

ASBUTON PELET SEBAGAI BAHAN TAMBAH UNTUK MEMPERBAIKI SIFAT ASPAL DAN CAMPURAN BERASPAL (*ASBUTON PELLETS AS ADDITIVE FOR IMPROVING ASPHALT PROPERTIES AND ASPHALT MIXTURES*)

Madi Hermadi¹⁾, Kurniadji²⁾

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

^{1), 2)} Jl. A.H. Nasution 264, Bandung 40294

¹⁾ e-mail: madi.hermadi@pusjatan.pu.go.id,

²⁾ e-mail: kurniadji@pusjatan.pu.go.id

Diterima: 15 Januari 2014; direvisi: 20 Maret 2014; disetujui: 04 April 2014

ABSTRAK

Keruntuhan lapis perkerasan beraspal yang diakibatkan oleh temperatur tinggi dan beban berat berupa ketidaktahanan terhadap deformasi permanen dan retak lelah. Untuk menanggulangi hal tersebut maka salah satu cara adalah dengan menambahkan Asbuton semi ekstraksi kedalam campuran beraspal. Penambahan Asbuton semi ekstraksi akan menurunkan nilai penetrasi dan meningkatkan nilai titik lembek aspal sehingga campuran menjadi lebih tahan terhadap kerusakan deformasi permanen. Selama ini Asbuton semi ekstraksi yang sudah banyak digunakan adalah dalam bentuk pra-campur (20% Asbuton semi ekstraksi: 80% aspal minyak). Kendala dalam bentuk ini adalah terjadinya pengendapan mineral Asbuton pada ketel aspal. Untuk menghindari permasalahan tersebut maka dibuat Asbuton semi ekstraksi dalam bentuk pelet yang penggunaannya di Asphalt Mixing Plant (AMP) langsung ditambahkan ke dalam campuran di pugmil melalui bin khusus. Untuk mengetahui sampai sejauh mana efektifitas penambahan Asbuton pelet maka telah dilakukan pengkajian terhadap sifat aspal minyak yang mengandung Asbuton pelet 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% serta terhadap sifat campuran yang menggunakan aspal dengan kandungan Asbuton pelet 0%, 15% dan 20%. Hasil pengkajian menunjukkan bahwa makin tinggi kandungan Asbuton pelet maka nilai penetrasi aspal makin rendah dan nilai titik lembek makin tinggi. Sedangkan sifat campuran menunjukkan makin tinggi kandungan Asbuton pelet akan menyebabkan makin tinggi nilai stabilitas Marshall, modulus resilien dan stabilitas dinamis. Kesimpulan yang diperoleh yaitu kandungan Asbuton pelet optimum adalah 15% diperoleh setelah dievaluasi pula hasil uji kelelahan yang menunjukkan bahwa ketahanan campuran dengan 20% Asbuton pelet lebih rendah sedangkan campuran dengan 15% Asbuton pelet relatif sama bila dibandingkan dengan ketahanan campuran tanpa Asbuton pelet.

Kata kunci: Asbuton pelet, campuran beraspal, modulus resilien, uji kelelahan, stabilitas dinamis

ABSTRACT

Failure of asphalt pavement, that caused by high pavement temperatures and heavy traffic loads, is in the form of permanent deformation and fatigue cracking. The problems can be solved by adding semi-extraction Asbuton into the asphalt mixture. The addition of semi extraction Asbuton will decrease penetration value and increase softening point value of the asphalt. Therefore, the mixture becomes more resistant to permanent deformation damage. Curently, semi extraction Asbuton in the market is in the form of pre-blended asphalt (20% semi extraction Asbuton: 80% petroleum asphalt). A constraint of this form is sedimentation of the Asbuton mineral in the asphalt kettle. To avoid this problem, semi extraction Asbuton is produced in the form of pellets to be added from a special cold bin directly into the asphalt mixture in the pugmill of Asphalt Mixing Plant (AMP). To find out the effectiveness of Asbuton pellets, characteristics of petroleum asphalts with 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% Asbuton pellets and the mixture performance with the 0%, 15% and 20% Asbuton pellets were investigated. The results indicated that higher Asbuton pellets content caused lower penetration value and higher softening point value of the asphalt while Marshall Stability, resilient modulus and dynamic stability of the mixture were

higher. The conclusion, that the optimum content of Asbuton pellets is 15%, was obtained base on fatigue characteristic of the mixture. The mixture with 20% Asbuton pellets in the asphalt was less resistant to fatigue while with 15% Asbuton pellets was similar comparing with the mixture without Asbuton pellets.

Keywords: *Asbuton pellets, asphalt mixture, resilient modulus, fatigue, dynamic stability*

PENDAHULUAN

Pada beberapa lokasi di Indonesia, perkerasan jalan beraspal terjadi keruntuhan dini akibat dari temperatur tinggi dan beban berat di lapangan. Secara umum ada dua jenis keruntuhan perkerasan jalan beraspal. Pertama, ketidak tahanan perkerasan terhadap retak akibat prosentase aspal dalam campuran yang relatif rendah dan tingginya persentase rongga dalam campuran. Kedua, ketidaktahanan perkerasan terhadap deformasi akibat aspal terlalu kaku, prosentase aspal dalam campuran tinggi, dan rongga udara dalam campuran rendah.

Untuk menanggulangi keruntuhan dini campuran beraspal, apabila sudah tidak dapat ditanggulangi dengan memperbaiki *properties* campuran beraspal antara lain dengan merubah proporsi aspal dan agregat, maka dapat pula dengan menggunakan bahan tambah yang telah direkomendasikan untuk memodifikasi aspal yang sekaligus juga untuk memperbaiki kinerja campuran beraspal.

Bahan tambah yang dapat digunakan untuk memodifikasi aspal diantaranya adalah polimer. Aspal yang dimodifikasi dengan bahan tambah polimer biasa disebut sebagai aspal polimer. Saat ini, ada dua jenis polimer yang umum digunakan untuk memodifikasi aspal yaitu polimer jenis elastomer dan polimer jenis plastomer. Aspal polimer memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kerusakan deformasi dan retak. Namun, kendala yang sering ditemui pada aspal polimer adalah pada saat penyimpanan pada ketel bertemperatur tinggi, mengalami pemisahan. fraksi padat (*asphalten*) aspal turun dan berada pada bagian bawah, sedangkan polimer dan fraksi cair (*maltene*) aspal berada pada bagian atas.

Karena ada kelemahan pada aspal yang dimodifikasi polimer maka sebagai alternatif

dikaji pula aspal yang dimodifikasi oleh Asbuton semi ekstraksi jenis pelet sebagaimana yang disajikan pada tulisan ini. Dipilihnya Asbuton pelet ini karena pada pelaksanaan pencampuran dengan agregat di unit pencampur aspal (*Asphalt Mixing Plant, AMP*) lebih praktis dibanding Asbuton semi ekstraksi bentuk *pre-blended* (pra-campur) yang selama ini sudah banyak digunakan pada berbagai proyek jalan. Pada penggunaan Asbuton semi ekstraksi jenis *pre-blended*, aspal minyak pen 60 yang sudah dicampur di pabrik dengan Asbuton semi ekstraksi dengan perbandingan 80:20 seringkali menimbulkan permasalahan terjadinya pengendapan atau penyumbatan pipa oleh mineral Asbuton yang terdapat pada Asbuton *pre-blended* sebesar sekitar 10%. Pada jenis pelet, kendala pengendapan dan penyumbatan oleh mineral tersebut tidak terjadi karena Asbuton pelet dimasukan dari *cold bin* khusus langsung ke dalam alat pencampur panas untuk dicampur dengan agregat dan aspal pen 60 pada keadaan panas.

KAJIAN PUSTAKA

Kinerja aspal dan hubungannya dengan kinerja campuran beraspal

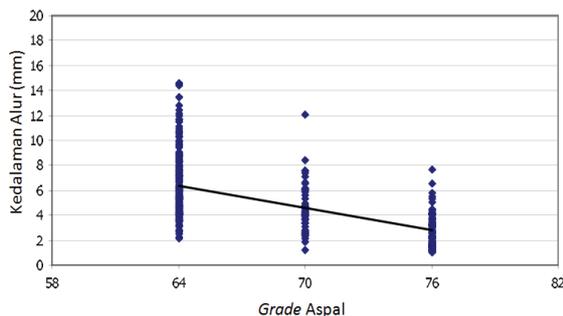
Berbagai jenis kerusakan pada campuran panas beraspal telah banyak dilaporkan. Jenis kerusakan yang umum terjadi adalah deformasi permanen (*rutting*), retak lelah (*fatigue cracking*), retak pada temperatur rendah (*low temperature cracking*), kerentanan terhadap air (*moisture susceptibility*), dan friksi (*friction*) (Brown 2001). Kerusakan dini juga banyak terjadi karena lokasi berupa tanjakan dengan lalu lintas berat dan waktu pembebanan lama seperti pada saat kecepatan kendaraan rendah.

Di Indonesia, khususnya di Jalan Pantura (Pantai Utara Pulau Jawa) kerusakan yang

dominan berupa deformasi dan retak leleh. Hal tersebut dapat dipahami karena Indonesia beriklim tropis dengan curah hujan tinggi dan sinar matahari terjadi sepanjang tahun sehingga pada beberapa ruas jalan tertentu setelah mengakomodir beban dan kecepatan lalu lintas maka temperatur Kelas Kinerja (*Performance Grade*) aspal tertinggi dapat mencapai sekitar 70°C dan terendah sekitar 22°C (Nono dan Hermadi 2012).

Aspal minyak standar yang sekarang diproduksi kilang-kilang minyak, kenyataannya umumnya memiliki kelas kinerja lebih rendah yaitu PG 58 sehingga untuk memperoleh campuran beraspal sesuai rencana aspal tersebut perlu perbaikan dengan bahan tambah.

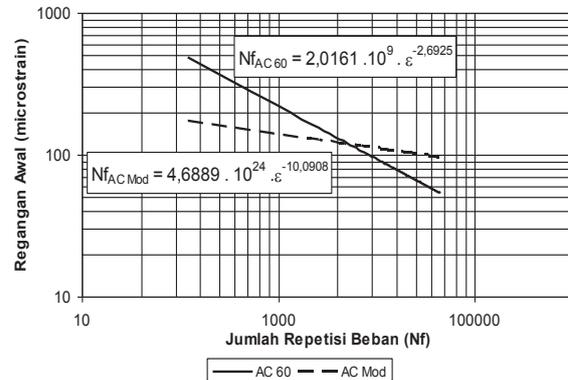
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Brian D. Prowell yang dikutip Nono dkk (2005) diperoleh bahwa untuk gradasi agregat dan kadar aspal yang sama tetapi menggunakan bahan pengikat aspal yang memiliki kinerja aspal yang bervariasi (dinyatakan dalam jenis PG yang berbeda), maka kualitas campuran dengan bahan pengikat yang mempunyai PG tinggi lebih tahan terhadap alur. Hal tersebut sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan kedalaman alur dengan grade aspal (Williams 2003)

Hasil pengkajian yang telah dilakukan oleh Kurniadji dkk (2006) diperoleh bahwa ketahanan retak leleh campuran beraspal dengan bahan pengikat yang telah dimodifikasi Asbuton (*AC Mod*) lebih baik (lebih tahan lama) dibandingkan ketahanan retak leleh untuk campuran dengan aspal minyak untuk lalu lintas dengan beban yang ringan sedangkan

untuk beban berat campuran AC 60 (aspal Pen 60) lebih tahan retak dibandingkan dengan Aspal modifikasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara regangan awal dengan repetisi beban campuran

Kondisi seperti ini juga sangat tergantung pada sumber dan jenis Asbuton yang digunakan. Ada kalanya dari uji ketahanan terhadap retak leleh menunjukkan campuran beraspal dengan bahan tambah Asbuton hanya lebih tahan pada lalu lintas ringan saja namun pada lalu lintas berat lebih tidak tahan dibanding campuran beraspal tanpa bahan tambah Asbuton.

Campuran beraspal

Secara umum campuran beraspal panas didefinisikan sebagai kombinasi antara agregat yang dicampur merata dan dilapis dengan aspal untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar mudah dicampur dengan baik, maka sebelum pencampuran bahan-bahan tersebut harus dipanaskan.

Berdasarkan definisi di atas, ada tiga faktor yang mempengaruhi kinerja campuran beraspal, yaitu mutu aspal; mutu agregat; dan mutu campuran (sifat volumetrik dan sifat mekanis campuran). Ketiga faktor tersebut merupakan syarat utama yang harus dipenuhi agar diperoleh suatu campuran beraspal panas yang awet, kuat, memiliki kelenturan yang cukup, tahan terhadap retak, kedap air dan mudah dalam pelaksanaannya.

Untuk mengantisipasi kerusakan deformasi plastis pada temperatur tinggi di lapangan dan retak leleh ataupun retak pada temperatur rendah, telah dikembangkan kriteria campuran beraspal panas yang disebut kriteria *Superpave* (Arora dan Kennedy 1997). Kriteria *Superpave* tersebut sangat memperhatikan antisipasi terhadap ketiga jenis kerusakan perkerasan jalan beraspal tersebut. Kriteria ini sebagian besar dijadikan dasar Spesifikasi Umum Bina Marga (Indonesia 2010) yang mengharuskan karakteristik campuran beraspal mempunyai:

1. Kadar aspal yang cukup untuk memperoleh keawetan, dengan rongga terisi aspal (*VFB*) yang tepat.
2. Rongga dalam agregat (*VMA*) dan rongga dalam campuran (*VIM*) yang cukup.
3. Kemudahan pengerjaan yang cukup.
4. Kinerja yang memuaskan selama umur rencana perkerasan.

Sifat-sifat aspal dalam campuran beraspal

Salah satu syarat untuk memperoleh campuran beraspal panas yang memenuhi persyaratan, dalam pelaksanaan pencampuran di *Asphalt Mixing Plant (AMP)* harus memperhatikan pemanasan aspal baik di dalam ketel penyimpanan maupun saat pencampuran dengan agregat sehingga fungsi aspal dalam campuran terpenuhi, antara lain:

1. Sebagai pengikat yang memberikan ikatan yang kuat antara agregat dalam campuran.
2. Sebagai pengisi, berfungsi mengisi rongga antara butir agregat dan rongga yang ada dalam agregat itu sendiri.
3. Sebagai bahan anti air yang menyelimuti permukaan agregat, sehingga mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
4. Sebagai pelumas antar butir agregat saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan pada temperatur tertentu.

Aspal yang ideal adalah aspal yang menghasilkan sifat campuran beraspal dengan kinerja yang baik serta mudah diaplikasikannya. Untuk maksud tersebut maka aspal harus memiliki sifat sebagai berikut:

1. Kekakuan rendah atau viskositas yang cukup sehingga tidak memerlukan temperatur

tinggi pada saat pemompaan, pencampuran dan pemadatan.

2. Kekakuan tinggi pada saat temperatur perkerasan jalan tinggi (musim panas) untuk menghindari alur (*rutting*) dan *shoving*.
3. Kekakuan rendah pada saat temperatur perkerasan jalan rendah (musim dingin) untuk menghindari retak.
4. Kelekatan terhadap agregat yang tinggi untuk menghindari *stripping*.

Model kekakuan aspal telah dikembangkan juga oleh Van der Poel yang disajikan dalam bentuk nomograph dan rumus (Shell Bitumen 1995). Model kekakuan aspal tersebut ditunjukkan pada rumus (1).

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

Keterangan:

$T_{RB}^{(R)}$ = Titik lembek setelah pemulihan ($^{\circ}C$)

T_{asp} = Temperatur lapis beraspal ($^{\circ}C$)

$PI^{(R)}$ = Penetrasi Indeks setelah pemulihan

t_1 = Waktu pembebanan (detik)

persamaan di atas hanya berlaku bila:

$$0,01 \text{ detik} < t_1 < 1 \text{ detik, dan}$$

$$20^{\circ}C < (T_{RB}^{(R)} - T_{asp}) < 60^{\circ}C$$

Untuk mendapatkan karakteristik aspal yang direkomendasikan melalui beberapa pengujian yang terkait dengan kinerja, yaitu:

1. Titik nyala.
2. Kekentalan.
3. *Dynamic Shear*.
4. *Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT)*.
5. *Dynamic Shear* setelah *RTFOT*.
6. *Pressure Aging Vessel Residue (PAVR)*.
7. *Dynamic Shear* setelah *PAVR*.
8. *Creep Stiffness* setelah *PAVR*.
9. *Direct Tension Tester* setelah *PAVR*.

Aspal modifikasi

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Terdapat beberapa jenis bahan tambah untuk memodifikasi aspal antara lain elastomer termoplastik, plastomer termoplastik, polimer termoseting, modifier kimia, fiber, antioksidan, bahan pengisi (*filler*), *anti stripping*, dan aspal alam (Shell Bitumen 1995). Sebelum memilih salah satu jenis bahan tambah, harus dipertimbangkan:

1. Tersedia dalam jumlah yang cukup.
2. Tahan degradasi temperatur saat pencampuran.
3. Tercampur dengan aspal.
4. Memperbaiki ketahanan terhadap pelelehan pada temperatur tinggi tanpa membuat aspal menjadi cair saat pencampuran dan pelapisan atau sangat kaku atau *brittle* pada temperatur rendah.
5. Harganya relatif murah.
6. Memelihara *properties* saat penyimpanan, aplikasi dan pelayanan.
7. Dapat cocok saat diproses dengan alat konvensional.
8. Stabil saat penyimpanan, aplikasi dan pelayanan, bila dilihat dari sifat fisik dan kimia.
9. Tercapainya viskositas saat *coating* atau penyemprotan pada temperatur normal.

Aspal bentuk pelet

Di pasaran, ditinjau dari bentuknya selain aspal minyak (aspal keras) dan aspal cair (aspal *cut back* dan aspal emulsi), dikenal Aspal berbentuk pelet yang merupakan sebuah teknologi inovatif yang dirancang untuk kenyamanan, presisi, kepraktisan, penghematan biaya dan perlindungan lingkungan dalam pengiriman bahan aspal dan aditif untuk berbagai pekerjaan peraspalan (King 2012).

Aspal berbentuk pelet padat dapat mengalir bebas dan dapat diangkut dari pabrik pembuatnya ke lokasi penggunaan disimpan dalam karung atau secara curah.

Pelet dirancang untuk dicampur dengan agregat panas, baik untuk campuran beraspal panas, hangat, atau untuk pekerjaan peraspalan lainnya.

Teknologi aspal berbentuk pelet telah digunakan untuk banyak pekerjaan peraspalan, terutama apabila perlu kebutuhan khusus, seperti lokasi peraspalan yang terpencil, kebutuhan aditif peralatan khusus, untuk menghindari segregasi, mengurangi konsumsi energi tinggi, kelambatan jadwal produksi, bahan limbah, dan keselamatan pekerja.

Teknologi aspal pelet bukanlah bahan untuk memperbaiki aspal, melainkan merupakan sistem pengiriman baru, karena pelet diproduksi di fasilitas pengolahan terpusat/pabrik dan kemudian diangkut ke lokasi pekerjaan pada temperatur udara. Namun demikian apabila di dalam pelet aspal tersebut terdapat bahan tambah seperti polymer, bahan kimia, karet dan lainnya, maka aspal pelet dapat berfungsi sebagai bahan tambah untuk memperbaiki aspal dan campuran beraspal

TLA (Trinidad Lake Asphalt) yang merupakan aspal alam terdeposit di La Brea, Trinidad & Tobago, Mainland Amerika Selatan, umumnya digunakan sebagai aditif aspal minyak. Namun untuk kepraktisan pengiriman dan penggunaan telah juga dibuat dalam bentuk pelet.

Berdasarkan uji Marshall dan PG, telah dibuat spesifikasi *TLA* sesuai ASTM D 5710-03 (ASTM 2011) dan ASTM D6626-09 (ASTM 2011), terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *TLA* pelet

No.	Jenis pengujian	persyaratan	satuan
1.	Penetrasi, 25°C	1 – 4	dmm
2.	Berat jenis, 25°C	1,4	-
3.	Titik lembek	93 - 98	°C

HIPOTESIS

Penambahan Asbuton pelet dalam campuran beraspal akan meningkatkan kualitas aspal dan campuran beraspal.

METODOLOGI

Metodologi kajian penggunaan Asbuton pelet sebagai bahan tambah pada campuran beraspal adalah merupakan kajian eksperimental di laboratorium dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menguji karakteristik Asbuton pelet, aspal minyak pen 60 dan gabungan dari kedua aspal tersebut.
2. Melakukan perencanaan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi optimum campuran yang menggunakan aspal gabungan tersebut dengan metoda Marshall.
3. Menguji karakteristik campuran yang menggunakan aspal gabungan pada komposisi optimum. Pengujian meliputi uji lelah (*fatigue test*), uji deformasi serta uji modulus resilien pada temperatur yang bervariasi.
4. Melakukan analisis dan evaluasi hasil kajian.

Untuk lebih lengkapnya, langkah-langkah kerja pada studi ini dibuat dalam bentuk bagan alir, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir langkah kerja kajian Asbuton bentuk pelet

HASIL DAN ANALISIS

Hasil pengujian Asbuton pelet

Sebelum dilakukan uji coba pengaruh bitumen Asbuton pelet terhadap sifat aspal terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat dari Asbuton pelet tersebut dan sifat bitumennya setelah diekstraksi dan dipulihkan. Hasil pengujian karakteristik Asbuton pelet disajikan pada Tabel 2, sedangkan hasil pengujian karakteristik bitumen Asbuton pelet hasil ekstraksi (ASTM D2172-11) (ASTM 2011) dan pemulihan (ASTM D5404-03) (ASTM 2011) disajikan pada Tabel 3.

Hasil pengujian aspal pen 60 dengan bahan tambah bitumen Asbuton pelet

Pengujian pengaruh bitumen Asbuton pelet yang sudah diekstraksi dan dipulihkan terhadap sifat aspal minyak pen 60 dilakukan dengan menguji karakteristik aspal minyak pen 60 tersebut masing-masing dengan variasi kadar bitumen Asbuton pelet 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.

Hasil pengujian propertis agregat

Untuk keperluan perencanaan campuran beraspal panas, dilakukan pula pengujian propertis agregat. Terdapat tiga jenis agregat yang akan digunakan pada uji coba campuran beraspal yang diambil dari *stockpile*, yaitu agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus, hasil pengujian terhadap agregat tersebut disajikan pada Tabel 5.

Perencanaan campuran beraspal panas

Setelah semua bahan diuji dan memenuhi syarat, dilakukan perencanaan campuran. Spesifikasi yang dipilih adalah campuran beraspal untuk lapis aus (AC-WC) yang mengacu kepada divisi 6.3 pada Spesifikasi Umum Bina Marga (Indonesia 2010).

Tabel 2. Hasil pengujian Asbuton pelet

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
1.	Kadar bitumen	SNI 03-3640-1994	35,5	%
2.	Kadar air	SNI-2490-2008	0,1	%
3.	Analisa saringan mineral	SNI 03-1968-1990		
	• Ukuran saringan No. 30		100	% Lolos
	• Ukuran saringan No. 50		99	% Lolos
	• Ukuran saringan No. 100		92	% Lolos
	• Ukuran saringan No. 200		76	% Lolos

Tabel 3. Karakteristik bitumen Asbuton pelet hasil ekstraksi

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
1.	Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik	SNI 06-2456-1991	12	dmm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	66,9	°C
3.	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit	SNI 06-2432-1991	30	Cm
4.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	SNI-06-2438-1991	99,8	%
5.	Kehilangan berat (<i>TFOT</i>)	SNI 06-2440-1991	0,477	% berat
6.	Penetrasi setelah <i>TFOT</i>	SNI 06-2456-1991	83,3	%
7.	Titik lembek setelah <i>TFOT</i>	SNI 06-2434-1991	71,4	°C
8.	Daktilitas setelah <i>TFOT</i>	SNI 06-2432-1991	16	Cm
9.	Titik nyala (<i>COC</i>)	SNI 06-2433-1991	262	°C
10.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,136	-
11.	Indeks penetrasi	-	-0,556	-
12.	Indeks penetrasi setelah <i>TFOT</i>	-	-0,166	-

Tabel 4. Hasil pengujian *properties* aspal keras pen 60 (AC-60) dan gabungan dengan bitumen Asbuton pelet hasil ekstraksi

No.	Jenis Pengujian	Hasil pengujian <i>properties</i> aspal dengan kandungan bitumen Asbuton berikut:						Satuan
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	
1.	Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik	65	62	61	60	54	45	dmm
2.	Viskositas pada 135°C	401	496	502	622	640	707	cSt
3.	Titik lembek	48,8	49,2	50,2	51,3	52,4	53,7	°C
4.	Indeks penetrasi	-0,882	-0,895	-0,677	-0,442	-0,435	-0,559	-
5.	Daktilitas pada 25°C, 5 cm / menit	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140	cm
6.	Titik nyala (<i>COC</i>)	324	326	326	328	322	319	°C
7.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	99,8	99,5	99,7	99,9	99,4	99,3	%
8.	Berat jenis	1,030	1,047	1,051	1,050	1,055	1,064	-
9.	Kehilangan berat (<i>TFOT</i>)	0,0179	0,2370	0,0389	0,0798	0,1020	0,1319	%
10.	Penetrasi setelah <i>TFOT</i>	84,6	80,6	80,3	80,0	83,3	84,4	%
11.	Titik lembek setelah <i>TFOT</i>	51,9	52,3	53,0	53,0	54,8	55,5	°C
12.	Daktilitas setelah <i>TFOT</i>	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140	cm
13.	Indeks penetrasi setelah <i>TFOT</i>	-0,5099	-0,6406	-0,524	-0,572	-0,314	-0,534	-
14.	Perkiraan suhu pencampuran	154-160	157 - 162	157 - 163	164 - 170	162 - 168	164 - 170	°C
15.	Perkiraan suhu pemadatan	139-146	146 - 151	146 - 151	151 - 156	150 - 156	152 - 158	°C

Tabel 5. Hasil pengujian *properties* dan analisa saringan agregat

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Metode Pengujian			Spesifikasi*)	Satuan
			Agregat kasar	Agregat sedang	Agregat halus		
1.	Abrasi	SNI 03-2417-2008	16	-	-	Max 30 & 40	%
2.	Setara pasir	SNI 03-4428-1997	-	-	61	Min 60	%
3.	Berat jenis						
	<i>Bulk</i>	SNI 03-1969-2008	2,64	2,62	2,53	-	-
	<i>SSD</i>	&	2,69	2,68	2,60	-	-
	<i>Apparent</i>	SNI 03-1970-2008	2,77	2,77	2,73	-	-
4.	Penyerapan	SNI 031969 -2008	1,7	2,0	2,8	Max 3	%
5.	Angularitas agregat halus	SNI 03-6877-2002	-	-	46	Min.45	%
6.	Angularitas agregat kasar	DoT's PTM No.621	100/100	100/100	-	Min 95/90	%
7.	Kelekatan terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	-	95+		Min 95	%
8.	Partikel pipih dan lonjong	RSNI T-01-2005	0,0	0,0	0,0	Max 10	%
9.	Pelapukan	SNI 03-3407-1994	1,8	1,2	2,2	Max 12	%
10.	Material lolos No.200	SNI 03-4142-1996	0,2	0,7	-	Max 1	%
11.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990					
	3/4" (19,1 mm)		100			-	%
	1/2" (12,5 mm)		93	100		-	%
	3/8" (9,5 mm)		31	99	100	-	%
	# 4 (4,76 mm)		1.0	28	98	-	%
	# 8 (2,36 mm)		0.9	6.0	68	-	%
	# 16 (1,18 mm)		0.9	2.8	47	-	%
	# 30 (0,60 mm)		0.8	2.2	34	-	%
	# 50 (0,30 mm)		0.8	1.8	26	-	%
	# 100 (0,149 mm)		0.7	1.2	19	-	%
	# 200 (0,075 mm)		0.6	0.6	14	-	%

*) Sumber: Indonesia (2010)

Gradasi gabungan agregat

Dari 6 varian kadar bitumen Asbuton pelet dipilih tiga varian yaitu 0% bitumen Asbuton pelet yang artinya 100% aspal minyak pen 60 yang diperlukan sebagai pembanding. Dua varian lainnya yaitu 15% dan 20% bitumen Asbuton pelet yang dipilih karena menghasilkan Indeks Penetrasi (*Penetration Index/PI*) paling tinggi yaitu masing-masing -0,442 dan -0,432. Gradasi gabungan masing-masing campuran beraspal untuk masing-masing varian kadar bitumen Asbuton pelet tersebut diperlihatkan pada Tabel 6 dan pada Gambar 4 sampai Gambar 6. Perbedaan gradasi campuran untuk setiap variasi kadar Bitumen Asbuton pelet disebabkan karena yang ditambahkan ke dalam campuran bukan bitumen murni hasil ekstraksi dan pemulihan melainkan Asbuton pelet yang dengan kadar bitumen 35,5% dan mineral 64,5%.

Pengujian campuran beraspal panas

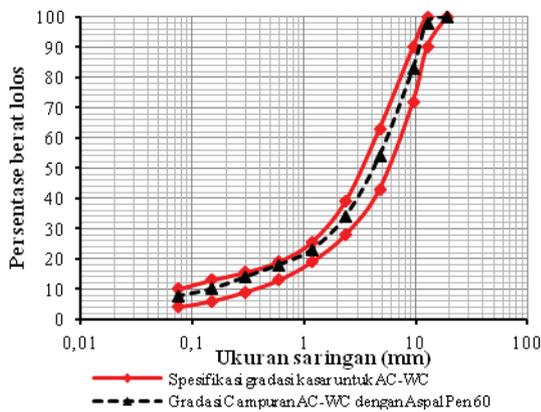
Tahap selanjutnya adalah melakukan penentuan kadar aspal optimum campuran dengan metoda Marshall untuk masing-masing bahan pengikat dengan kadar bitumen Asbuton pelet 0%, 15% dan 20%. Karakteristik Marshall masing-masing jenis campuran tersebut pada kadar aspal optimum disajikan pada Tabel 7.

Setelah diperoleh komposisi optimum masing-masing campuran, selanjutnya dilakukan pengujian kinerja campuran yang meliputi modulus resilien pada temperatur 25°C, 35°C dan 45°C dengan alat *UMATTA*, ketahanan deformasi (stabilitas dinamis) pada temperatur 60°C dengan alat *WTM (Wheel Tracking Machine)*. Hasil pengujian untuk kinerja campuran tersebut disajikan pada Tabel 7 sampai Tabel 9 serta Gambar 7 sampai dengan Gambar 8.

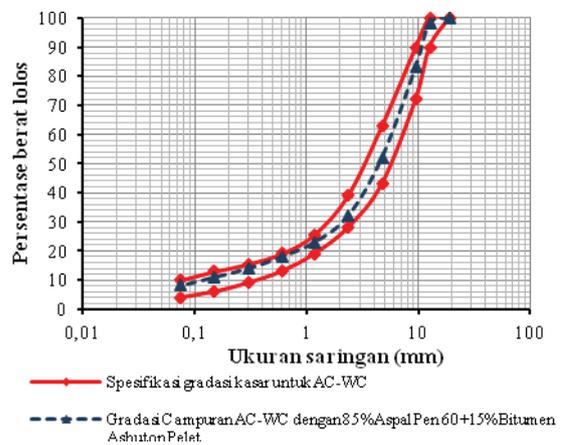
Tabel 6. Gradasi gabungan agregat dan mineral Asbuton pelet

Ukuran Saringan	spesifikasi. Gradasi Campuran *)	Gradasi Gabungan			Satuan
		100% AC	85%AC: 15% bit	80%AC: 20% bit	
3/4"	(19,1mm)	100	100	100	%
1/2"	(12,7 m)	90 -100	98	98	%
3/8"	(9,52mm)	72 - 90	83	83	%
No. 4	(4,75 m)	43 - 63	54	51	%
No. 8	(2,36 m)	28 - 39,1	34	32	%
No. 16	(1,18mm)	19 - 25,6	23	23	%
No. 30	(0,60mm)	13 - 19,1	18	18	%
No. 50	(0,30mm)	9,0 - 15,5	14	15	%
No.100	(0,150mm)	6,0 - 13	10	12	%
No. 200	(0,075mm)	4,0 - 10	7,6	8,9	%

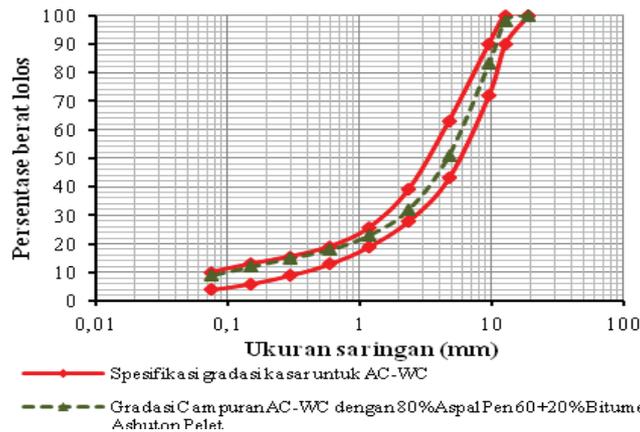
*) Sumber: Indonesia (2010)



Gambar 4. Grafik gradasi gabungan agregat untuk campuran AC-WC menggunakan aspal Pen 60 (0% bitumen Asbuton pelet)



Gambar 5. Grafik gradasi gabungan agregat untuk campuran AC-WC menggunakan 15% bitumen Asbuton pelet



Gambar 6. Grafik gradasi gabungan agregat untuk campuran AC-WC menggunakan 20% bitumen Asbuton pelet

Tabel 7. Hasil uji Marshall

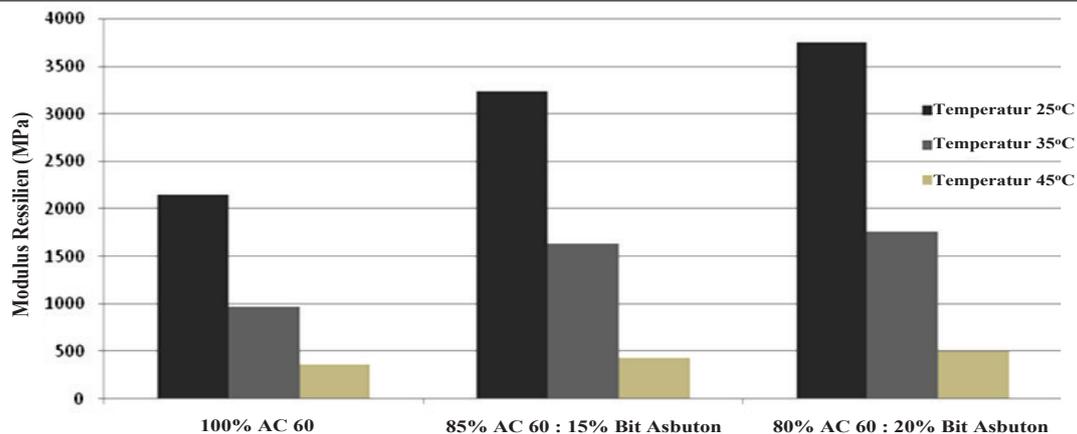
No.	Kriteria Campuran	Campuran AC-WC			Spesifikasi	Satuan
		Aspal Pen 60	85% AC 60: 15% Bitumen Asbuton	80% AC 60: 20% Bitumen Asbuton		
1	Kadar aspal Optimum	5.90	5.90	6.00	-	%
2	Kepadatan	2.290	2.303	2.307	-	gr/cc
3	Rongga terisi aspal (<i>VFB</i>)	73.65	73.78	73.61	Min. 65	%
4	Rongga terhadap campuran <i>VIM</i>	4.45	4.35	4.65	3 - 5	%
5	Rongga terhadap campuran (<i>VIM</i>) <i>PRD</i>	2.58	2.71	2.88	Min. 3	
6	Rongga diantara agregat, <i>VMA</i>	16.94	16.47	17.44	Min. 15	%
7	Stabilitas	899.01	1130.7	1208.6	Min. 1000	kg
8	Kelelehan	3.6	3.52	3.89	Min. 3	mm
9	<i>Marshall Quotient</i>	253.05	321.0	313.4	Min. 300	kg/mm
10	Kadar aspal efektif	5.63	5.55	5.95	Min. 4.3	%

Tabel 8. Hasil uji modulus resilien menggunakan alat *UMATTA*

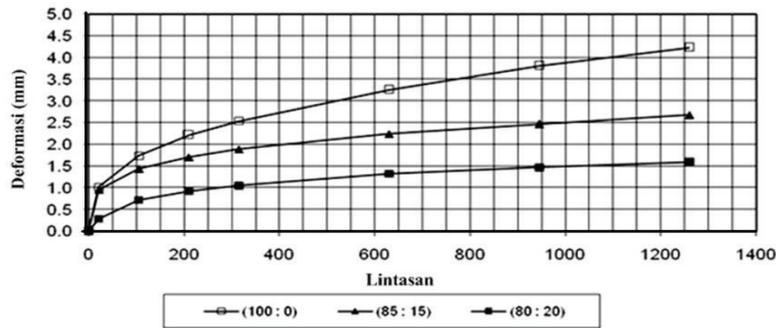
Uraian	Hasil Pengujian			Satuan
	AC 60	85% AC 60 : 15% Bitumen Asbuton	80% AC 60 : 20% Bitumen Asbuton	
Temperatur 25°C	2147	3234	3746	MPa
Temperatur 35°C	971	1637	1762	MPa
Temperatur 45°C	362	432	508	MPa

Tabel 9. Hasil uji alur menggunakan alat *WTM*

Uraian	Hasil Pengujian			Satuan
	AC 60	85% AC 60 : 15% Bitumen Asbuton	80% AC 60 : 20% Bitumen Asbuton	
Stabilitas dinamis	1500	3000	4846	lintasan/mm
Kecepatan deformasi	0,0280	0.0140	0.0087	mm/menit

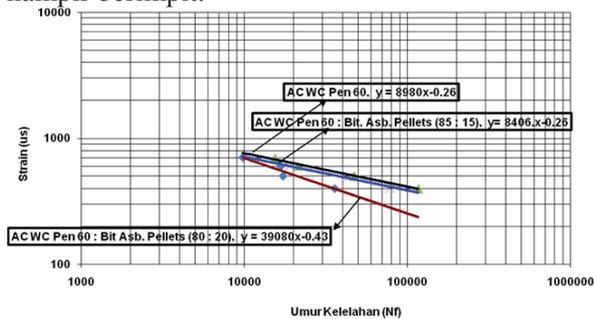


Gambar 7. Hasil uji modulus resilien dengan alat *UMATTA*



Gambar 8. Grafik hubungan deformasi dan jumlah lintasan

Kinerja campuran lainnya adalah ketahanan terhadap lelah (*fatigue*) sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9. Sesuai dengan yang ditunjukkan pada Gambar 9, hubungan antara regangan dan umur kelelahan (Nf) AC-WC 0% dan 15% bitumen Asbuton hampir berimpit.



Gambar 9. Hasil uji kelelahan menggunakan *Beam Fatigue Apparatus*

Pengamatan terhadap temperatur campuran beraspal

Pada umumnya semua jenis campuran beraspal panas akan selalu mengalami penurunan temperatur, terutama campuran beraspal panas yang ditambah dengan Asbuton akan mengalami penurunan temperatur sangat signifikan, sehingga mutu lapisan yang dilapis dengan campuran panas dengan Asbuton sering mengalami kerusakan dini akibat temperatur pemadatan tidak sesuai persyaratan. Oleh karena itu untuk campuran beraspal panas dengan Asbuton pelet setelah dicampur, penurunan temperturnya diamati, hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengamatan temperatur campuran beraspal panas dengan Asbuton pelet

waktu pengamatan ke-1 (jam)	Temperatur campuran awal (°C)	waktu pengamatan ke-2 (jam)	Temperatur setelah didiamkan (°C)	Lamanya perbedaan waktu (jam)	Penurunan temperatur (°C)	Penurunan temperatur tiap jam (°C)
10.50	156	12.50	145	2.00	8.5	4.3
	163		157			
	159		151			
11.05	166	13.30	160	2.25	10.1	4.2
	174		160			
	170		160			
11.30	170	13.45	155	2.15	15.9	7.1
	172		155			
	171		155			
11.45	171	14.00	160	2.55	7.5	2.6
	169		165			
	170		163			
12.05	175	14.28	160	2.23	13.0	5.5
	171		160			
	173		160			
rata-rata	168.69		158			4.7

Pengamatan yang ditampilkan pada Tabel 10 menunjukkan penurunan temperatur campuran beraspal panas yang dimodifikasi Asbuton Butir mengalami penurunan temperatur maksimum 7,1°C dan minimum 2,6°C, bila dirata-ratakan penurunan temperatur campuran adalah 4,7°C tiap jam nya.

PEMBAHASAN

Karakteristik Asbuton pelet dan pengaruhnya terhadap sifat aspal

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2, Asbuton pelet yang digunakan memiliki kadar bitumen 35,5 atau lebih rendah dari kadar bitumen semi-ekstraksi yang merupakan bahan dasarnya dengan kadar bitumen sekitar 55%. Hal ini dikarenakan pada Asbuton pelet telah ditambahkan mineral bahan anti penggumpalan agar aspal semi-ekstraksi tersebut dapat berbentuk pelet dan tidak menggumpal.

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa bitumen Asbuton pelet memiliki nilai penetrasi 12 dmm, titik lembek 67°C dan indeks penetrasi (*PI*) -0,556. Bila dibandingkan dengan aspal minyak pen 60 (0% bitumen Asbuton) yang digunakan, sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 4, bitumen Asbuton pelet lebih keras dan lebih tahan terhadap perubahan temperatur karena memiliki nilai *PI* yang lebih tinggi dibanding aspal minyak pen 60. Namun setelah ditambahkan pada aspal minyak, nilai *PI* terendah terjadi pada penambahan bitumen Asbuton pelet 20% dengan nilai *PI* -0,435. Hal ini mengindikasikan pada 20% kandungan bitumen Asbuton pelet, komposisi fraksi-fraksi dalam aspal mencapai optimum.

Pengaruh Asbuton pelet terhadap sifat campuran

Sebagaimana ditunjukkan oleh data pada Tabel 7, campuran beraspal panas dengan aspal mengandung bitumen Asbuton pelet yang lebih tinggi memiliki stabilitas Marshall dan kelelahan yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan penambahan bitumen Asbuton

pelet dapat meningkatkan kemampuan campuran untuk memikul beban kendaraan yang lebih tinggi. Sedangkan apabila dilihat dari nilai perbandingan Marshall menunjukkan bahwa makin tinggi kadar bitumen Asbuton pelet, maka makin kecil nilai perbandingan Marshall yang berarti campuran beraspal tersebut makin elastis. Ini dimungkinkan sebagai akibat dari tingginya kadar resin dan aromatik dalam bitumen Asbuton, sehingga bitumen Asbuton memiliki sifat kohesi dan adhesi yang lebih tinggi dibanding aspal minyak.

Sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 7, bahwa semakin tinggi kadar bitumen Asbuton pelet, maka makin tinggi nilai modulus resilien, yang berarti dapat memikul beban kendaraan berat. Dari pengujian modulus dengan variasi temperatur, menunjukkan campuran beraspal panas yang ditambah Asbuton pelet lebih tahan terhadap perubahan temperatur, yang ditunjukkan dengan nilai modulus resilien pada temperatur tinggi yang lebih besar dibandingkan dengan campuran beraspal panas dengan aspal pen 60. Hal ini selain sejalan dengan nilai stabilitas Marshall, juga sejalan dengan sifat ketahanan deformasi campuran. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 8, makin tinggi kadar bitumen Asbuton pelet maka campuran makin tahan terhadap deformasi permanen.

Kelebihan ini menunjukkan campuran beraspal menggunakan aspal minyak pen 60 yang ditambah Asbuton pelet dapat digunakan untuk pelapisan pada jalur jalan dengan lalu lintas berat, sedangkan campuran beraspal menggunakan aspal minyak pen 60 dengan nilai stabilitas dinamis kurang dari 2500 lintasan/mm tidak memenuhi syarat untuk pelapisan pada jalur jalan dengan lalu lintas berat.

Campuran beraspal panas dengan menggunakan asbuton pelet memberikan suatu penurunan temperatur relatif sangat kecil dibandingkan dengan campuran asbuton lainnya. Hal ini memberikan keuntungan lokasi penghamparan bisa lebih jauh dari lokasi AMP dibandingkan campuran asbuton lainnya.

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat kelebihan campuran beraspal panas yang

ditambah Asbuton pelet yaitu lebih kaku dan lebih tahan terhadap alur yang diperlihatkan dengan makin tingginya nilai stabilitas Marshall dan *Marshall Quotient* serta lebih kecilnya kedalaman alur dan lebih tingginya stabilitas dinamis seperti yang ditunjukkan dari hasil uji alur menggunakan *Wheel Tracking Machine*.

Pengujian ketahanan terhadap retak lelah pada campuran AC-WC pen 60 dan AC-WC pen 60 ditambah bitumen Asbuton pelet 15% menunjukkan umur kelelahan keduanya relatif sama. Sedangkan campuran dengan 20% bitumen Asbuton pelet memiliki grafik *Nf* yang lebih curam yang berarti umur kelelahannya lebih pendek dibandingkan campuran beraspal dengan 0% dan 15% bitumen Asbuton pelet.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian yang telah dikemukakan dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Dari data uji aspal, bitumen Asbuton pelet memperbaiki karakteristik aspal minyak pen 60, pada perbandingan 85% aspal minyak pen 60 dan 15% bitumen Asbuton pelet yang tadinya mempunyai nilai penetrasi 65 dmm berubah menjadi 60 dmm dengan titik lembek yang tadinya 48,8°C menjadi 51,3°C dan nilai indeks penetrasi yang tadinya -0,882 meningkat menjadi -0,442.
2. Dari uji Marshall, pada kadar aspal optimum yang sama 5,9% pada perbandingan 85% aspal minyak pen 60 dan 15% bitumen Asbuton pelet, meningkatkan karakteristik campuran beraspal, hal ini berdasarkan campuran beraspal sebelum ditambah Asbuton meningkatkan nilai stabilitas, yang sebelumnya 899 kg menjadi 1131 kg dan kelelahan turun dari 3,6 mm menjadi 3,52 mm, sehingga *Marshall Quotient* meningkat, yang sebelumnya 235 kg/mm menjadi 321 kg/mm.
3. Ditinjau dari segi deformasi dan ketahanan terhadap retak lelah serta modulus resilien campuran beraspal yang ditambah Asbuton pelet meningkatkan kinerja. Hal ini

diperlihatkan dengan peningkatan stabilitas dinamis yang tadinya 1500 lintasan/mm menjadi 3000 lintasan/mm, dengan penambahan Asbuton pelet menghasilkan grafik yang sama dengan tanpa Asbuton pelet dan dari hasil uji modulus pada temperatur 25°C terjadi peningkatan yang sebelumnya 2147 MPa menjadi 3234 MPa.

4. Dari data yang diperoleh penambahan Asbuton dalam campuran beraspal dapat digunakan untuk perkerasan jalan dengan lalu lintas berat.
5. Dari pengamatan yang telah dilakukan, penurunan temperatur campuran beraspal yang ditambah Asbuton pelet adalah tertinggi 7,1°C, terendah 2,6°C dan rata-rata per jam 4,7°C.

Saran

Perlu dilakukan uji gelar di lapangan dengan lalu lintas berat untuk penerapan hasil uji di laboratorium sehingga dapat diketahui kinerja yang sebenarnya setelah dilakukan monitoring dan evaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Testing Materials. 2011, Standard Specification for Performance Graded Trinidad Lake Modified Asphalt Binder, ASTM D6626-09. *2011 Annual Book of ASTM Standards*. Volume 04.03. West Conshohocken: ASTM.
- _____. 2011, Standard Specification for Trinidad Lake Modified Asphalt, ASTM D 5710-05. *2011 Annual Book of ASTM Standards*. Volume 04.03. West Conshohocken: ASTM.
- _____. 2011, Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using the Rotary Evaporator, ASTM D 5404-03. *2011 Annual Book of ASTM Standards*. Volume 04.03. West Conshohocken: ASTM.
- _____. 2011. Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures, ASTM D 2172-11, *2011 Annual Book of ASTM Standards*. Volume 04.03. West Conshohocken: ASTM.
- Arora, M. G. and Kennedy, T. W. 1997. SHRP Asphalt Binder Specifications for Saudi

- Environment. In *the Road Construction Rehabilitation and Maintenance Session of the XIIIth IRF World Meeting*, Toronto: IRF
- Brown, E. R., Kandhal, P. S. dan Zhang, J. 2001. *NCAT Report 01-05 Performance Testing for Hot Mix Asphalt*. Alabama: National Center for Asphalt Technology (NCAT) Auburn University
- Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum, Dirjen Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Dokumen Pelelangan Nasional APBN TA 2010 (Revisi-2)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- King, G. 2012. *Asphalt Pellets: An Alternative Delivery System for Asphalt Products*, <http://www.pavingpellets.com/wp-content/uploads/2012/02/asphalt-pellet-white-paper.pdf>.
- Kurniadji dkk. 2006. *Perencanaan, Pengawasan dan Evaluasi Teknik Pada Uji Skala Penuh Asbuton di Pasuruan*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Nono dan Hermadi, M. 2012. “Karakteristik Ketahanan Rutting Aspal Keras Kelas Penetrasi Berdasarkan Kriteria Kelas Kinerja”, *Jurnal Jalan-Jembatan*. Vol 29 No. 3. hal. 150-158
- Nono dkk. 2005. *Pengkajian penanganan Deformasi dan Retak akibat beban Lalu lintas*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Sheel Bitumen. 1995, *The Shell Bitumen Industrial Handbook*. Surrey: Sheel Bitumen.
- Williams, S. G. 2003. *The Effects of HMA Mixture Characteristics on Rutting Susceptibility*, TRB Annual Meeting, Department of Civil Engineering University of Arkansas, p. 14.