut tidak mudah mengalami perubahan akibat perubahan temperatur (*low temperature susceptible*).

Temperatur pencampuran dan pemadatan yang tinggi dari aspal Pen 60 dengan penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, merupakan hal yang wajar sesuai dengan tuntutan dari campuran SMA yang menginginkan aspal lebih kaku. Hal ini sejalan dengan sifat aspal lainnya untuk SMA seperti yang dikemukakan oleh Colorado Asphalt Pavement Association (2002), dimana temperatur pemadatan campuran untuk SMA di Colorado antara 128 °C dan 145°C.

Melihat hasil Indeks Penuaan pada aspal campuran sebagaimana disajikan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa kerugian dari sifat aspal tersebut dibanding dengan aspal Pen 60, adalah kecenderungan menjadi rapuh, walaupun tingkatannya sangat rendah. Hal ini bisa difahami, karena aspal Asbuton merupakan minyak bumi yang tertekan keatas permukaan, melalui rekahan rekahan lapisan tanah dan lama kelamaan bagian minyak ringannya menguap, meninggalkan bagian kerasnya saja, akibat terus menerus mengalami pengaruh dari alam seperti panas dan hujan.

Stiffness Modulus dari campuran yang diuji dengan alat UMATTA, telah menunjukkan kenaikan nilai modulus sejalan dengan penambahan kadar aspal Asbuton dalam aspal campuran. Hal ini dikarenakan kekakuan aspal campuran yang lebih tinggi dibanding aspal Pen 60, sebagaimana yang ditunjukkan oleh hasil penetrasi, titik lembek dan nilai Indeks Penetrasi dari aspal campuran tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Heukelom and Klomp (Yoder et al., 1975) dimana modulus kekakuan campuran beraspal akan semakin besar dengan naiknya kekakuan aspalnya sendiri, sebagaimana dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

$$S_{mix} = S_{bit} \left[1 + \frac{2,5}{n} x \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

$$n = 0,83 \log \left[\frac{4x10^4}{S_{bit}} \right]$$

$$C_v = \frac{VolumeAgregat}{VolumeAgregat + VolumeAspal}$$

S_{mix} = modulus kekakuan campuran, MPa

S_{bit} = modulus kekakuan bitumen, MPa

Nomogram hubungan antara kekakuan campuran beraspal dan kekakuan aspal dari Shell sebagaimana disajikan oleh Whiteoak (1990), juga menunjukkan pula bahwa semakin besar kekakuan aspal, maka semakin besar pula nilai kekakuan modulus campuran beraspal nya.

Penambahan aspal Asbuton terhadap aspal Pen 60 ini, menyebabkan ketahanan terhadap pelepasan butir semakin tinggi, yang diperkirakan disebabkan oleh kekakuan dan penuaan aspal campuran tersebut. Besar pelepasan butir yang berkisar antara 3,5 % sampai 9,5% untuk kadar aspal Asbuton dalam aspal campuran dari nol sampai 66,7%, masih lebih kecil dari persyaratan maksimum yang digunakan oleh Jepang misalnya, dimana batas maksimum 20%. (Mitsubishi Corporation, 2010).

Ketahanan terhadap deformasi, dengan adanya penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi ini, menunjukkan penambahan ketahanan yang cukup signifikan. Hal ini bisa dilihat dari nilai deformasi hasil pengujian *Wheel Tracking*. Pada campuran yang mengandung kadar aspal Asbuton yang lebih tinggi selalu memberikan deformasi yang lebih kecil. Indikator lainnya peningkatan Stabilitas Dinamis yang bisa mencapai 1,34 sampai 1,45 kalinya, untuk campuran SMA yang mengandung aspal Asbuton semi ekstraksi terhadap aspal campuran SMA dengan aspal Pen. 60 saja.

Terlihat juga nilai Stabilitas Dinamis yang dicapai oleh campuran SMA, jauh lebih besar dari persyaratan Stabilitas Dinamis beton aspal untuk lalu lintas berat sebesar minimum 2500 lintasan/mm, sebagaimana syarat pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan dan uraian diatas, dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Kesimpulan

1. Penambahan aspal Asbuton semi ekstraksi terhadap aspal Pen 60, menjadikan aspal lebih kaku, lebih tahan terhadap perubahan temperatur, tetapi cenderung lebih rapuh, dan memerlukan temperatur yang tinggi untuk pencampuran maupun pemadatan.
2. Campuran SMA dengan bahan pengikat aspal yang ditambah dengan aspal Asbuton semi ekstraksi, mempunyai sifat ketahanan terhadap alur yang lebih baik, menjadikan Modulus semakin meningkat, sifat pengaliran aspal yang lebih baik, sehingga masalah proses pengangkutan dan pemadatan campuran yang berkaitan dengan pengaliran aspal akan lebih mudah ditangani.
3. SMA dengan bahan pengikat aspal Pen 60 yang ditambah aspal Asbuton semi ekstraksi, akan mengurangi masalah *flushing*, dikarenakan aspal campuran tidak terlalu terpengaruh oleh temperatur (*low temperature susceptible*).
4. Campuran SMA dengan penambahan aspal Asbuton, menjadikan ketahanan campuran SMA terhadap pelepasan butirnya menurun, walaupun masih dibawah batas maksimum yang ditetapkan.
5. Konsumsi bahan bakar untuk pembuatan SMA akan menjadi lebih besar, dikarenakan pemanasan yang diperlukan lebih tinggi dari campuran yang menggunakan aspal keras saja.

Saran

1. Untuk mengetahui sifat SMA secara keseluruhan, perlu dilakukan pengujian tambahan lainnya yaitu ketahanan terhadap beban berulang (*fatigue*) pada berbagai kadar aspal Asbuton semi ekstraksi dan pada berbagai besar beban regangan awal.
2. Penentuan kadar aspal Asbuton semi ekstraksi, sebaiknya di ambil seminimal mungkin, tetapi masih memberikan sifat –

sifat aspal maupun campuran SMA yang diinginkan, sekaligus untuk menghemat penggunaan bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO Provisional Standards. 2004. *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Washington DC: AASHTO.
- Affandi, Furqon. 2008.: Karakteristik asbuton butir pada campuran beraspal panas. *Jurnal Jalan – Jembatan*: Volume 25 No 3, Desember 2008. pp 350-368
- _____ 2009.. Sifat campuran beraspal panas dengan asbuton butir. *Jurnal Jalan – Jembatan*: Volume 26 No 2, Agustus 2009. pp 93-106.
- Asphalt Institute. 1993. *Mix Design Method for Asphalt Concrete and other hot - mix type, MS – 2*. Lexington: The Asphalt Institute. .
- Austroad. 2004. *Stone Mastic Asphalt, Technical note 16*. (April 2004). Sydney: Arrb. Transport Research.
- Behbahani, H., Nowbakht, S., Fazaeli, H. and Rahmani, J. 2009. Effects of Fiber and content on the rutting performance of Stone Matrix Asphalt. *Journal of Applied Sciences* 9 (10). 1980 -1984.
- CEN TC 227/WG 1. 1995. Test particle loss from porous asphalt. *Testing Bitumen. Materials*. TG 2 Reference Number 1.15, tc 227 Work Item 227123.
- Cilaya., Brandon, Joseph., Haddock, John E. 2006. *Investigation of coarse aggregate strength for use in stone matrix asphalt*. FHWA/IN/JTRP/ 2006-4.(2006). West Lafayette: FHWA.
- Colorado Asphalt Pavement Association. 2002. *Stone Mastic Asphalt*. Transferring The Technology to Colorado and Update Report. Maryland: CAPA.
- Cooley, L. Allen Jr., Curley ., Graham, C. 2004. *Potential of using stone matrix asphalt (SMA) in Mississippi*. National Center for Asphalt Technology.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Spesifikasi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Dep. Pekerjaan Umum.

- Department of Transport. 2008. *Stone Mastic Asphalt*. Queensland Government.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. Arah kebijakan pengembangan jaringan jalan untuk meningkatkan daya saing produksi nasional. *Kolokium Puslitbang Jalan dan Jembatan*. Bandung : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Japan Road Association. 1980. *Manual Design and Construction of Asphalt Pavement*. Tokyo: Japan Road Association.
- Lees, G. 1982. *Properties, design and testing of bituminous*. Birmingham: University of Birmingham. Internal Publication.
- Mitsubishi Corporation. 2010. *Porous asphalt pavement*. Tokyo: Taiyu Kensetsu, Co., Ltd
- Muniandy, Ratnasamy. and Huat, Bujang B.K. 2006. Laboratory Diametral fatigue performance of Stone Matrix Asphalt with cellulose oil palm fiber. *American Journal of Applied Sciences*. 3 (9) :2005 - 2010, 2006. (2006). Science Publication
- Nunn. 1994. *U.K Specification of Stone Mastic Asphalt*.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2005. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*. Divisi 6 Perkerasan Beraspal. Jakarta : Balitbang.
- Rademaker, Mark. 1996. *Evaluation of Stone Matrix Asphalt*. Springfield: Department of Transport.
- Radia, Effendi., Suaryana, Nyoman., Siegfred. 2008. *Laporan Penimbangan ruas jalan Keliran Jao – Koto Baru, Sumatera Barat*. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Rahman, Harmein. 2010. "Evaluasi Model Modulus Bitumen Asbuton Dan Modulus Campuran Yang Mengandung Bitumen Asbuton". Bandung, Diss. Institut Teknologi Bandung.
- Sjahdanulirwan dan Nono. 2009. *Kaji ulang metoda perencanaan perkerasan lentur dan kaku*. Laporan akhir 2009. Bandung : Puslitbang Jalan Jembatan.
- Vos, Rob., Van Den Sen., Martin. Van Rossmann, Dennis. 1998. *Stone Mastic Asphalt*.
- Vos, K.B. 1992. *UMATTA, Universal Material Testing Apparatus For Asphalt And Unbound Specimens*. IPC. Australia: Boronia.
- Whiteoak. David. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Surrey: Shell Bitumen.
- Widayat, Joko. 2010. *Road Map Perkerasan Lentur*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Willoughby, Kim. 2000. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Washington: Washington State Department of Transportation.
- Wue. 2002. *Summary of Georgia's Experience with Stone Matrix Asphalt Mixes*. Georgia: Georgia Department of Transportation.
- Xie, Hongbin., Cooley, L. Allen Jr., Huner, Michael H. 2003. *4,75 mm NMA stone matrix asphalt (mixtures)*. NCAT Report 03-05. Auburn University.
- Yamin, Anwar., Siegfred., Affandi, Furqon. 2004. *Perkiraan Faktor Daya Rusak kendaraan pada ruas jalan Semarang – Demak dan Yogyakarta – Tempel, Propinsi Jawa Tengah*. Laporan Pengkajian. Bandung: Puslitbang Prasarana Transportasi.
- Yoder, E.J and Witzack, M.W, 1975. *Principle of Pavement Design*. New York: John Wiley and Sons, Inc.