

KARAKTERISTIK CAMPURAN ASBUTON DENGAN PENAMBAHAN KEROSENE *Characteristics of the Mixture Containing Buton Granular Asphalt with the Addition of Kerosene*

Ratna Yuniarti*

Abstrak

Salah satu kendala dari penggunaan asbuton adalah aspal pada asbuton terletak dalam rongga antara mineral yang tidak mudah keluar dan mencair. Karena itu, pada asbuton butiran perlu ditambahkan dengan bahan pelunak (*modifier*) yang berfungsi agar aspal tersebut dapat keluar dan mengikat partikel-partikel agregat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran asbuton akibat penambahan kerosene agar diperoleh campuran asbuton dengan kinerja yang optimum. Prosentase kerosene yang ditambahkan adalah 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat asbuton butiran. Parameter yang digunakan untuk menguji kualitas campuran adalah rongga di antara mineral agregat (*voids in the mineral aggregate = VMA*), rongga dalam campuran (*voids in mix = VIM*), rongga yang diselimuti aspal (*voids filled with asphalt = VFA*), stabilitas, kelelahan, dan Marshall Quotient. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan 10% kerosene terhadap asbuton butiran menghasilkan VMA sebesar 16,04%, VIM sebesar 3,56%, VFB sebesar 77,82%, stabilitas Marshall sebesar 2160,4 kg, flow sebesar 3,4 mm dan Marshall Quotient sebesar 644,4 kg/mm. Ditinjau dari persyaratan asphalt concrete-wearing course, hasil pengujian yang diperoleh telah memenuhi ketentuan yang berlaku.

Kata kunci : Kerosene, Pelunak, Asbuton butiran

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki cadangan tambang aspal alam terbesar di dunia yang terletak di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Beberapa jenis asbuton yang saat ini beredar di pasaran adalah asbuton konvensional (B13-B20) 12,5 mm; asbuton halus (B20) 4,75 mm; asbuton mikro (B25) 2,35 mm; buton *rock asphalt* (B20) 1,18 mm; buton *granular asphalt* (B25) 1,18 mm; asbuton mastik; asbuton hasil ekstraksi/refined (B60-B90); asbuton butir (T-5/20; T-15/20; T-15/25; T-20/25; T-30/25). Pada asbuton butir T-5/20 tersebut, angka pertama menunjukkan nilai penetrasi 5 dmm dan angka kedua menunjukkan kadar aspal dalam asbuton rata-rata 20%. Nilai penetrasi adalah angka yang menunjukkan tingkat kekerasan aspal, di mana semakin rendah angka penetrasi maka aspal tersebut semakin keras. Asbuton memiliki beberapa kelebihan antara lain titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal minyak, stabilitas yang lebih tinggi serta deformasi yang lebih rendah. Di samping kelebihan tersebut, asbuton juga memiliki kekurangan, yaitu aspal pada asbuton terperangkap pada mineralnya dan sulit untuk keluar. Karena itu, pada asbuton butiran perlu ditambahkan dengan bahan pelunak (*modifier*) agar aspal pada asbuton dapat keluar dan berfungsi dengan baik sebagai pengikat partikel-partikel agregat.

Salah satu komponen pada *modifier* adalah minyak tanah (*kerosene*). *Kerosene* berfungsi untuk memotong struktur molekul aspal yang panjang agar mudah larut. Selain *kerosene*, digunakan pula *bunker fuel oil* atau *flux oil* yang berfungsi untuk meremajakan aspal sehingga aspal keras dari aspal asbuton akan menjadi aspal yang bersifat viscoelastis (Abdullah, 1998). *Bunker fuel oil* merupakan bahan bakar yang mengandung minyak berat hasil destilasi minyak bumi, dapat berupa *asphaltic base* atau *parafin base*. *Bunker fuel oil* yang biasa digunakan untuk campuran asbuton

* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

adalah dari jenis *asphaltic base*. Adapun *flux oil* merupakan residu destilasi vakum minyak bumi yang dibuat dari *asphaltic base crude oil*, dimana komposisi *fluxoil* terdiri dari *maltene*, minyak berat dan bitumen (aspal murni).

Sejalan dengan konsensus internasional untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, perlu dikembangkan *modifier* dari bahan-bahan yang ramah lingkungan dan dapat dibudidayakan. Karena itu, *modifier* yang digunakan pada penelitian ini adalah *bio-flux oil* yang mengandung minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*). Di samping itu, agar aspal dalam asbuton mudah larut sehingga diperoleh campuran asbuton dengan kinerja yang optimum dalam memikul beban lalu lintas, perlu dilakukan pengkajian mengenai prosentase *kerosen* yang ditambahkan dalam asbuton butiran.

TINJAUAN PUSTAKA

Asbuton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton. Asbuton ini pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi, yaitu berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang porous. Dari sekian banyak lokasi deposit asbuton, lokasi penambangan yang utama adalah di Kabungka dan Lawele. Umumnya, asbuton yang berasal dari Kabungka bersifat keras dan asbuton yang berasal dari Lawele cenderung lebih lunak (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006). Secara kimiawi, asbuton didominasi oleh kalsium karbonat, sedikit magnesium karbonat, kalsium sulfat dan beberapa senyawa lain.

Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari asbuton berbentuk padat yang dipecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Di dalam asbuton terdapat dua unsur utama, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Sifat-sifat asbuton sama halnya dengan aspal padat pada umumnya, yaitu apabila terkena panas akan berubah keadaannya dari keadaan keras menjadi plastis. Sampai suhu 30°C batuan asbuton masih bersifat rapuh atau getas dan mudah pecah. Pada rentang suhu antara 40°C - 50°C, asbuton akan bersifat plastis dan jika dipukul akan sukar pecah. Pada suhu di atas 60°C batu aspal sudah sangat bersifat plastis. Beberapa karakteristik yang dimiliki aspal alam yang berasal dari pulau Buton, antara lain (Dairi, 1992):

a). Partikel asbuton

Partikel asbuton merupakan material yang terdiri dari kombinasi mineral, aspal dan air, berwarna hitam kecokelat-cokelatan, sangat porous dan relatif ringan.

b). Kadar bitumen

Kadar bitumen asbuton sangat bervariasi, tidak teratur (non homogen) dan sulit untuk diperkirakan. Hal tersebut disebabkan karena asbuton merupakan hasil tambang.

c). Kadar air

Sesuai dengan sumbernya yang merupakan aspal alam, kadar air asbuton dipengaruhi oleh sifat porositas partikel, kondisi cuaca dan kelembaban. Pada umumnya kadar air dalam partikel asbuton berkisar antara 2%-15%.

d). Bitumen asbuton

Bitumen murni asbuton diperoleh dengan metode destilasi vakum. Bitumen murni yang diperoleh diuji sifat reologisnya serta komposisi struktur yang terkandung dalam bitumen. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penetrasi, titik lembek dan viskositas bitumen asbuton sangat bervariasi.

e). Mineral asbuton

Pada umumnya mineral asbuton hampir 85% terdiri dari batuan dasar kapur (*limestone*).

Komposisi mineral asbuton dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Komposisi mineral asbuton

Mineral	Kadar (%)
CaCO ₃	81,62 - 85,27
MgCO ₃	1,98 - 2,22
CaSO ₄	1,25 - 1,70
CaS	0,17 - 0,33
SiO ₃	6,95 - 8,20
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,15 - 2,84
Residu	0,83 - 1,12

Sumber : Molenaar, 2002

Kerosene atau *paraffin* adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. *Kerosene* diperoleh dengan cara destilasi fraksional dari minyak mentah. Proses tersebut dilakukan dengan cara minyak mentah dipanaskan di kilang minyak. Uap minyak mentah yang dihasilkan kemudian dialirkan ke bagian bawah menara destilasi yang kemudian bergerak ke atas melewati plat-plat berlubang yang memungkinkan uap lewat. Dalam pergerakannya, uap minyak mentah akan menjadi dingin dan terkondensasi membentuk zat cair pada kisaran suhu tertentu menghasilkan fraksi yang berbeda-beda. Fraksi yang mengandung senyawa dengan titik didih rendah akan terkondensasi di bagian atas menara destilasi, sedangkan fraksi yang mengandung senyawa dengan titik didih tinggi akan terkondensasi di bagian bawah menara. Proses destilasi ringan pada kisaran suhu 110°C menghasilkan *gasoline* (bensin), destilasi sedang pada kisaran suhu 180°C menghasilkan *kerosene* (minyak tanah) dan destilasi berat pada kisaran suhu 260°C menghasilkan *diesel oil* atau minyak solar. Sisa destilasi tersebut menghasilkan aspal untuk bahan perkerasan jalan (Baxter, 1999).

Sebagaimana yang telah dikemukakan sebelumnya, aspal pada asbuton terikat pada mineralnya dan sulit keluar sehingga perlu ditambahkan dengan bahan pelunak (*modifier*). Penggunaan *modifier* dari bahan-bahan alami telah dilakukan oleh sejumlah peneliti. Bailey et al. (2010) menyebutkan bahwa *waste vegetable oil* dapat digunakan untuk meremajakan aspal yang telah mengalami penurunan kualitas. *Waste vegetable oil* tersebut adalah limbah minyak wijen, limbah minyak bunga matahari, limbah minyak kedelai, limbah minyak jagung, limbah minyak sawit atau limbah minyak kacang tanah. Terkait dengan bahan-bahan nabati, Wahyudi dan Yuniarti (2012) menyimpulkan bahwa penggunaan minyak biji jarak sebagai bahan peremajaan pada aspal bekas dapat memperbaiki kinerja campuran daur ulang aspal. Di samping itu, Yuniarti (2012) menyimpulkan bahwa penggunaan *bio-flux oil* dari minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dan bahan nabati

lainnya sebagai *modifier* pada asbuton butiran dapat menghasilkan campuran *asphaltconcrete-wearing course* untuk memikul beban lalu lintas berat.

Dengan penggunaan *modifier* dari bahan alami serta penambahan *kerosene* pada asbuton butiran, diharapkan kinerja campuran akan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan disini adalah penelitian eksperimental di laboratorium dengan prosedur yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Asbuton yang digunakan adalah asbuton butiran jenis T5/20. Agregat kasar dan agregat halus diambil dari stok agregat di pabrik pencampur aspal (*asphalt mixing plant*) di Pringgabaya, Lombok Timur. Campuran yang dibuat adalah *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC), yaitu lapisan aus dengan gradasi menerus. Distribusi ukuran agregat yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi ukuran agregat yang digunakan

No. Saringan	Gradasi rencana (% lolos)	Spesifikasi (% lolos)	Daerah larangan (% lolos)
3/4"	100	100	
1/2"	95	90 - 100	
3/8"	80	maks.100	
No. 4	55	28 - 58	
No. 8	43	-	39,1
No. 16	22	-	25,5 - 31,6
No. 30	17	-	19,1 - 23,1
No. 50	12	-	15,5
No. 200	7	4 - 10	

Kadar aspal yang digunakan sesuai dengan perkiraan kadar aspal optimum yang direkomendasikan Puslitbang Jalan yaitu :

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% \text{ filler}) + \text{konstanta} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana : P_b = perkiraan kadar aspal optimum, CA = coarse aggregate (agregat tertahan saringan nomor 8), FA = fine aggregate (agregat lolos saringan nomor 8 dan tertahan saringan nomor 200), Filler = agregat halus lolos saringan nomor 200, Nilai konstanta berkisar 0,5 – 1,0 (untuk Laston). Dalam penelitian ini dipakai konstanta sebesar 1,0.

Berdasarkan distribusi ukuran butiran yang digunakan pada Tabel 1, diperoleh coarse aggregate = 57%, fine aggregate = 36% dan filler sebesar 7% dengan penyesuaian jumlah agregat akibat kandungan mineral asbuton. Dengan konstanta sebesar 1,0; diperoleh perkiraan kadar aspal optimum = 5,88 % atau dibulatkan menjadi 6%. Sesuai dengan ketentuan Bina Marga (1998) bahwa *modifier* yang digunakan adalah sebesar 62% dari kadar aspal rencana, maka *modifier* tersebut

adalah sejumlah $0,62 \times 6\% = 3,72\%$. Adapun prosentase kerosene yang ditambahkan pada asbuton butiran adalah 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap asbuton butiran.

Pencampuran dilakukan secara panas (*hotmix*) pada suhu 155°C sedangkan pemadatan dilakukan sebanyak 2 x 75 kali dengan alat pemadat Marshall. Karakteristik campuran diuji melalui pengukuran rongga di antara mineral agregat (*voids in the mineral aggregate* = VMA), rongga dalam campuran (*voids in mix* = VIM), rongga yang diselimuti aspal (*voids filled with bitumen* = VFB), stabilitas, kelelahan, dan Marshall Quotient.

Berdasarkan nilai VIM, VMA, VFB, stabilitas Marshall, kelelahan dan Marshall Quotient yang memenuhi standar spesifikasi, ditentukan prosentase *kerosene* yang direkomendasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis pengujian	Hasil pengujian		Persyaratan*)
	Agregat kasar	Agregat halus	
Keausan <i>impact</i> (%)	9,70	-	Maks. 40
Berat jenis bulk	2,682	2,763	Min. 2,5
Berat jenis semu	2,783	2,765	Min. 2,5
Penyerapan terhadap air (%)	1,35	0,20	Maks. 3
Kadar air (%)	1,11	1,37	Maks. 2
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	100	-	Min. 95

*) Departemen Pekerjaan Umum, 2007

Tabel 4. Hasil pengujian asbuton

Sifat-sifat asbuton	Hasil pengujian	Spesifikasi asbuton T5/20 ¹⁾
Kadar bitumen (%)	20,31	18 - 22
Kadar air (%)	0,44	< 2
Penetrasi pada 25°C , 5 detik; 0,1 mm	9,4	≤ 10
Berat jenis bulk	1,993	-
Berat jenis kering permukaan jenuh	2,047	-
Berat jenis semu	2,106	-

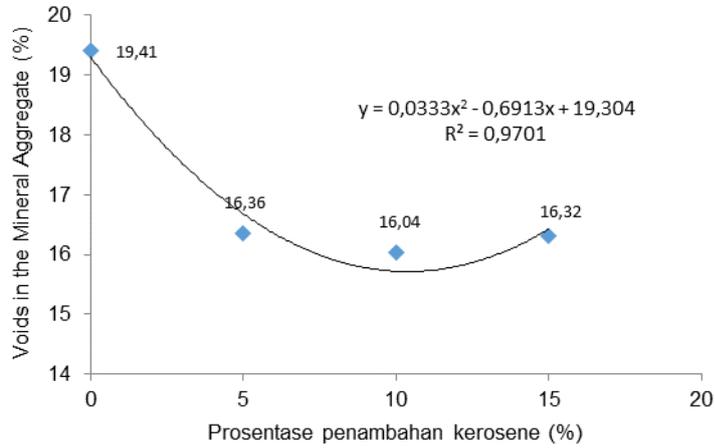
*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006

Tabel 5. Ukuran butiran asbuton

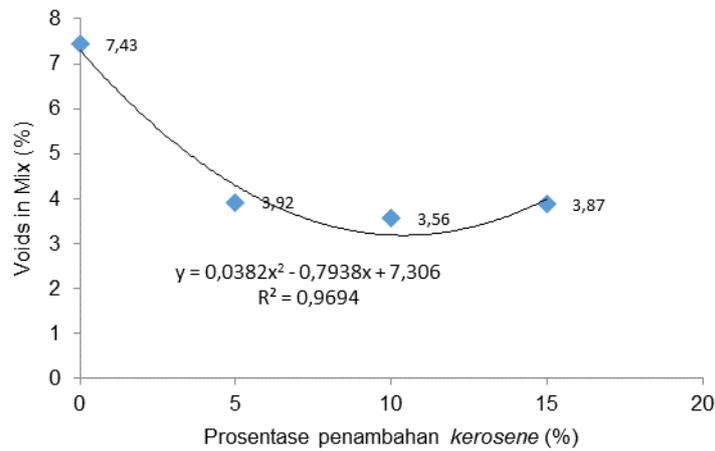
Ukuran saringan	Persen lolos saringan	Persyaratan*)
Saringan No. 8	100	100
Saringan No. 16	97,37	Min. 95
Saringan No. 30	89,05	-
Saringan No. 50	74,19	-
Saringan No. 200	29,99	-

*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006

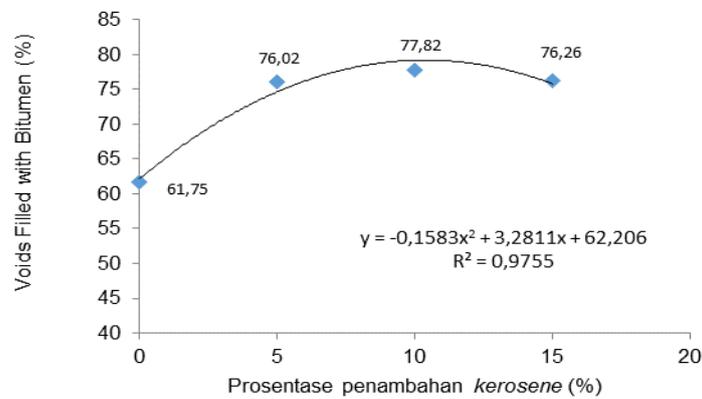
Berdasarkan Tabel 3 - Tabel 5 di atas, terlihat bahwa agregat kasar, agregat halus dan asbuton butiran yang digunakan pada penelitian ini memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Selanjutnya, nilai VMA, VIM, VFB, stabilitas Marshall, flow dan Marshall Quotient disajikan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 6 berikut :



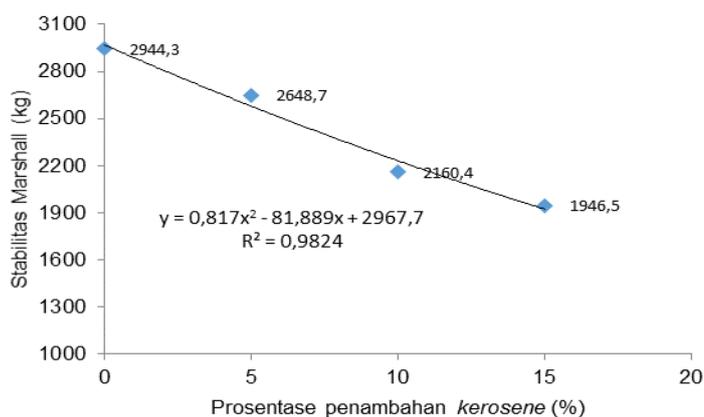
Gambar 1. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai VMA



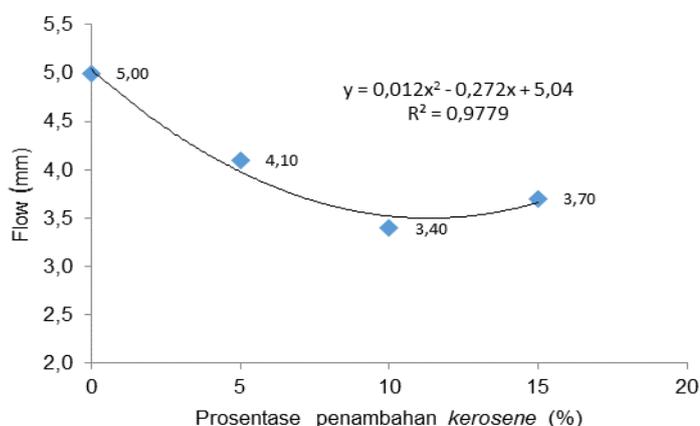
Gambar 2. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai VIM



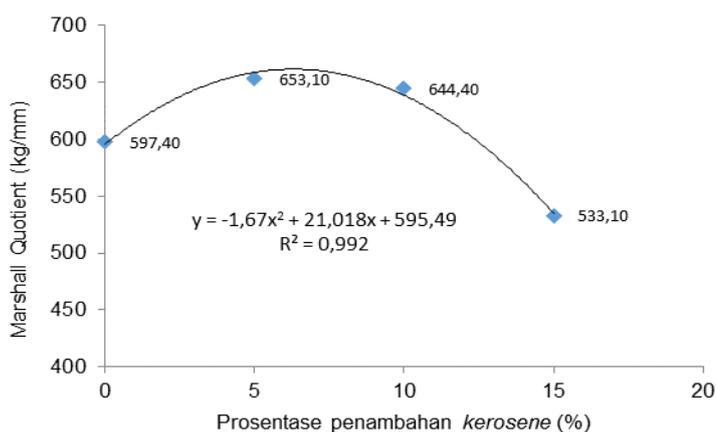
Gambar 3. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai VFB



Gambar 4. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai stabilitas Marshall



Gambar 5. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai flow



Gambar 6. Hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai Marshall Quotient

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa nilai VMA adalah sebesar 19,41% tanpa penambahan kerosene pada asbuton butiran. Nilai VMA tersebut menurun mencapai 16,04% sampai penambahan kerosene sebesar 10%, namun meningkat pada penambahan kerosene sebesar 15%. Tanpa penambahan kerosene, aspal pada asbuton butiran masih terperangkap dalam “cangkang” mineralnya, sehingga masih sulit untuk keluar. Dampak dari hal tersebut adalah kurangnya jumlah aspal yang mengikat partikel-partikel agregat sehingga rongga antar partikel agregat menjadi besar.

Semakin besar penambahan kerosene pada asbuton butiran, maka aspal pada asbuton menjadi semakin lunak. Pada penambahan kerosene sebesar 15%, campuran cenderung menjadi “basah” sehingga rongga di antara partikel agregat cenderung meningkat.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara prosentase penambahan kerosene dan nilai VIM. Pada campuran dengan asbuton yang tidak ditambahkan kerosene, nilai VIM yang diperoleh adalah sebesar 7,43%. Nilai ini merupakan nilai VIM yang terbesar dibandingkan dengan campuran lain dengan penambahan kerosene pada asbuton butirannya. VIM (*Voids in mix*) merupakan rongga dalam campuran yang diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya pemadatan berulang selama masa pelayanan jalan. Penambahan jumlah kerosene memperkecil rongga yang terjadi dalam campuran karena aspal yang berada dalam mineral asbuton dapat mengisi pori-pori di antara partikel agregat. Dengan R^2 sebesar 0,9694, terlihat bahwa penambahan kerosene pada asbuton butiran berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai VIM.

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa nilai VFB adalah sebesar 61,75% tanpa penambahan kerosene dalam asbuton butiran. Sebagaimana yang dikemukakan sebelumnya, aspal dari asbuton sulit keluar sehingga rongga dalam campuran yang terselimuti aspal lebih kecil dari persyaratan minimal 65%. Penambahan kerosene dalam asbuton butiran berdampak pada melunaknya aspal yang berada dalam asbuton sehingga aspal tersebut meleleh keluar dan membungkus partikel-partikel agregat. Namun demikian, penambahan kerosene sebesar 15% terhadap berat kering asbuton butiran dapat memperkecil tebal selimut aspal karena semakin besarnya rongga antar mineral agregat yang terbentuk.

Besarnya nilai stabilitas Marshall akibat penambahan kerosene dalam asbuton butiran ditunjukkan pada Gambar 4. Stabilitas Marshall menunjukkan kemampuan campuran untuk memikul beban tanpa perubahan bentuk tetap. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa nilai Marshall semakin berkurang seiring dengan peningkatan kadar kerosene. Campuran asbuton tanpa penambahan kerosene menghasilkan stabilitas 2944,3 kg, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan persyaratan minimal sebesar 1000 kg. Rendahnya nilai penetrasi aspal dari asbuton yaitu sebesar 9,4 dmm berkontribusi terhadap stabilitas Marshall karena semakin rendah nilai penetrasi, aspal tersebut semakin keras. Stabilitas yang sangat tinggi ini berpotensi membuat perkerasan menjadi sangat kaku sehingga getas dan rentan terhadap keretakan. Penambahan prosentase kerosene dalam asbuton butiran dapat mengurangi stabilitas yang berlebihan dari campuran tersebut.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara prosentase penambahan kerosene terhadap nilai flow, sedangkan Gambar 6 merupakan grafik hasil bagi Marshall dan flow (Marshall Quotient). Nilai flow atau kelelahan adalah deformasi yang terjadi pada saat campuran mengalami keruntuhan, dan tampak bahwa penambahan kerosene dengan prosentase 10% menghasilkan nilai flow yang terkecil di antara campuran-campuran tersebut. Karena stabilitas Marshall terus mengalami penurunan akibat penambahan kerosene, maka secara otomatis akan berdampak pada nilai Marshall Quotient. Penambahan kerosene pada rentang 5% sampai dengan 15% semakin memperkecil nilai Marshall Quotient tersebut.

Ditinjau dari persyaratan *asphalt concrete-wearing course*, nilai VMA minimal 15%, nilai VIM pada rentang 3,5%-5,5%, nilai VFB minimal 65%, stabilitas Marshall minimal 1000 kg, *flow* minimal 3

mm dan Marshall Quotient minimal 300 kg/mm (Departemen Pekerjaan Umum, 2007). Berdasarkan ketentuan tersebut, penambahan *kerosene* sebesar 5%-15% memenuhi spesifikasi yang berlaku. Hanya saja, penambahan 5% *kerosene* menghasilkan stabilitas sebesar 2648,7 kg yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan persyaratan minimal 1000 kg sehingga rentan terhadap keretakan. Sebaliknya, penambahan *kerosene* sebesar 15% dapat mengurangi tingkat kekakuan tersebut namun hal itu berarti dibutuhkan *kerosene* dalam jumlah yang lebih besar sehingga berdampak pada penambahan biaya konstruksi perkerasan jalan bila diterapkan di lapangan. Dengan demikian, maka penambahan *kerosene* yang dianjurkan adalah sebesar 10% terhadap berat asbuton butiran.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik simpulan sebagai berikut : Campuran yang tidak diberikan tambahan *kerosene* pada asbuton butirannya, menghasilkan stabilitas yang jauh lebih tinggi yaitu sebesar 2944,3 kg dibandingkan dengan persyaratan minimum sebesar 1000 kg. Dengan penambahan *kerosene* pada rentang 5%-15%, persyaratan VMA, VIM, VFB, stabilitas Marshall, flow dan Marshall Qoutient dapat terpenuhi. Penambahan *kerosene* yang dianjurkan adalah sebesar 10% terhadap berat asbuton butiran yang menghasilkan VMA sebesar 16,04%, VIM sebesar 3,56%, VFB sebesar 77,82%, stabilitas Marshall sebesar 2160,3 kg, flow sebesar 3,4 mm dan Marshall Quotient sebesar 644,4 kg/mm.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perubahan sifat kimia asbuton butiran dengan penambahan *kerosene*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, 1998, *Pemanfaatan Asbuton Untuk Lasbutag dan Latasbusir*, Subdit Penyusunan Standar Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Bailey et al., 2010, *Asphalt Rejuvenation*, United States Patent Application Publication No. US 2010/0034586 A1.
- Baxter, N., 1999, *1000 Question and Answers*, Armadillo Books, Leicester, England.
- Dairi, G., 1992, *Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Asbuton sebagai Bahan Perkerasan Jalan*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007. *Buku III Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1998. *Petunjuk Pelaksanaan Lasbutag dan Latasbusir*, Nomor 006/T/Bt/1998, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006. *Pedoman Umum Pemanfaatan Asbuton*, Jakarta.
- Molenaar, A.A., 2002, *Fatigue and Permanent Deformation Characterisation of Asphalt Mixture Modified with Retona 60*, Road and Railway Research Laboratory, Delfi University of Technology, Netherland.
- Wahyudi, M. dan Yuniarti, R., 2012. *Desain Campuran Daur Ulang Perkerasan Aspal Dengan Bahan Peremaja Minyak Biji Jarak*, Jurnal Penelitian Universitas Mataram, Volume 2 No. 17, hal. 14-23, Agustus 2012, Mataram.
- Yuniarti, R., 2012, *Kinerja Bio-Flux Oil Pada Campuran Aspal Buton*, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-6, ISBN : 978-979-25-4297-4, Universitas Trisakti, Jakarta.