

KINERJA DAUR ULANG CAMPURAN DINGIN DENGAN ASPAL BUSA PADA LALU LINTAS BERAT

Djoko Widajat ¹⁾, M. Sjahdanulirwan ²⁾

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

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

E-Mail: joko_w@yahoo.com ¹⁾, msjahdanulirwan@yahoo.co.id ²⁾

Diterima : 2 November 2009 Disetujui : 21 Desember 2009

ABSTRAK

Daur ulang campuran dingin merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat diaplikasikan pada pemilihan strategi penanganan suatu proyek rehabilitasi jalan. Penelusuran kondisi perkerasan yang mendukung beban lalu lintas yang cukup tinggi pada daerah percobaan telah diidentifikasi. Dalam rangka evaluasi kinerja teknologi daur ulang telah dilakukan beberapa uji bahan dan campuran di laboratorium serta observasi lapangan pada daerah uji gelar daur ulang. Evaluasi dilakukan terhadap sifat bahan, campuran, pelaksanaan serta kinerja perkerasan sejak dibuka untuk lalu lintas hingga berumur sekitar 2 (dua) tahun. Dari uji laboratorium menunjukkan bahwa kriteria kekuatan campuran sesuai yang diharapkan, sedangkan penilaian lapangan yang didasarkan pada kinerja perkerasan secara fungsional dan dari tinjauan struktural perkerasan mengalami penurunan kinerja yang ditunjukkan dengan adanya alur pada jejak roda kendaraan pada beberapa tempat. Hal ini diperkirakan terjadi akibat adanya hubungan antara bahan, campuran serta metode pelaksanaan dengan masa pelayanan perkerasan. Penyempurnaan dari metode pelaksanaan perlu dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan akan terjadinya kerusakan dini di masa mendatang. Makalah ini merupakan uraian tentang hasil evaluasi teknologi daur ulang campuran dingin dengan bahan pengikat foam bitumen yang telah diaplikasikan pada ruas jalan dengan lalu lintas berat Palimanan – Jatibarang Pantura, Jawa Barat.

Kata Kunci: daur ulang, campuran dingin, aspal busa, RFB (Recycling by Foam Bitument), kinerja perkerasan.

ABTRACT

Cold recycling is one of technology alternative which can be preferred in selecting the strategy alternative for road rehabilitation project. Learning about the development technology, we also learn about the weaknesses of it. The pavement assessment condition, which sustain heavy traffic load in the road trial, has been identified. In order to evaluate the performance of recycling technology, laboratory testing for material and mixture as well as field observation have been conducted. The evaluations consist of material properties, mixture, construction and pavement performance since the opening traffic until the age of construction in approximately 2 years. The result of laboratory test shows that the mixture strength criteria meet the specification, whereas the field assessment based on functional condition and from structural pavement indicates that pavement performance decreases, this shown by occurring rutting in the some parts of the wheel track. Based from this result, it is predicted that there is a correlation between material, mixture and construction method and pavement service life. The construction method should be developed in the future to minimize early deterioration. This paper describes about the evaluation result for recycling technology with binder material of foam bitumen which have been used in road link with heavy traffic load Jatibarang – Palimanan, Pantura, West Java.

Key word: cold mix, recycling, foam bitumen, RFB (Recycling by Foam Bitument), pavement performance,.

PENDAHULUAN

Pemeliharaan jalan secara berkesinambungan merupakan salah satu faktor utama dalam mempertahankan masa pelayanan suatu jalan. Teknologi daur ulang (*recycling*) dapat digunakan sebagai alternatif penanganan dalam rangka mempertahankan tingkat standar pelayanan minimum jalan sekaligus menjawab isu yang terjadi saat ini seperti :

- Berkurangnya bahan yang memenuhi syarat untuk pembangunan jalan sehingga diperlukan suatu usaha untuk menggunakan serta mengolah bahan perkerasan setempat sehingga mempunyai nilai kekuatan yang baru yang tidak kalah dengan kekuatan bahan apabila menggunakan material segar.
- Tuntutan akan teknologi yang ramah lingkungan dan hemat energi.
- Ketinggian permukaan jalan diupayakan tidak terus menerus makin tinggi karena penambahan lapisan.
- Makin berkembangnya teknologi peralatan, pemanfaatan bahan setempat dengan metoda daur ulang telah dapat dilaksanakan.
- Dana pemeliharaan jalan tidak sebanding dengan panjang jalan yang dipelihara, sehingga sering dilakukan metode dengan skala prioritas penanganan.

Teknologi daur ulang telah lama diterapkan di Indonesia seperti daur ulang campuran dingin campuran beraspal dengan aspal cair dan daur ulang dengan pemanasan lapis permukaan beraspal langsung di lapangan (*in place*). Pada beberapa tahun terakhir dengan perkembangan peralatan yang digunakan untuk pelaksanaan daur ulang telah dicoba teknologi campuran dingin CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dan RFB (*Recycling by Foamed Bitumen*) dalam spesifikasi khusus disingkat CMRFB (*Cold Mix Recycling by Foam Bitumen*) serta campuran panas HMRA (*Hot Mix Recycling Asphalt*) di beberapa ruas di jalur Pantura Jawa Barat. Selanjutnya CTRB dan RFB telah diuji pula di beberapa daerah lain seperti di Jawa Tengah dan Sumatera Selatan.

RFB merupakan jenis campuran antara aspal busa (*foam bitumen*) panas dan material hasil garukan yang dalam hal ini mengandung aspal serta ditambah *filler* semen, kemudian dicampur, dihamparkan dan dipadatkan tanpa pemanasan. Hal ini mempunyai keuntungan antara lain dapat menghemat energi karena

tidak diperlukan tambahan bahan bakar untuk pemanasan campuran, disamping hal tersebut pekerjaan relatif lebih sederhana tanpa resiko penurunan temperatur campuran seperti halnya dalam pelaksanaan konstruksi jenis campuran panas atau hangat.

Aspal busa merupakan aspal yang dibusakan hasil dari proses injeksi air dan aspal panas pada suatu ruang pengembangan (*expansion chamber*) pada suatu tekanan tertentu kemudian keluar melalui *nozle* yang terdapat pada unit pembentuk aspal busa tersebut.

Dalam campuran, molekul aspal busa yang sangat halus bersama dengan fraksi agregat halus akan membentuk mortar yang berfungsi sebagai kohesi dengan agregat kasar dan membentuk skeleton-skeleton campuran yang cukup kuat.

Makalah ini membahas tentang kinerja daur ulang campuran dengan aspal busa hasil pelaksanaan yang berumur 2 (dua) tahun yang berisi tentang karakteristik campuran di laboratorium serta tingkah lakunya di lapangan yang berlokasi di ruas jalan Palimanan – Jatibarang KM 27+800 – KM 31+100 (arah Jatibarang dan Palimanan) dan KM 33+100 – KM 34+100 (arah Palimanan). Tujuan penulisan adalah untuk mendapatkan perilaku karakteristik campuran aspal busa selama masa pelayanan akibat kendaraan berat pada ruas jalan Pantura Jawa Barat.

KAJIAN PUSTAKA

Kualitas aspal busa

Mutu aspal busa dapat dinyatakan baik apabila kriteria yang dinyatakan dengan Perbandingan Pengembangan (*Expansion Ratio*) tinggi dan Paruh Waktu (*Half Life*) berumur panjang sehingga memenuhi persyaratan untuk pencampuran dengan bahan daur ulang perkerasan jalan. Sifat aspal busa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sumber dan tipe aspal, kuantitas dan temperatur air, temperatur aspal dan ruang pembentuk aspal busa, tekanan aspal dan air serta bahan tambah apabila diperlukan.

Muthen KM (1998) mengintisarikan dari beberapa pendapat tentang tipe dan sifat aspal dalam aspal busa seperti dari Castedo F dan

Wood (1983), Abel (1978), Brennen et al (1980), Ruckel et al (1983), Maccarone et al (1995), Bowering dan Martin (1976). Dalam intisarinya menyatakan bahwa semua jenis aspal dapat dibusakan dengan kombinasi type *nozzle*, air, tekanan udara dan tekanan aspal. Aspal dengan viskositas rendah (nilai penetrasi tinggi), aspal mudah membentuk aspal busa dan nilai Perbandingan Pengembangan tinggi dan Paruh Waktu lebih tinggi dibandingkan dengan aspal viskositas tinggi (nilai penetrasi rendah), tetapi penggunaan aspal viskositas tinggi mempunyai kekuatan penyelimutan agregat yang lebih baik. Untuk semua jenis aspal besarnya Perbandingan Pengembangan tinggi dan Paruh Waktu tergantung pada volume foam yang dihasilkan, volume air dan temperatur. Besarnya Perbandingan Pengembangan antara 8 – 15 kali, dan Paruh Waktu minimum 20 detik. Nilai Perbandingan Pengembangan dapat lebih besar dan Paruh Waktu dapat mencapai > 60 detik dengan menggunakan bahan tambah (*additive*). Perbandingan Pengembangan yang besar menaikkan penyelimutan agregat dan menaikkan sifat campuran, serta meningkatkan kohesi dan kuat tekan.

Bissada AF (TRR 1115) telah mengadakan percobaan laboratorium pada 2 (dua) jenis aspal dengan klasifikasi AC – 2,0 (nilai penetrasi 67x0,1 mm) dan AC – 2,5 (nilai penetrasi 135x0,1 mm). Pengujian dilaksanakan pada temperatur pemanasan aspal sekitar 165 °C, kadar air pembentuk *foam* sekitar 2% dan tekanan udara 200 kPa atau sekitar 29 psi.

Dari percobaan tersebut menunjukkan bahwa makin lunak jenis aspal (nilai penetrasi tinggi) nilai Perbandingan Pengembangan dan Paruh waktu makin besar. Diperkirakan nilai ini akan lebih besar apabila tekanan udara dinaikkan. Pada percobaan lapangan yang dilaksanakan di Pantura tekanan udara yang dipergunakan dalam pembentukan aspal busa adalah 6 bar atau sekitar 90 psi.

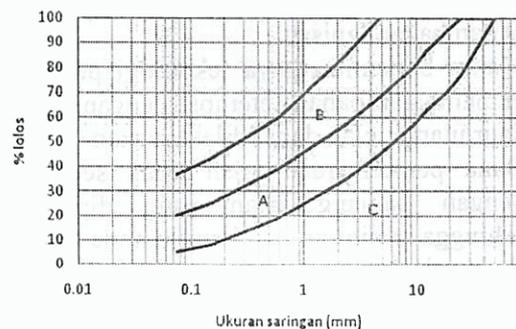
Kadar aspal busa

Parameter penting pada kadar *foam* adalah perbandingan antara kadar *foam* dan material halus yang berperan dalam *mix stability*. Muthen KM (1998) menyatakan bahwa sebagai pendekatan proporsi kadar aspal dan proporsi material halus sebagai kadar aspal 3,5% untuk 5% kadar material halus dan kadar aspal 5% untuk kadar material halus 20%. Namun

demikian hal tersebut tentu tidak berlaku untuk semua *tipe* material karena bervariasi nilai absorpsi material. Memperhatikan hal tersebut penentuan kadar aspal busa yang tepat untuk setiap campuran perlu direncanakan terlebih dahulu.

Gradasi campuran

Muthen KM (1998) menyajikan pendapat Akeroyd dan Hicks (1988) bahwa terdapat 3 zone gradasi campuran agregat yaitu A, B dan C. Gradasi A cocok untuk lalu lintas berat, gradasi B untuk lalu lintas rendah tapi dapat disesuaikan menjadi A dengan menambah fraksi agregat kasar. Sedangkan gradasi C terlalu kasar sehingga apabila digunakan sebagai bahan dengan aspal busa perlu menambahkan proporsi fraksi halus. Gradasi ketiga zona secara skematis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Zone gradasi untuk campuran dengan aspal busa (Muthen KM, 1998)

Wiertgen (2004) dan Spesifikasi Khusus Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan (2007) menggunakan gradasi zona A sebagai acuan dalam menentukan gradasi campuran dengan aspal busa.

HIPOTESIS

Nilai struktur perkerasan lama yang sudah mengalami penurunan dapat dinaikkan kembali dengan metode teknologi daur ulang dengan nilai struktur sama atau mendekati dengan apabila menggunakan material baru. Besarnya nilai struktur campuran daur ulang akan bervariasi yang antara lain tergantung dari jenis

dan gradasi material yang di daur ulang. Kekuatan campuran yang dinyatakan dengan nilai ITS diperkirakan akan meningkat dengan bertambahnya usia hamparan.

Kecepatan penurunan kinerja perkerasan akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan akan tergantung dari kualitas campuran serta prosedur pelaksanaan.

METODOLOGI

Metodologi evaluasi kinerja RFB dilakukan dengan mengkaji terhadap beberapa aspek hasil pengujian laboratorium dan pemeriksaan lapangan yang antara lain menyangkut :

- Hasil investigasi perkerasan jalan lama. Investigasi ini dilakukan guna menentukan seksi-seksi yang seragam berdasarkan pendekatan jenis kerusakan, penyebab kerusakan dan lapisan perkerasannya. Investigasi juga ditujukan untuk mengevaluasi kondisi tanah dasar dan struktur perkerasan yang ada.
- Perencanaan tebal perkerasan daur ulang.
- Kajian hasil pemeriksaan laboratorium dan pelaksanaan hasil uji gelar.
- Kemungkinan kelemahan konstruksi yang terjadi serta tinjauan kemungkinan penyebabnya.
- Pemeriksaan kondisi fungsional dan struktural lapangan setelah perkerasan melayani lalu lintas sekitar 2 (dua) tahun.

HASIL DAN ANALISIS

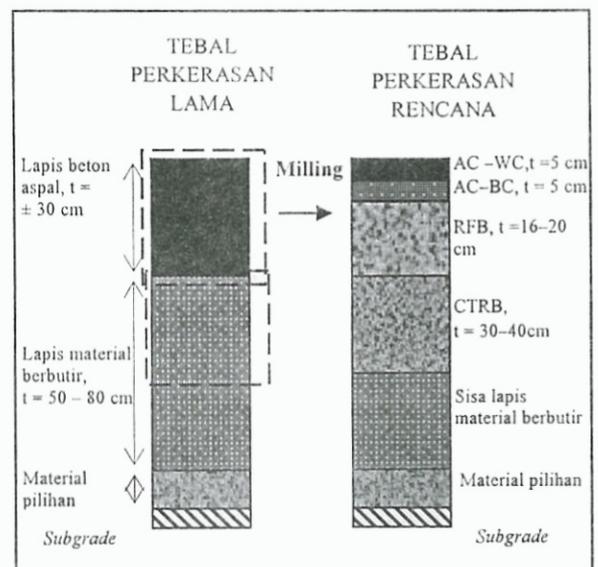
Tipikal hasil investigasi awal perkerasan jalan lama dan lapis perkerasan daur ulang

Berdasarkan hasil investigasi dengan pembuatan lubang uji dan pengambilan contoh uji serta pengujian daya dukung CBR (*California Bearing Ratio*) asli dan *in place* menunjukkan bervariasinya tebal perkerasan yang ada serta daya dukung perkerasan. Perkerasan jalan di atas tanah dasar terdiri dari *selected material* (CBR sekitar 3 – 40%), *granular material* (CBR sekitar 20 – 80%) dan lapis beraspal sudah mengalami penambahan

tebal jalan berulang-ulang sehingga tebal lapis beraspal cukup tebal yaitu antara 20 – 50 cm. Muka air tanah sekitar 100 cm dibawah permukaan. Dari hasil test pit CBR asli tanah dasar antara 2 – 11,7%.

Kerusakan jalan yang ada berupa gelombang, tambalan, alur, ambles, retak dan beberapa ketidakberaturan permukaan lainnya.

Topografi lokasi percobaan lapangan merupakan daerah datar dengan kiri kanan jalan umumnya persawahan basah dan beberapa tempat perumahan penduduk. Badan jalan umumnya terletak di daerah timbunan. Tebal lapis pondasi dan lapis aspal cukup tebal sehingga dibuat kombinasi teknologi daur ulang yang meliputi CTRB (tebal 30 – 40cm) dan RFB (tebal 16 – 20cm) sebagai lapis pondasi yang kemudian diberi 2 (dua) lapis beraspal (5cm AC – BC dan 5cm AC – WC). Dalam upaya menambah kekuatan tanah dasar dalam mendukung beban kendaraan, tebal CTRB 40 cm diaplikasikan pada daerah yang CBR tanah dasarnya sekitar 2% sedangkan untuk tanah dasar CBR >2% tebal CTRB adalah 30 cm. Tipikal tebal perkerasan lama dan lapis perkerasan daur ulang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tipikal tebal perkerasan lama dan rencana lapis perkerasan daur ulang

ITS dan Modulus Resilient UMATTA

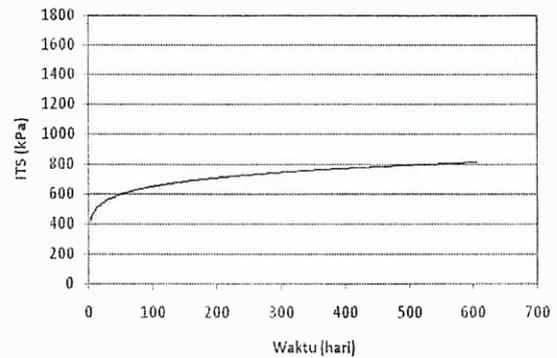
Disamping kriteria nilai UCS (*Unconfined Compressive Strength*) dan TSR (*Tensile Strength Retained*), kriteria utama kekuatan campuran aspal busa didasarkan oleh besarnya nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*). Nilai ITS besarnya bervariasi tergantung dari material RAP atau material lainnya yang digunakan. Untuk perencanaan ini digunakan ITS dengan nilai minimum 300 kPa dan *coefficient layer* 0,26 per inch (Wirtgen, 2004). Tipikal hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji laboratorium

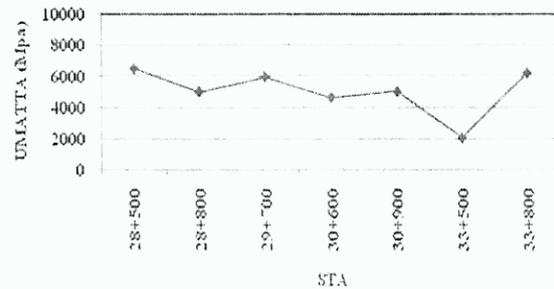
Parameter	Hasil uji
Kadar aspal busa (%)	2,50
Kadar air pembentuk aspal busa (%)	2,0 – 2,50
ITS benda uji Ø10 cm (kPa)	420
TSR (<i>Tensile Strength Retained</i>) (%)	85
ITS benda uji Ø15 cm (kPa)	385
UCS benda uji Ø15 cm (kPa)	950

Perkiraan perkembangan nilai ITS benda uji Ø10 cm sampai dengan umur sekitar 2 (dua) tahun dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan kecenderungan kenaikan nilai ITS bahwa dengan bertambahnya usia campuran nilai ITS lapangan makin lama makin bertambah besar.

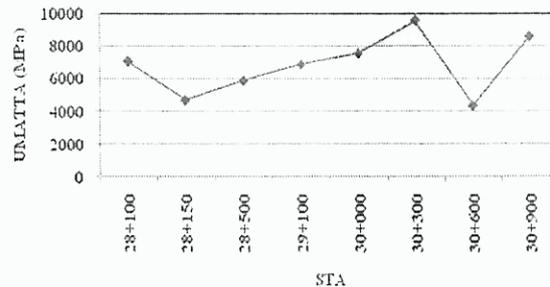
Dari pengujian dengan UMATTA (*Universal Machine Asphalt Testing Apparatus*) Nilai *Resilient Modulus* yang didapat sekitar 2000- 3000 MPa (benda uji Marshall temperatur pengujian 25°C). Nilai modulus UMATTA yang diambil dari contoh lapangan (*core drill*) setelah berumur sekitar 2 (dua) tahun besarnya bervariasi (4000 – 9000 MPa) dan rata-rata sekitar 5000 MPa pada temperatur uji 25°C. Besarnya modulus setiap titik pengambilan contoh dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Dari jumlah contoh yang terbatas besarnya modulus yang diuji pada temperatur uji 40°C menurun menjadi sekitar 3000 MPa yang menunjukkan bahwa kekakuan campuran masih cukup besar.



Gambar 3. Perkembangan nilai ITS



Gambar 4. Nilai *Modulus* UMATTA umur sekitar dua tahun arah Palimanan



Gambar 5. Nilai *Modulus* UMATTA umur sekitar dua tahun arah Jatibarang

Kinerja perkerasan dengan pondasi CTRB dan RFB

Pemeriksaan lapangan dilaksanakan guna mengetahui kondisi perkerasan meliputi penilaian kondisi perkerasan secara visual (PCS), pemeriksaan ketidak rataan (*roughness*), pengambilan contoh inti serta perhitungan volume dan beban kendaraan.

Pemeriksaan kondisi lapangan ini dilaksanakan pada lapis permukaan beraspal dengan pondasi RFB yang dihamparkan diatas CTRB. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 2 lokasi Palimanan – Jatibarang (KM 27+800 – KM 31+100) arah Jatibarang dan arah Palimanan serta Tabel 3 ruas yang sama KM 33+100 – KM 34+100 arah Palimanan.

Volume kendaraan ruas Palimanan – Jatibarang berdasarkan perhitungan manual tahun 2008 selama 7 hari LHR = 10756 kendaraan/hari/arah (arah Jatibarang) dan LHR = 11214 kendaraan/hari/arah (arah Palimanan), kumulatif ESA per hari = 29267 Operasi/arah (sekitar $10,6 \times 10^6$ ESA/tahun, arah Jatibarang) dan 24242 operasi/arah (sekitar $8,8 \times 10^6$ ESA/tahun, arah Palimanan). Berdasarkan Spesifikasi Umum (2007), beban kendaraan ruas jalan termasuk berat karena $> 1 \times 10^6$ ESA/tahun.

Tebal padat RFB yang dilaksanakan meliputi 3 variasi ketebalan yaitu tebal padat 20 cm untuk seksi 1 (KM 27+800 – KM 31+100 arah Jatibarang), 18 cm seksi 2 (KM 27+800 – KM 31+100 arah Palimanan) dan 16 cm seksi 3 (KM 33+100 – KM 34+100) arah Palimanan.

Tabel 2. Kinerja perkerasan Lokasi Palimanan – Jatibarang (KM 27,800 – KM 31,100)

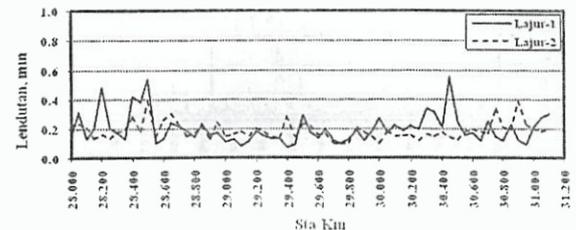
Parameter	Arah ke Jatibarang (tebal padat 20 cm)		Arah ke Palimanan (tebal padat 18 cm)	
	Lajur lambat (L1)	Lajur cepat (L2)	Lajur lambat (L1)	Lajur cepat (L2)
IRI (m/km)	4,30	4,26	3,38	3,81
Alur (mm)	2-40	2-40	2-20	2-45
Alur rata2 (mm)	6	13	3	7
Luas retak, tambalan dll (%)	0,90	3,20	0,20	1,50
Lendutan FWD rata2 (mm)	0,234	0,168	0,181	0,192

Tabel 3. Kinerja perkerasan Lokasi Palimanan – Jatibarang (KM 33,100 – KM 34,100)

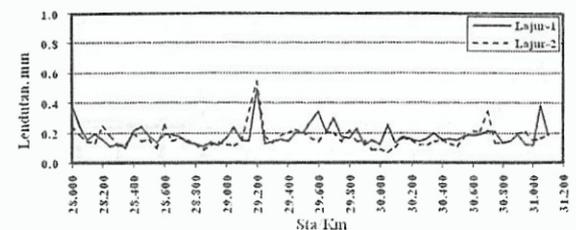
Parameter	Arah ke Palimanan (tebal padat 16 cm)	
	Lajur lambat (L1)	Lajur cepat (L2)
IRI (m/km)	3,39	3,29
Alur (mm)	2-26	3-40
Alur rata2 (mm)	4	4
Luas retak, tambalan dll (%)	0,40	0,30
Lendutan FWD rata2 (mm)	0,130	0,213

Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa kondisi fungsional arah Palimanan lebih baik dibandingkan arah Jatibarang. Hal ini diperkirakan karena pengaruh dari beban kendaraan pada ruas tersebut. Walaupun LHR arah Jatibarang lebih rendah dibandingkan arah Palimanan, namun kumulatif ESA arah Jatibarang lebih besar dibanding ke Palimanan hal ini memperlihatkan bahwa kendaraan berat tujuan Jatibarang dengan ESA yang tinggi lebih besar dibandingkan yang menuju ke Palimanan.

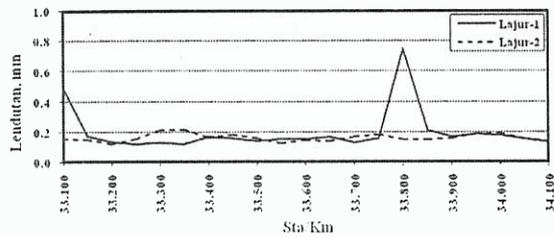
Secara struktural besarnya lendutan perkerasan untuk lokasi ini relatif kecil untuk kedua arah. Hal ini dapat terjadi karena lapis RFB yang dihampar di atas lapis CTRB bersifat semi kaku. Besarnya lendutan masing-masing arah dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8.



Gambar 6. Nilai lendutan (KM 27,800 – KM 31,100) arah Jatibarang (Seksi I)

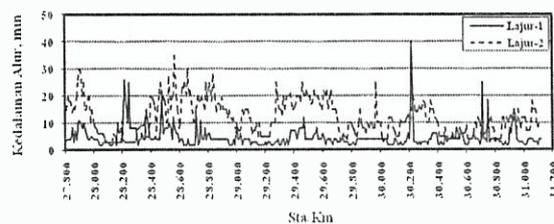


Gambar 7. Nilai lendutan (KM 27,800 – KM 31,100) arah Palimanan (Seksi II)

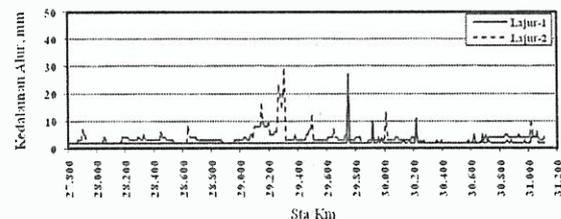


Gambar 8. Nilai lendutan (KM 33,100- KM 34,100) arah Palimanan (Seksi III)

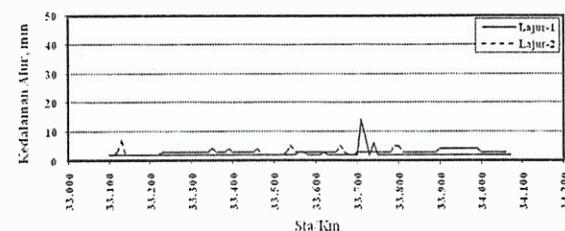
Tabel 1 menunjukkan bahwa pada beberapa lokasi kedalaman alur permukaan mencapai 40 mm, besarnya nilai kedalaman alur setiap lokasi dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11.



Gambar 9. Kedalaman alur (KM 27,800 – KM 31,100) arah Jatibarang (Seksi I)

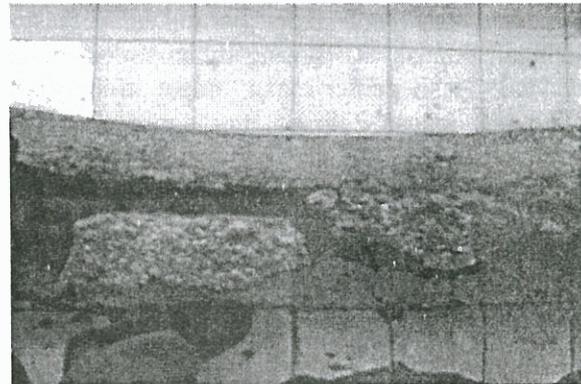


Gambar 10. Kedalaman alur (KM 27,800 – KM 31,100) arah Palimanan (Seksi II)

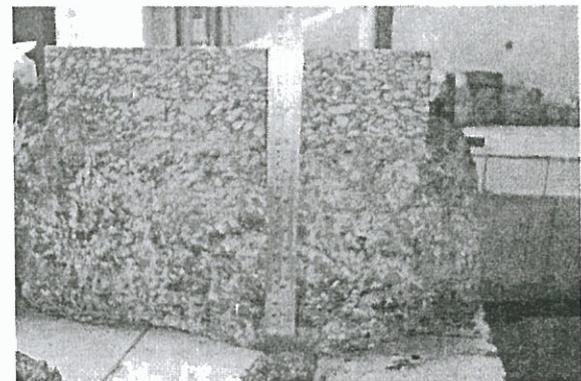


Gambar 11. Kedalaman alur (KM 33,100- KM 34,100) arah Palimanan (Seksi III)

Observasi lebih lanjut dilakukan dengan memotong bagian alur melintang perkerasan pada bagian Jejak Roda kendaraan yang mengalami alur cukup dalam dan sebagai pembanding diambil pula contoh di bagian Jejak Roda kendaraan dengan kondisi permukaan baik. Hasil pengambilan contoh dapat dilihat pada Gambar 12a dan 12b.



Gambar 12a. Permukaan perkerasan alur



Gambar 12b. Permukaan perkerasan baik

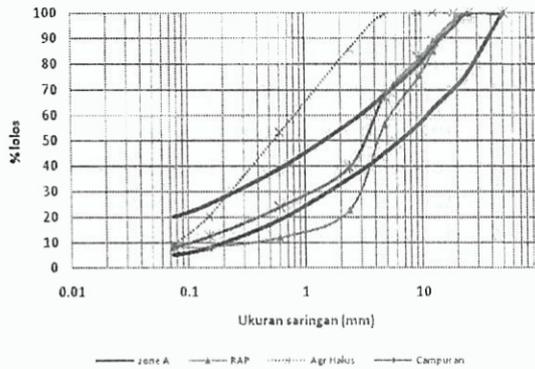
Dari perbandingan Gambar 12a dan 12b menunjukkan bahwa pada kondisi permukaan alur, lapis beraspal tidak turut mengalami deformasi sehingga mengindikasikan bahwa kejadian alur disebabkan oleh adanya bagian perlemahan di bawah lapis beraspal dalam hal ini lapis daur ulang dengan aspal busa. Lapis aspal busa seperti kurang homogen dan kurang ikatan dengan aspal busa. Sedangkan pada Gambar 12b pada kondisi baik lapis beraspal maupun lapis aspal busa menunjukkan kondisi lapisan terlihat kokoh tidak terjadi disintegrasi material.

PEMBAHASAN

Kondisi material daur ulang umumnya sangat bervariasi, sehingga ketidakhomogenan antara campuran agregat maupun dengan aspal busa dapat terjadi.

Memperhatikan parameter-parameter di atas, beberapa hal dapat mempengaruhi terjadinya alur pada perkerasan dengan teknologi daur ulang antara lain gradasi, kadar air campuran, rongga udara dalam campuran serta ketebalan hamparan yang dapat mengakibatkan menurunnya sifat campuran.

Gradasi



Gambar 13. Gradasi RAP, agregat halus dan campuran pada amplop gradasi zone A.

Gambar 13 menunjukkan tipikal gradasi bahan hasil daur ulang RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), agregat baru fraksi halus yang dipasaran disebut abu batu dan gradasi campuran yang dihasilkan dari kombinasi kedua bahan tersebut ditambah filler semen. Gradasi campuran terletak di dalam amplop gradasi zona A dari Wiergen (2004) setelah penambahan agregat baru walau demikian tidak didapatkan gradasi campuran yang ideal. Gradasi campuran ideal dapat diupayakan namun dengan konsekuensi bahwa penambahan komposisi agregat baru menjadi lebih banyak.

Wiertgen menyarankan bahwa paling tidak minimum sebesar 5% butiran lolos saringan No.200 karena kekuatan campuran terletak pada fraksi halus. Penambahan agregat kasar pada Gambar 13 diperkirakan gradasi campuran akan menjadi lebih kasar dan cenderung tahan terhadap kerusakan alur atau deformasi.

Kadar air

Kadar air merupakan salah satu dari parameter utama dalam menentukan kualitas campuran RFB. Kadar air akan mempengaruhi besarnya *density* dan kekuatan campuran. Studi yang dilakukan *Mobil Oil* mendapatkan bahwa kadar air maksimum terjadi pada rentang antar 70% - 80% kadar air modifikasi AASHTO, sedangkan Bissada (1987) menemukan bahwa kadar air untuk mendapatkan campuran yang maksimum terdapat pada rentang antara 65% - 85% kadar air modifikasi AASHTO. Wirtgen 2004, menyatakan tipikal kadar air untuk mendapatkan campuran yang maksimum pada kadar air maksimal modifikasi AASHTO minus 2%. Menurut Muthen KM (1998) yang disarikan dari Maccarrone et al (1995) apabila menggunakan metode *gyratory compaction* kadar air yang digunakan adalah kadar air maksimum karena nilai yang didapat lebih rendah dari kadar air maksimal modifikasi AASHTO. Sedangkan dalam studi ini kadar air ditentukan antara 80% - 90% di bawah kadar maksimum modifikasi AASHTO, hal ini memperhatikan bahwa nilai ITS maksimum terjadi di sekitar kadar air tersebut (Widajat Djoko, 2007).

Perbandingan Pengembangan dan Paruh Waktu

Jenis aspal yang digunakan adalah jenis aspal pen 60 dipanaskan pada suhu 160 °C – 180 °C yang dalam percobaan ini mempunyai nilai Perbandingan Pengembangan 17 kali dan Paruh Waktu 9 detik. Kriteria yang digunakan untuk menilai kualitas aspal busa yaitu Perbandingan Pengembangan minimum 10 kali dan Paruh Waktu 8 detik. Mutu aspal busa akan lebih baik apabila nilai Perbandingan Pengembangan dan Paruh Waktu tinggi hal ini diperkirakan dapat dicapai dengan penggunaan aspal misal dengan menggunakan aspal pen 80. Pengaruh temperatur perkerasan perlu menjadi pertimbangan dalam pemilihan aspal karena jalan di Indonesia umumnya terletak didaerah dengan temperatur perkerasan cukup tinggi sehingga memerlukan jenis aspal dengan nilai penetrasi rendah dan titik lembek tinggi. Namun demikian berdasarkan Muthen (1998) dari studi yang dilaksanakan oleh Lee (1981) menyatakan bahwa berdasarkan beberapa

penelitian sebelumnya menunjukkan tidak banyak perbedaan sifat campuran dengan menggunakan perbedaan *grade* aspal, hal ini diperkirakan karena gaya geser campuran dengan aspal busa disebabkan oleh interaksi agregat dari pada kohesi aspal.

Pengaruh temperatur

Nilai ITS diuji pada temperatur 25°C sebagai standar dan 40°C sebagai temperatur keseimbangan (*equilibrium*). Dari uji dengan alat WTM (*Wheel Tracking Machine*) yang dilaksanakan pada temperatur 60°C, kedalaman dan kecepatan deformasi lebih rendah dibandingkan dengan beton aspal yang menggunakan aspal modifikasi (Widajat Djoko, 2007), sehingga mempunyai kekuatan terhadap deformasi yang relatif lebih baik. Muthen KM (1998) menyatakan pada campuran dengan aspal busa *tensile strength* dan *modulus* turun dengan naiknya temperatur. Pada percobaan ini dan dengan jumlah contoh uji hasil *core drill* yang terbatas besarnya penurunan nilai *Resilient Modulus* untuk setiap kenaikan temperatur 8 ° C sekitar 500-1000 MPa, suatu penurunan yang relatif cukup besar.

Rongga Udara (*Voids In Mix*)

Tipikal nilai VIM campuran RFB >10 %, lebih besar dibanding campuran beton aspal konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun daya dukung campuran RFB tinggi namun rongga campuran masih cukup besar sehingga rentan terhadap pengaruh air dan dapat menimbulkan kemungkinan terjadinya deformasi. Pengaruh ini antara lain dapat dilihat pada besarnya kedalaman alur dari masing-masing lokasi dengan ketebalan RFB yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 2 dan 3 yang menunjukkan bahwa dengan kualitas dan alat pemadat yang sama untuk ketebalan lapis aspal busa yang lebih rendah (16 cm) kondisinya lebih baik dibandingkan dengan ketebalan lebih tebal (18 cm atau 20 cm).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut dibawah ini.

Kesimpulan

- a) Kriteria laboratorium RFB yang antara lain dinyatakan dengan besaran ITS minimum 300 kPa dapat tercapai. Nilai ITS ini cenderung makin meningkat dengan bertambahnya usia hamparan RFB. *Resilient Modulus* UMATTA contoh lapangan pada temperatur uji 25°C rata-rata sekitar 5000 MPa dan dari jumlah contoh yang terbatas besarnya modulus yang diuji pada temperatur uji 40°C menurun menjadi sekitar 3000 MPa.
- b) Kondisi lapangan perkerasan beraspal di atas lapis daur ulang RFB yang dihamparkan di atas lapis CTRB sampai dengan umur sekitar 2 (dua) tahun menunjukkan kinerja sebagai berikut:
 - o Kondisi fungsional perkerasan mengalami penurunan khususnya gejala terjadinya deformasi (alur) di beberapa tempat.
 - o Kondisi struktural yang dinyatakan dengan lendutan perkerasan, menunjukkan bahwa lendutan yang terjadi relatif kecil.

Saran

Memperhatikan hasil evaluasi tersebut maka perlu ada penyempurnaan dalam pelaksanaan teknologi daur ulang antara lain :

- a) Gradasi campuran RFB dibuat mendekati ideal dengan menambah fraksi kasar lebih banyak.
- b) Tebal padat hamparan RFB (sesuai dengan alat pemadat yang tersedia), tidak terlalu tebal. Dalam makalah ini pada ketebalan 16 cm, kedalaman alur permukaan beraspal lebih kecil dibandingkan pada ketebalan 18 cm dan 20 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bissada AF. [t.t]. *Structural response of foamed Asphalt sand mixtures in hot environments*. TRR 1115, Washington DC: TRB, p 134-149.
- Direktorat Jenderal Binamarga. 2007. *Spesifikasi Umum*. Divisi VI. Jakarta : Departemen PU.

- Mike Marshall. 2004. *Cold foam in place recycling*. California : Wirtgen job report.
- Muthen KM. 1998. *Foamed Asphalt Mixes*. Contract Report CR-98/077. London : CSIR.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2007. *Spesifikasi khusus Daur ulang Campuran Dingin dengan aspal busa sebagai lapis pondasi*. Jakarta: Puslitbang Jalan dan Jembatan, Departemen PU.
- Widajat Djoko. 2007. *Laporan Pengawasan dan Kajian Uji Coba Teknologi Daur Ulang Jalan*, Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan, Departemen PU.
- Wirtgen GmbH. 2004. *Cold Recycling Manual*. Hohner Strasse : Windhagen.