

PENELITIAN PEMANFAATAN ASBUTON BUTIR DI KOLAKA SULAWESI TENGGARA

Nyoman Suaryana
Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H. Nasution 264 Bandung 40294
nyomansuaryana@yahoo.com

*) Diterima : 10 September 2008; Disetujui : 19 Nopember 2008

RINGKASAN

Kebutuhan aspal nasional Indonesia sekitar 1,2 juta ton pertahun. Dari kebutuhan ini, baru 0,6 juta ton saja yang dapat dipenuhi oleh PT. Pertamina sedangkan sisanya dipenuhi melalui impor. Sementara ketersediaan aspal minyak semakin terbatas dan harga yang cenderung naik terus seiring dengan harga pasar minyak mentah dunia. Untuk menjawab kendala di atas, maka salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan aspal buton yaitu asbuton sebagai bahan substitusi aspal minyak. Pada saat ini teknologi Asbuton telah berkembang pesat meliputi asbuton butir, asbuton pra-campur dan asbuton ekstraksi. Hasil kajian terhadap uji skala penuh di Kolaka Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa asbuton mempunyai kemampuan dapat mensubstitusi aspal minyak serta dapat memperbaiki kinerja campuran beraspal.

Kata kunci : *asbuton, kinerja perkerasan, uji coba skala penuh.*

SUMMARY

Nationally, Indonesia needs the asphalt materials was approximately 1.2 million tons each year and only 0.6 million tons can be provided by PT. Pertamina and the rest should be imported from another country. Meanwhile asphalt deposits are decreasing and the prices rise up following prices of world crude oil. A promising alternative to solve that problem is to use asbuton (asphalt buton) as a substitution of petroleum asphalt. In recent years, technology of asbuton have been rapidly developed, including buton granular asphalt, asbuton pre-blending and asbuton extraction. The result of full scale experiment in Kolaka, South East Sulawesi indicates that the asbuton material has the capability to substitute petroleum asphalt as well as to improve the pavement performance.

Key words : *asbuton, pavement performace, full scale experimental.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan aspal nasional Indonesia sekitar 1,2 juta ton pertahun. Dari kebutuhan ini, baru 0,6 juta ton saja yang dapat dipenuhi oleh PT. Pertamina sedangkan sisanya dipenuhi melalui import. Sementara ketersediaan aspal minyak semakin terbatas dan harga yang cenderung naik terus seiring dengan harga pasar minyak mentah dunia. Untuk menjawab kendala di atas, maka salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan aspal buton (asbuton). Asbuton atau Aspal Buton merupakan aspal alam yang terdapat di Pulau Buton Sulawesi Tenggara. Cadangan aspal alam di Pulau Buton diperkirakan sekitar 677 juta ton.

Pada saat ini pengembangan teknologi Asbuton telah mencapai tahap yang cukup jauh termasuk pengembangan asbuton butir dan asbuton semi ekstraksi (pra-campur).

Teknologi yang saat ini sedang dikembangkan adalah teknologi asbuton ekstraksi. Bitumen murni diperoleh dari hasil ekstraksi asbuton dengan metilen-klorida sebagai pelarut atau minyak tanah atau pelarut lainnya. Penggunaan

Asbuton murni yang karakteristiknya sudah standar seperti aspal minyak, adalah sebagai substitusi aspal minyak sampai 100%.

STUDI PUSTAKA

Asbuton

Pulau Buton terletak di ujung tenggara pulau Sulawesi dan merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Sulawesi Tenggara, yaitu Kabupaten Buton dengan Ibu Kotanya Bau-bau. Endapan aspal alam di Pulau Buton bagian selatan terletak pada satu jalur yang membujur dari teluk Sampolawa di sebelah selatan sampai teluk Lawele di sebelah utara. Di daerah tersebut ditemukan 19 daerah singkapan aspal (*out crop*).

Kadar bitumen dalam asbuton bervariasi dari 10% sampai 40%. Pada beberapa lokasi ada pula asbuton dengan kadar bitumen sampai 90%. Bitumen asbuton memiliki kekerasan yang bervariasi. Asbuton dari Kabungka umumnya memiliki bitumen dengan nilai penetrasi di bawah 10 dmm sedangkan Asbuton dari Lawele umumnya memiliki bitumen dengan nilai penetrasi di atas 130 dmm dan mengandung minyak ringan sampai 7%. Apabila minyak

ringan pada asbuton Lawele diuapkan, nilai penetrasi bitumen turun hingga di bawah 40 dmm.

Asbuton terdiri dari mineral dan bitumen. Mineral Asbuton didominasi oleh "*Globigerines limestone*" yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad renik binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat sangat halus, relatif keras, berkadar kalsium karbonat tinggi dan baik sebagai filler pada beton aspal. Namun dalam Asbuton, mineral dapat dianggap sebagai gumpalan-gumpalan *filler* yang membentuk butiran besar dan poros yang tidak mudah dihaluskan menjadi filler tetapi juga tidak cukup keras untuk dianggap sebagai butiran agregat. Kendala yang dapat ditimbulkan oleh keadaan seperti ini, sebagaimana yang terjadi pada campuran Asbuton yang digunakan di era tahun 80-an yang dikenal dengan campuran Lasbutag, yaitu mineral Asbuton yang pada awal pencampuran berupa butiran besar berubah menjadi kantong-kantong butiran yang lebih halus (*filler*) setelah mengalami masa pelayanan. Atau kasus lain, di lapangan sering kali ditemui campuran lasbutag yang pada awal penghamparan tampak

cukup baik namun terjadi bleeding setelah masa pelayanan tertentu. Hal ini dapat disebabkan oleh mineral Asbuton, yang pada awalnya berupa butiran besar/kasar dan poros, menyerap bahan peremaja tetapi kemudian setelah masa pelayanan tersebut berubah menjadi butiran-butiran halus dengan melepas bahan peremaja yang diserapnya dan campuran menjadi lebih padat sehingga aspal terdesak keluar.

Dilihat dari komposisi kimianya, bitumen Asbuton memiliki senyawa Nitrogen base yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bitumen Asbuton memiliki pelekatan yang baik dan. Namun dilihat dari karakteristik lainnya, bitumen Asbuton memiliki nilai penetrasi yang rendah dan getas. Agar Asbuton dapat dimanfaatkan di bidang perkerasan jalan maka pada prinsipnya bitumen harus diusahakan sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik mendekati karakteristik aspal minyak (aspal keras) untuk perkerasan jalan. Untuk maksud tersebut maka diperlukan bahan peremaja yang dapat membuat bitumen Asbuton memiliki karakteristik seperti yang disyaratkan untuk aspal minyak secara permanen.

Tabel 1.
Tipikal Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton

Lokasi	Penetrasi (dmm, 25°C)	Titik Lembek (°C)	Viskositas (135 °C, poises)
1. Lawele – I2	75	48	4,0
2. Lawele – G7	150	42	2,8
3. Lawele – E-13	120	45	4,1
4. Lawele – G17	160	40	3,1
5. Kabungka	22	63	5,1

(Sumber : Alberta Research Council, 1989)

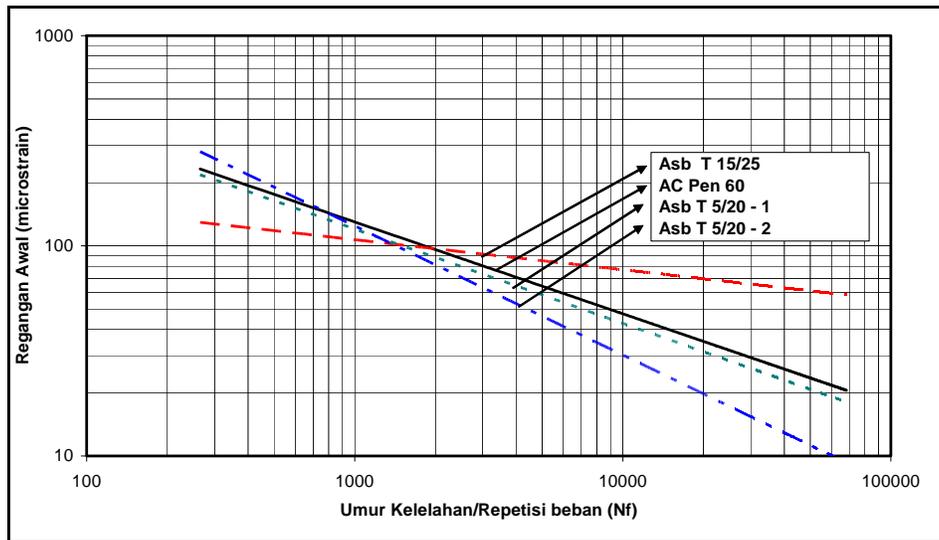
Asbuton Campuran Panas

Asbuton campuran panas adalah campuran beraspal panas, dimana aspal keras sebagian diganti dengan bitumen asbuton, sementara mineral asbuton berfungsi menjadi agregat halus dan menambah prosentase *filler*. Asbuton yang digunakan sebagai substitusi tersebut adalah asbuton butir dengan ukuran butir maksimum 2,36 mm (lolos ayakan no. 8). Pada saat ini asbuton butir dikelompokkan beberapa tipe, seperti T 5/20 dan T 15/20, dimana angka pertama menunjukkan penetrasi dan angka kedua

menunjukkan kadar bitumen asbuton.

Ketahanan terhadap beban berulang (*fatigue*)

Ketahanan asbuton campuran panas terhadap beban berulang (*fatigue*) sangat dipengaruhi oleh kadar asbuton dan tipe asbuton yang digunakan. Dalam Gambar 1 di bawah terlihat penggunaan asbuton tipe 15/25 memberikan ketahanan terhadap *fatigue* lebih baik dibandingkan dengan AC-Pen 60, sementara asbuton tipe 5/20-2 memberikan hasil yang kurang baik dibandingkan dengan AC-Pen-60.



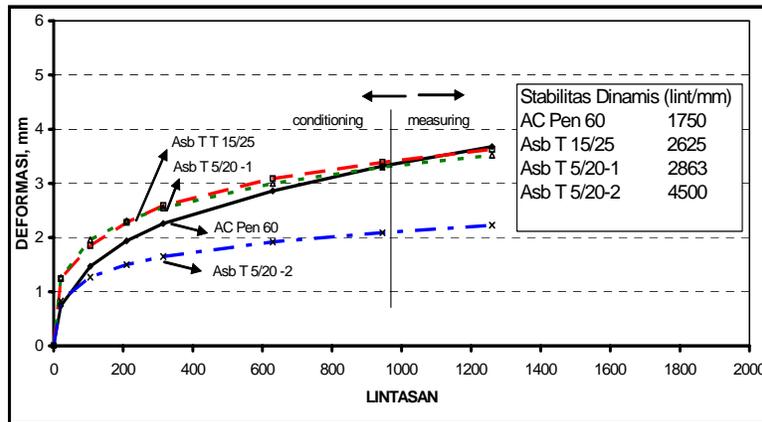
Gambar 1. Tipikal Ketahanan Berbagai Tipe Asbuton Terhadap *Fatigue*

Dari Gambar 1 tersebut dapat dipelajari, bahwa perlu hati-hati menentukan proporsi tipe asbuton butir yang digunakan. Proporsi yang berlebih dengan nilai penetrasi yang rendah dapat menyebabkan campuran beraspal relatif mudah retak (*fatigue*).

Ketahanan terhadap deformasi permanen

Seperti halnya ketahanan asbuton campuran panas terhadap

beban berulang (*fatigue*), maka ketahanan terhadap deformasi permanen juga sangat dipengaruhi oleh kadar asbuton dan tipe asbuton yang digunakan. Dalam Gambar 2 di bawah terlihat asbuton tipe T 5/20 - 2 memberikan ketahanan terhadap deformasi permanen yang paling baik. Namun jika melihat hasil sebelumnya asbuton tipe ini sebaliknya memberikan ketahanan terhadap *fatigue* yang relatif buruk



Gambar 2. Tipikal Ketahanan Terhadap Deformasi Permanen

Penilaian Kinerja Perkerasan

Secara umum penilaian kinerja perkerasan jalan dapat dipisahkan menjadi dua, yaitu yang bersifat fungsional dan struktural. menghitung balik. Kinerja perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsional dapat didefinisikan sebagai nilai Persentase Indeks Pelayanan (*Percentage Serviceability Index*, PSI) yang merupakan fungsi dari kerataan (*roughness*). Dalam perkembangan lebih lanjut kinerja fungsional dinyatakan dalam IRI (*International Roughness Index*) dan hasil survei kondisi. Nilai IRI di bawah 6 menunjukkan perkerasan masih dapat berfungsi dengan baik.

Untuk menilai kinerja jalan berdasarkan struktural dilakukan cara menghitung balik berdasarkan hasil pengujian lendutan di

lapangan, banyak metoda untuk melakukan perhitungan balik, diantaranya adalah metoda AASHTO 1993 (flexible pavement) serta metoda Bina Marga Pd T-05-2005-B.

METODOLOGI

Dalam studi ini, terlebih dahulu dikumpulkan data aktual mengenai kondisi perkerasan pada ruas jalan Kp. Baru - Pomalaa, Kendari Sulawesi Tenggara dan volume lalu-lintas yang menggunakan ruas jalan tersebut. Kondisi struktural jalan disurvei dengan menggunakan alat BB (Benkelmen Beam). Selanjutnya data aktual digunakan untuk menghitung kebutuhan tebal perkerasan.

Asbuton campuran beraspal panas yang sesuai dengan karakteristik bahan yang ada kemudian dirancang. Uji gelar skala penuh dilaksanakan dan pada umur perkerasan 1 tahun dilakukan pengamatan untuk melihat kinerja perkerasan.

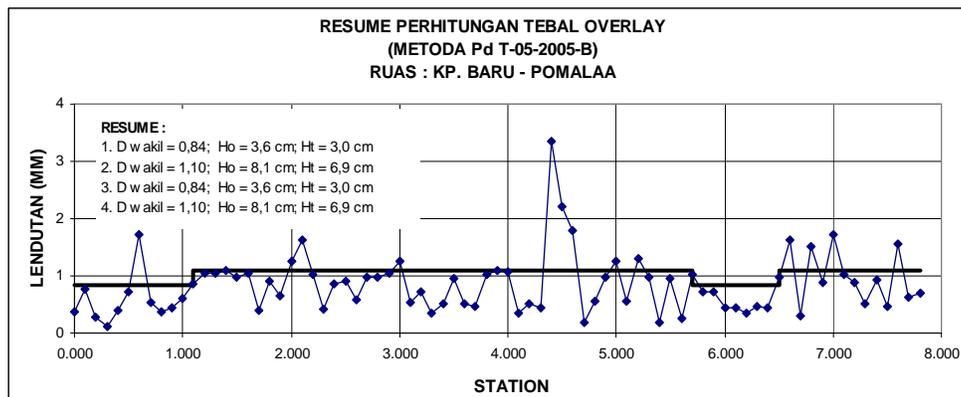
HASIL KAJIAN

Data Lalu-lintas dan Data lendutan BB

Dari hasil survei yang telah dilakukan, berikut ini diperlihatkan data lalu-lintas dan data yang lendutan awal yang diperoleh.

Tabel 2.
Data Lalu-lintas Ruas Kp. Baru –Pomalaa (Sultra)

No.	Jenis Lalu-lintas	ARAH (Hari Ke-1)		ARAH (Hari Ke-2)		ARAH (Hari Ke-3)		LHR
		Kp. Baru	Pomalaa	Kp. Baru	Pomalaa	Kp. Baru	Pomalaa	
1	Sepeda Motor	4,488	3,854	4,634	3,445	3,587	4,353	8,120
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	394	434	474	448	424	351	842
3	Oplet, Pick up, Combi, Mini Bus	439	413	437	440	416	430	858
4	Pick up, Mikro Truk, Mob. Hantaran	267	334	358	329	325	306	640
5	Bus Kecil	16	11	14	7	10	15	24
6	Bus Besar	3	2	4	3	3	3	6
7	Truk Berat 2 Sumbu	120	115	124	108	109	116	231



Gambar 3. Data Lendutan BB Sebelum *Overlay* dan rencana Tebal *Overlay*

Berdasarkan hasil perhitungan tebal kebutuhan pelapisan ulang, mempertimbangkan persyaratan tebal minimum masing-masing lapisan, dan ketersediaan dana maka tebal yang dipasang menjadi:

- Sta 0+000 – 1+000 : Digunakan AC-WC tebal 4 cm
- Sta 1+000 – 5+600 : digunakan AC-WC : 4 Cm dan AC-BC : 5 cm.
- Sta 5+600 – 6+500 : digunakan AC-WC : 4 cm.

Data Karakteristik Asbuton Campuran Panas

Karakteristik asbuton campuran panas yang digunakan untuk melaksanakan pelapisan ulang

disajikan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

AC-WC dengan asbuton T 15/25 digunakan pada Sta. 0+00 – 1+000. Sementara perkerasan lainnya menggunakan asbuton T 5/20.

Dari hasil rancangan campuran tersebut terlihat nilai-nilai yang diperoleh telah memenuhi syarat.

Apabila dibandingkan dengan campuran beraspal konvensional yang banyak dilaksanakan di sekitar lokasi uji coba, maka kadar aspal optimum yang diperoleh relatif lebih tinggi sekitar 0,3 %. Nilai ini dapat diterima mengingat kadar bitumen asbuton dalam perhitungan diasumsikan termobilisir seluruhnya. Dalam kenyataannya kadar bitumen asbuton tersebut tidak termobilisir semuanya keluar.

Tabel 3.
Karakteristik AC-BC (Asbuton T 5/20 dengan proporsi 5 %)

No	Parameter	Hasil	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Kadar Aspal Optimum	5.50%	-	-	%
2	Kepadatan	2.521	-	-	Ton/m ³
3	VMA	18.02	14.00	-	%
4	VFB	73.48	63.00	-	%
5	VIM Marshall	4.79	3.50	5.50	%
6	VIM Prd	3.29	2.50	-	%
7	Stabilitas	1548.57	1000.00	-	Kg
8	Pelelehan	3.23	3.00	-	Mm
9	MQ	483.00	300.00	-	Kg/mm
10	Stabilitas Sisa	97.00	75.00	-	%

Tabel 4.
Karakteristik AC-WC (Asbuton T 5/20 dengan proporsi 5 %)

No	Parameter	Hasil	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Kadar Aspal Optimu	6.25%	-	-	%
2	Kepadatan	2.467	-	-	Ton/m3
3	VMA	20.29	15.00	-	%
4	VFB	80.42	65.00	-	%
5	VIM Marshall	5.20	3.50	5.50	%
6	VIM Prd	2.66	2.50	-	%
7	Stabilitas	1194.53	1000.00	-	Kg
8	Pelelehan	3.36	3.00	-	Mm
9	MQ	360.21	300.00	-	Kg/mm
10	Stabilitas Sisa	97.54	75.00	-	%

Tabel 5.
Karakteristik AC-WC (Asbuton T 15/25 dengan proporsi 5 %)

No	Parameter	Hasil	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Kadar Aspal Optimu	6.35%	-	-	%
2	Kepadatan	2.472	-	-	Ton/m3
3	VMA	19.80	15.00	-	%
4	VFB	74.32	65.00	-	%
5	VIM Marshall	5.08	3.50	5.50	%
6	VIM PRD	2.61	2.50	-	%
7	Stabilitas	1300.06	1000.00	-	Kg
8	Pelelehan	3.20	3.00	-	Mm
9	MQ	406.80	300.00	-	Kg/mm
10	Stabilitas Sisa	96.89	75.00	-	%

Gradasi untuk asbuton campuran panas AC-BC berada di atas kurva fuller dan selanjutnya memotong kurva pada saringan antara no. 8 (2,36 mm) dan no. 4 (4,75 mm). Sementara gradasi AC-WC berada di atas kurva fuller dan memotong kurva pada saringan sekitar no. 8 (2,36). Nilai VMA (*Void in Mix Agregate*) cenderung tinggi yang

kemungkinan disebabkan tidak digunakannya pasir alam (pasir alam yang ada banyak mengandung kwarsa). Nilai stabilitas yang diperoleh relatif lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa asbuton, hal ini mengindikasikan pemakaian asbuton sebanyak 5 % telah meningkatkan nilai stabilitas atau ketahanan terhadap deformasi

permanen. Meskipun demikian nilai MQ (*Marshall Quetion*, hasil bagi stabilitas dengan *flow*) yang mengindikasikan kekakuan (*stiffness*) masih memenuhi spesifikasi.

Kinerja Asbuton Campuran Panas

Penilaian kinerja perkerasan dilaksanakan dalam bentuk penilaian kinerja secara fungsional dan struktural. Pemantauan kinerja dilakukan pada umur perkerasan 4 bulan dan 1 tahun.

Pada umur perkerasan 4 bulan, dilaksanakan kembali survei lalu-lintas dengan hasil LHR sebesar 2.078 kendaraan/hari/2 arah. Dari jumlah tersebut diperoleh jumlah truk sebanyak 330 kendaraan, atau sebesar 15,9 %. Pengamatan visual kondisi permukaan perkerasan dilakukan setiap 10 meter, dengan hasil sebagai berikut :

- a. Umur 4 bulan
 - retak : 0,000 %
 - pelepasan butir : 0,003 %
 - kedalaman alur : 1,42 mm
- b. Umur 1 tahun
 - retak : 0,002 %
 - pelepasan butir : 0,003 %
 - kedalaman alur : 2,32 mm

Pemantauan kepadatan lapis perkerasan dilaksanakan pada 10 titik, dengan hasil

kepadatan pada umur 4 bulan rata-rata sebesar 98 % dan pada umur 1 tahun rata-rata sebesar 99 %. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan derajat kepadatan.

Nilai IRI (*International Roughness Index*) untuk perkerasan umur 4 bulan dan 1 tahun nilainya relatif sama, yaitu antara 3 – 4 m/km. Nilai IRI tersebut menunjukkan kondisi ruas jalan secara fungsional masih dalam kondisi baik.

Penilaian kinerja secara struktural dilaksanakan dengan pengujian lendutan, dengan hasil seperti diperlihatkan pada Gambar 4, dan rata-rata sebagai berikut :

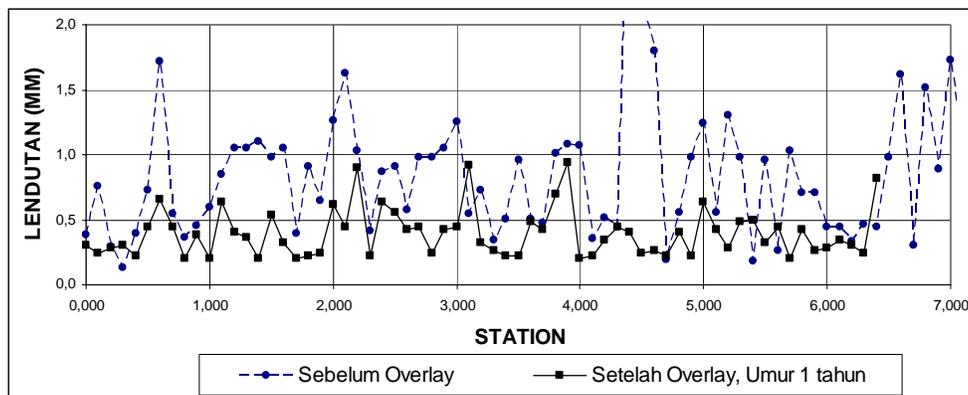
- a. Umur 4 bulan
 - Sta. 0+000 - 0+800
 - Minimum : 0,28 mm
 - Maximum : 0,69 mm
 - rata-rata : 0,45 mm
 - Sta. 0+800 - 6+600
 - Minimum : 0,18 mm
 - Maximum : 1,50 mm
 - rata-rata : 0,58 mm
- b. Umur 1 tahun
 - Sta. 0+000 - 0+800
 - Minimum : 0,20 mm
 - Maximum : 0,65 mm
 - rata-rata : 0,34 mm
 - Sta. 0+800 - 6+600
 - Minimum : 0,20 mm
 - Maximum : 0,93 mm
 - rata-rata : 0,40 mm

Dari hasil pengujian lendutan pada saat umur perkerasan 4 bulan dapat diketahui umur sisa dalam bentuk CESA adalah 21.500.000 ESA. Sementara ruas jalan tersebut direncanakan berumur 10 tahun dan dapat menampung lalu-lintas sebanyak 3.204.643 ESA dengan rata-rata lendutan adalah 0,809 mm.

Pada saat perkerasan berumur 1 tahun terjadi penurunan lendutan dibandingkan pada saat umur 4 bulan. Hal ini diperkirakan karena adanya proses pematangan perkerasan yang perlu dikaji lebih lanjut. Data - data tersebut menunjukkan kinerja perkerasan baik secara fungsional maupun struktural masih baik, bahkan untuk kinerja secara struktural hasil yang diperoleh jauh melebihi target yang direncanakan.

PEMBAHASAN

Secara prinsip prosedur perencanaan campuran beraspal dengan asbuton sama dengan perencanaan campuran dengan aspal keras tanpa asbuton. Namun perlu diperhatikan batasan maksimum penggunaan asbuton. Penggunaan asbuton yang berlebih dapat mengakibatkan campuran kurang tahan terhadap *fatigue* (beban berulang). Secara umum, hal tersebut dapat dilihat dari nilai stabilitas atau hasil bagi Marshall (*Marshall Quetion*). Nilai stabilitas yang lebih dari 1500 kg dapat dianggap terlalu tinggi dan campuran cenderung tidak tahan terhadap *fatigue*, sehingga kadar asbuton butir perlu diturunkan.



Gambar 4. Lendutan Sebelum dan Sesudah *Overlay* (Umur 1 Tahun)

Pelaksanaan asbuton campuran panas secara umum hampir sama dengan campuran beraspal panas biasa yang menggunakan filler seperti semen. Asbuton butir dalam hal ini diperlakukan seperti *filler*. Beberapa kendala khusus yang dihadapi selama melaksanakan kajian ini antara lain adalah :

- Homogenitas asbuton butir yang diterima masih perlu ditingkatkan. Kadar air dan ukuran butir asbuton perlu dijaga sesuai dengan persyaratan.
- Pemasukan asbuton butir secara manual di elevator filler akan meningkatkan resiko terjadinya kesalahan manusia karena kelelahan.
- Asbuton butir yang menggumpal tidak dapat dihindarkan selama proses pengangkutan, untuk itu perlu diperhatikan dengan baik fungsi dari ulir (*screw*) pada pemasok *filler* dan bila perlu dapat ditambahkan saringan pada corong tempat pemasukan asbuton butir.
- Temperatur asbuton campuran panas relatif lebih cepat turun dibandingkan dengan campuran beraspal biasa. Untuk itu perlu dipertimbangkan jarak angkut dan jumlah pematat yang harus tersedia di lapangan. Penurunan temperatur paling banyak terjadi pada selang

waktu antara penghamparan dan sebelum dipadatkan dengan roda besi (pematatan awal). Pada selang waktu tersebut teramati penurunan temperatur sekitar 10 °C dalam waktu 15 menit, tentunya penurunan temperatur ini sangat bergantung pada karakter campuran dan lingkungan.

Kinerja perkerasan asbuton campuran panas secara fungsional baik, hal ini dapat dilihat dari kinerja perkerasan pada umur 1 tahun yang belum mengindikasikan terjadinya retak dan deformasi. Secara struktural penurunan lendutan yang diperoleh akibat pelapisan ulang (*overlay*) sangat baik, dan jauh di atas rencana. Direncanakan umur pelayanan adalah 3,2 juta ESA (10 tahun) dan ternyata setelah pelapisan ulang pada umur perkerasan 4 bulan diperoleh umur sisa 21,5 juta ESA. Pada umur perkerasan 1 tahun lendutan mengalami penurunan, yang berarti umur sisa yang diperoleh akan lebih besar lagi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dalam perencanaan campuran, kadar pemakaian asbuton

- diusulkan untuk dibatasi jumlahnya sesuai dengan tipe asbuton yang dipakai.
2. Temperatur asbuton campuran panas relatif lebih cepat turun dibanding campuran beraspal panas biasa, sehingga perlu dilakukan langkah-langkah antisipasi di lapangan.
 3. Hasil pemantauan pada umur 4 bulan dan 1 tahun menunjukkan kinerja perkerasan secara fungsional dan struktural adalah baik. Bahkan secara struktural jauh melebihi target rencana.
 4. Dari hasil uji coba, dibuktikan bahwa asbuton butir dapat digunakan sebagai bahan substitusi aspal keras dan dapat meningkatkan kinerja perkerasan.
 5. Disarankan untuk melakukan pemantauan lebih lanjut pada umur perkerasan minimal sampai dengan 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberta Research Council, 1989, "*Final report Vo. 3 : Physical and Chemical Characterization of Asbuton*", Bina Marga Dep. PU.
- Kurniadji, 2007, "*Laporan Akhir Kajian dan Monitoring Hasil Uji Coba Asbuton Di Gorontalo, Muna, Kendari, Palangkaraya, Pasuruan*", Puslitbang Jalan dan Jembatan Balitbang Dep. PU.
- Nyoman Suaryana, 2006, "*Laporan Akhir Uji Coba Skala Penuh Asbuton di Sulawesi Tenggara, 2006*", Puslitbang Jalan dan Jembatan Balitbang Dep. PU, Bandung.
- Nyoman Suaryana, 2007, "*Laporan Akhir Pendampingan Teknis Penerapan Asbuton*", Puslitbang Jalan dan Jembatan Balitbang Dep. PU, Bandung.
- Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2007, "*Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas Dengan Asbuton Butir*", Balitbang Dep. PU, Bandung.