

**KAJIAN PEMANFAATAN KAPUR PADAM SEBAGAI PENGGANTI
SEMEN DALAM CAMPURAN CMRFB
(A STUDY OF HYDRATED LIME UTILIZATION AS CEMENT
REPLACEMENT IN COLD MIX RECYCLING FOAM BITUMEN)**

Nyoman Suaryana

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H. Nasution no.264, Bandung, 40294
E-mail: nyoman.suaryana@pusjatan.pu.go.id
Diterima : 29 Desember 2011; Disetujui : 04 April 2012

ABSTRAK

Peningkatan kondisi jalan selain memerlukan biaya yang besar juga memerlukan material yang banyak, sementara material yang memenuhi persyaratan semakin berkurang jumlahnya. Teknologi daur ulang merupakan salah satu alternatif pemecahan karena efektif dan efisien. Penggunaan kembali (daur ulang) aspal dan agregat eks perkerasan selain ekonomis juga menunjang kebutuhan akan konservasi sumber daya alam. Salah satu teknologi daur ulang yang baru dikembangkan adalah CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen), dengan menggunakan bahan pengisi semen. Tujuan dari penelitian ini adalah meneliti kinerja CMRFB dengan memanfaatkan kapur padam yaitu kapur yang telah dihidrasikan dengan air sebagai bahan pengganti semen untuk bahan pengisi. Metodologi penelitian dilaksanakan dengan pengujian laboratorium dan uji coba skala penuh di lapangan dan pengamatan kinerja selama 2 tahun. Hasil pengujian menunjukkan CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam mempunyai karakteristik kekuatan yang memenuhi persyaratan spesifikasi, namun masih di bawah kekuatan dengan bahan pengisi semen pada proporsi yang sama. CMRFB dalam bentuk gembur dapat disimpan sampai dengan 7 hari, sementara CMRFB dengan bahan pengisi semen harus segera dipadatkan sebelum 4 jam. Kinerja perkerasan berdasarkan nilai lendutan dan nilai kondisi menunjukkan CMRFB dengan kapur padam dan semen masih dalam kondisi baik sampai dengan umur saat ini (3 tahun). Pemanfaatan kapur padam dalam CMRFB akan menurunkan biaya produksi mengingat harga kapur padam yang relatif murah dibandingkan dengan semen. Sifat CMRFB dengan kapur padam yang dapat disimpan dalam waktu tertentu, memungkinkan untuk diproduksi dengan skala besar, dan selanjutnya disimpan untuk digunakan pada skala kecil sebagai bahan untuk pemeliharaan jalan.

Kata kunci: daur ulang, aspal busa, kapur padam, semen, kinerja, CMRFB, lendutan

ABSTRACT

The improvement of road conditions is costly as well as a lot of material needed, on the other hand, material that meets requirements is decreasing. Recycling technology is an effective and efficient solution to the above problem. Asphalt and aggregate recycling from existing pavement are considered economical and support the conservation of natural resources. Cold Mix Recycling Foam Bitumen (CMRFB) is recycling technology which has been developed using cement filler. The purpose of this study is to examine the performance of CMRFB using hydrated lime, lime which is hydrated

with water, to replace cement filler. As research methodology, laboratory tests, full-scale trials and 2-year observation were conducted. The test results showed that CMRFB with hydrated lime filler has the strength that meets specified requirements, but the strength is lower than cement filler with the same proportion. CMRFB in loose form can be stored up to 7 days, while CMRFB with cement filler material must be compacted prior to 4 hours. After 3 (three) years, based on the value of deflection and rating condition, the pavement shows in good performance. The utilization of hydrated lime in CMRFB will reduce production cost since the price of hydrated lime is relatively cheaper compared with cement. The properties of CMRFB with hydrated lime that can be stored in certain time, allowing to be produced in a large scale, and then stored for use in a small scale as road maintenance material.

Key words: recycling, foam bitumen, hydrate lime, cement, performance, CMRFB, deflection

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang mempunyai peran yang sangat strategis dalam bidang ekonomi, sosial, budaya dan hankam. Panjang jalan di Indonesia total sekitar 291.569 km yang terdiri dari jalan Nasional, Propinsi, Kabupaten dan Kota. Total panjang jalan Nasional adalah 34.628 km, dan panjang tersebut tidak berubah dalam 6 tahun terakhir. Perubahan yang terjadi terutama pada peningkatan kapasitas jalan, yaitu berupa pelebaran jalan. Data pencapaian lajur-km dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2009 berturut turut adalah 73.620 km, 74.930 km, 76.590 km, 78.780 km, 82.189 dan 84.985 km. Pencapaian kondisi jalan dengan kategori baik dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2009 berturut turut adalah 37,00 %, 49,20 %, 30,89 % 30,80 %, 49,67 % dan 48,21 % (Ditjen Bina Marga, 2010). Berdasarkan data tersebut terlihat adanya peningkatan kapasitas jalan dari tahun ke tahun, namun kondisi jalan dengan kategori baik tidak menunjukkan kecenderungan peningkatan yang jelas setiap tahunnya.

Peningkatan kondisi jalan selain memerlukan biaya yang besar juga memerlukan material yang banyak, sementara material yang memenuhi persyaratan semakin berkurang jumlahnya. Teknologi daur ulang merupakan salah satu alternatif pemecahan karena efektif dan efisien. Penggunaan kembali (daur ulang) aspal dan agregat eks perkerasan selain ekonomis juga menunjang konservasi sumber daya alam.

Beberapa teknologi daur ulang yang telah diteliti oleh Pusat Litbang Jalan dan Jembatan dalam skala penuh adalah :

- Tahun 2006, daur ulang dengan bahan tambah semen, di jalan Pantura Palimanan-Jatibarang Jawa Barat.
- Tahun 2007, daur ulang dengan bahan tambah aspal busa (*foam bitumen*) dan bahan pengisi (*filler*) semen, di jalan Pantura Palimanan-Jatibarang Jawa Barat..

Dalam rangka pengembangan teknologi daur ulang, pada tahun 2008 telah dilakukan uji coba skala penuh daur ulang dengan bahan tambah aspal busa dan bahan pengisi kapur padam yaitu kapur yang telah dihidrasikan dengan air (*hydrated lime*) yang menggantikan semen, serta daur ulang campuran panas di Ruas Jalan Cirebon – Losari Jawa Barat. Perkerasan lama pada kedua arah tidak seragam, berupa daerah pelebaran maupun jalan peninggalan jaman Belanda.

Tulisan ini bertujuan menyajikan hasil penelitian tentang penggunaan kapur padam sebagai pengganti semen untuk bahan pengisi pada daur ulang dengan bahan tambah aspal busa.

KAJIAN PUSTAKA

Teknologi Daur Ulang

Teknologi daur ulang (*recycling*) material perkerasan terpasang untuk pekerjaan rehabilitasi, rekontruksi dan pemeliharaan jalan telah dikembangkan semenjak tahun 1915.

Menurut *Transportation Research Board (TRB, 1980)* penggolongan teknologi daur ulang dapat dibedakan menjadi daur ulang ditempat (*in place*) dan daur ulang di pusat instalasi (*in plant*). Teknologi daur ulang ditempat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan struktural lapisan perkerasan dengan stabilisasi menggunakan kapur, semen, aspal dan bahan kimia lainnya. Kelemahan dari metoda ini adalah pelaksanaan pengendalian mutu tidak sebaik pelaksanaan di pusat. Sementara teknologi daur ulang di pusat, dimulai dengan penggarukan perkerasan dan pengangkutan eks perkerasan ke pusat. Pengolahan dilakukan di pusat dengan atau tanpa penambahan agregat baru, selanjutnya distabilisasi dan diangkut kembali kelapangan untuk digelar dan dipadatkan.

Teknologi daur ulang yang dikenal antara lain adalah CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dilaksanakan secara *in place*, CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*) dan HMRA (*Hotmix Recycling Asphalt*), yang dapat dilaksanakan secara *in place* atau *in plant*.

Berdasarkan Spesifikasi *Superpave AASHTO M 323-07 (AASHTO, 2008)*, pemakaian teknologi daur ulang tidak disarankan untuk digunakan sebagai lapis permukaan (lapis aus) pada beban lalu-lintas di atas 30.000.000 ESAL (*Equivalent Standard Axle Loads*).

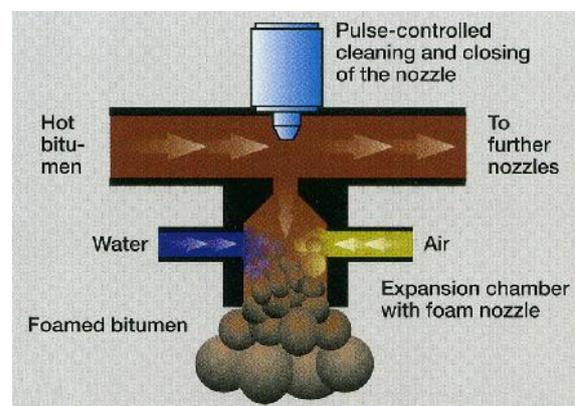
CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*)

CMRFB adalah campuran antara *Reclaimed Asphalt Pavements (RAP)*, aspal busa (*foam bitumen*), agregat baru (bila diperlukan) serta bahan pengisi (semen atau *hidrate lime*), kemudian dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin.

RAP merupakan bahan hasil pemrosesan penggarukan perkerasan jalan lama yang mengandung aspal dan agregat. Material ini dihasilkan ketika lapisan aspal diangkat untuk rekonstruksi, pengembalian lapis permukaan ataupun pembongkaran perkerasan akibat pemasangan utilitas. Apabila dihancurkan dan disaring secara baik, RAP mengandung agregat

berlapis aspal semen yang berkualitas tinggi. (FHWA, 1997).

Sementara aspal busa terjadi ketika sejumlah air dingin didispersikan dalam aspal panas pada suatu tekanan udara yang menimbulkan bertambahnya luas permukaan dan menurunnya viskositas aspal. Aspal busa selanjutnya digunakan sebagai bahan pengikat campuran daur ulang. Proporsi air dingin sekitar 2 % dari berat aspal dan temperatur aspal panas sekitar 160 °C. Aspal ini berbentuk busa hanya dalam waktu singkat, sehingga harus segera dicampurkan dengan agregat. Skema terbentuknya aspal busa diperlihatkan pada Gambar 1.

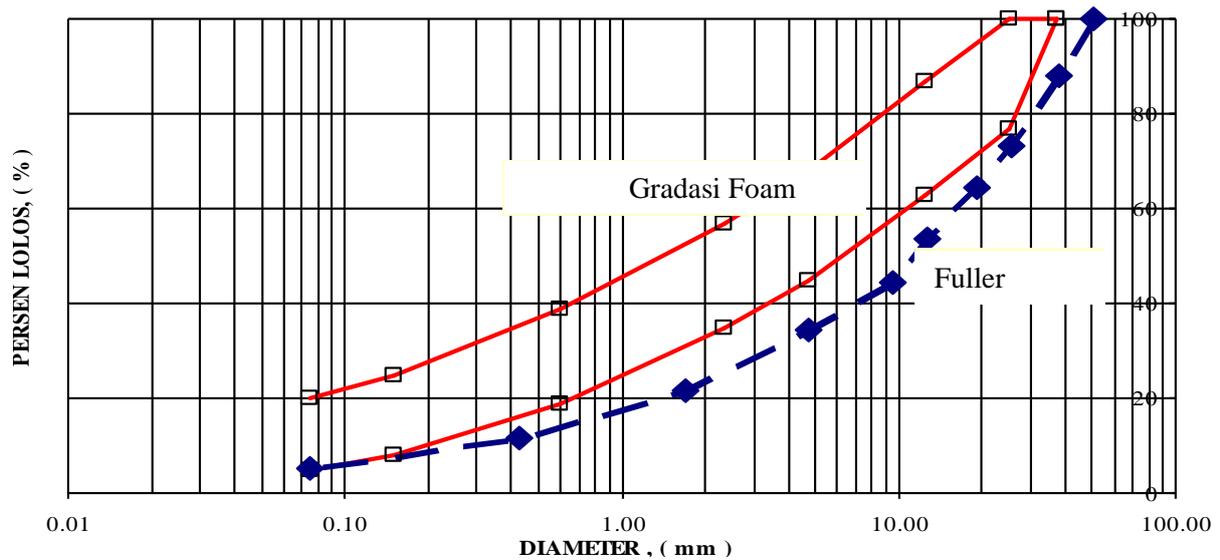


Gambar 1. Skema Terbentuknya Aspal busa (Sumber : Wirtgen, 2004)

Aspal busa dapat dibuat dari aspal keras pen 60 atau aspal keras pen 80 dengan proporsi air tertentu. Rasio pengembangan (*expansion ratio*) minimum 10 kali dan umur paruh (*half life*) minimum 8 detik. Makin tinggi rasio pengembangan maupun paruh umur, kualitas *foam bitumen* semakin baik.

Penambahan air akan mempengaruhi nilai rasio pengembangan dan umur paruh. Makin banyak air yang ditambah maka rasio pengembangan akan bertambah, namun nilai paruh umur akan berkurang. Kadar air optimum terletak antara nilai kadar air yang memberikan nilai minimum rasio pengembangan dan umur paruh, umumnya diambil ditengah-tengah.

Gradasi CMRFB relatif halus dan terletak diatas kurva *fuller* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gradasi CMRFB (Sumber : Nyoman Suaryana, 2008)

Menurut Wirtgen (2004), material yang kekurangan agregat halus (*fuller*) tidak akan bercampur baik dengan aspal busa. Seperti ditunjukkan pada gambar di atas kebutuhan minimum agregat lolos saringan no. 200 (0,075 mm) adalah 5 %. Apabila material kekurangan agregat halus, maka *foam bitumen* tidak akan terdipersi dengan baik. Material yang kekurangan agregat halus dapat ditingkatkan dengan penambahan semen, kapur atau material lainnya yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Namun demikian penambahan semen dibatasi maksimum 1,5 % untuk mencegah efek negatif pada fleksibilitas material.

Pembuatan rancangan campuran untuk CMRFB yang direncanakan melayani lalu-lintas rencana $\leq 5.000.000$ ESA dilakukan pembuatan benda uji dengan alat pemadat Marshall serta jumlah tumbukan 2 x 75 sesuai RSNI M-01-2003 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2003). Sedangkan untuk CMRFB yang direncanakan melayani lalu lintas rencana $> 5.000.000$ ESA, benda uji dibuat dengan alat kepadatan berat sesuai SNI 03-1743-1989 (BSN, 1989).

Persyaratan kekuatan CMRFB diperlihatkan pada Tabel 1. Untuk campuran dengan filler dari kapur, kekuatan yang akan dicapai lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan filler semen. Namun demikian

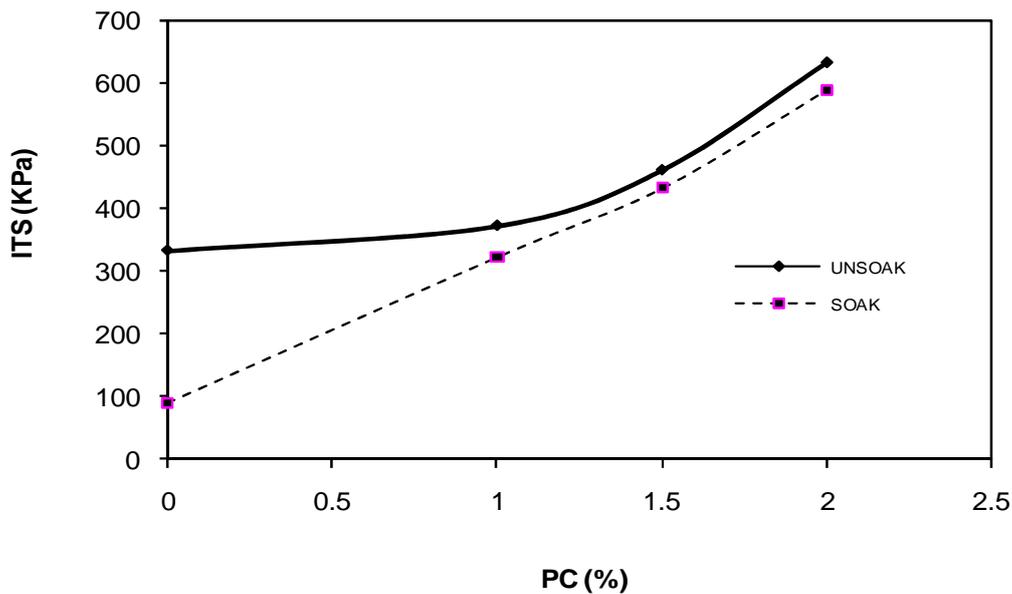
pemakaian filler kapur mempunyai keuntungan, yaitu dapat disimpan lebih lama dan *setting time* lebih lama.

Tabel 1. Persyaratan Kekuatan CMRFB dengan Bahan Pengisi Semen

Sifat-sifat Campuran	Persyaratan	
	Diameter Benda Uji 10 cm	Diameter Benda Uji 15 cm
Pemadatan	2x75 ⁽¹⁾	MP ⁽²⁾
Indirect Tensile Strength, ITS; kPa Min	300	300
Tensile Strength Retained (TSR); % Min	80	80
Unconfined Compressive Strength (UCS); kPa Min	700	700

Sumber : Ditjen Bina Marga, 2010

Sebagai pembandingan dari hasil kajian sebelumnya, nilai ITS untuk CMRFB dengan bahan pengisi semen dan kadar aspal busa 2,5%, dapat mencapai nilai 300 kPa pada kadar semen 1 %, dan kekuatannya akan bertambah sesuai dengan peningkatan kadar semen, seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Penambahan kadar semen yang melebihi 2 % tidak disarankan karena menyebabkan CMRFB menjadi terlalu kaku.



Gambar 3. Tipikal nilai ITS CMRFB dengan bahan tambah semen (PC) pada Foam 2,5 %
(Sumber : Widajat, 2010)

Menurut Wirtgen, 2004 koefisien relatif CMRFB untuk nilai ITS = 300 kPa adalah 0,26 (per inchi). Nilai tersebut setara dengan kekuatan campuran beraspal panas dengan jenis ATB (*Asphalt Treated Base*) dengan nilai modulus 30.000 psi seperti ditunjukkan dalam AASHTO, (1993).

Pada pelaksanaan lapangan, khususnya yang berkaitan dengan RAP, terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yaitu kadar air dan pemampatan (Asphalt Institute, 2007). Kadar air akan berpengaruh pada derajat kepadatan dan kekuatan CMRFB. Sementara proses pemampatan pada saat penyimpanan akan menyulitkan diperolehnya gradasi yang direncanakan.

HIPOTESIS

Pemanfaatan kapur padam sebagai pengganti semen untuk bahan pengisi CMRFB akan memberikan kekuatan struktural yang masih memenuhi syarat serta *setting time* yang lebih lama, sehingga campuran ini dapat disimpan relatif lama sebelum dipadatkan.

METODOLOGI

Metoda penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian, pada tahap awal dilakukan kajian pustaka. Kajian ini *me-review* teknologi daur ulang terutama yang memanfaatkan aspal busa. Selanjutnya dilaksanakan pengujian laboratorium untuk melihat karakteristik CMRFB yang diperoleh baik dengan menggunakan bahan pengisi semen maupun dengan bahan pengisi kapur padam. Uji coba skala penuh di lapangan dilaksanakan untuk melihat kekuatan struktural yang diperoleh dengan kurun waktu paling sedikit sampai umur 2 tahun. Hasil yang diperoleh antara penggunaan semen sebagai bahan pengisi yang sudah umum digunakan, dibandingkan dengan penggunaan kapur padam yang belum pernah digunakan.

HASIL DAN ANALISIS

Pembuatan Rancangan Campuran

Aspal busa dibuat dari aspal keras pen 60. Sifat-sifat fisik aspal yang digunakan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal Keras Pen 60

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spek.	Satuan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	64	60 - 79	0,1 mm
2	Titik lembek	49,0	48 - 58	°C
3	Titik nyala	317	min. 200	°C
4	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm/menit	> 140	min. 100	cm
5	Berat jenis	1,04	min. 1,0	-
6	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃ .	99,3	min. 99	%
7	Penurunan berat (RTFOT)	0,116	maks. 0,8	%
8	Penetrasi setelah RTFOT	78	min. 54	%
9	Daktilitas setelah RTFOT	> 140	min. 50	cm
10	Uji bintik (Naphtha-Xylene)	Negatif	Negatif	-
11	Temperatur pencampuran	156	-	°C
12	Temperatur pemadatan	141	-	°C

Gradasi campuran beraspal hasil garukan pada perkerasan beraspal (RAP, *Recycling Asphalt Pavement*) di ruas Cirebon-Losari diperlihatkan pada Gambar 4. Data tersebut menunjukkan gradasi RAP tidak memenuhi persyaratan gradasi CMRFB.

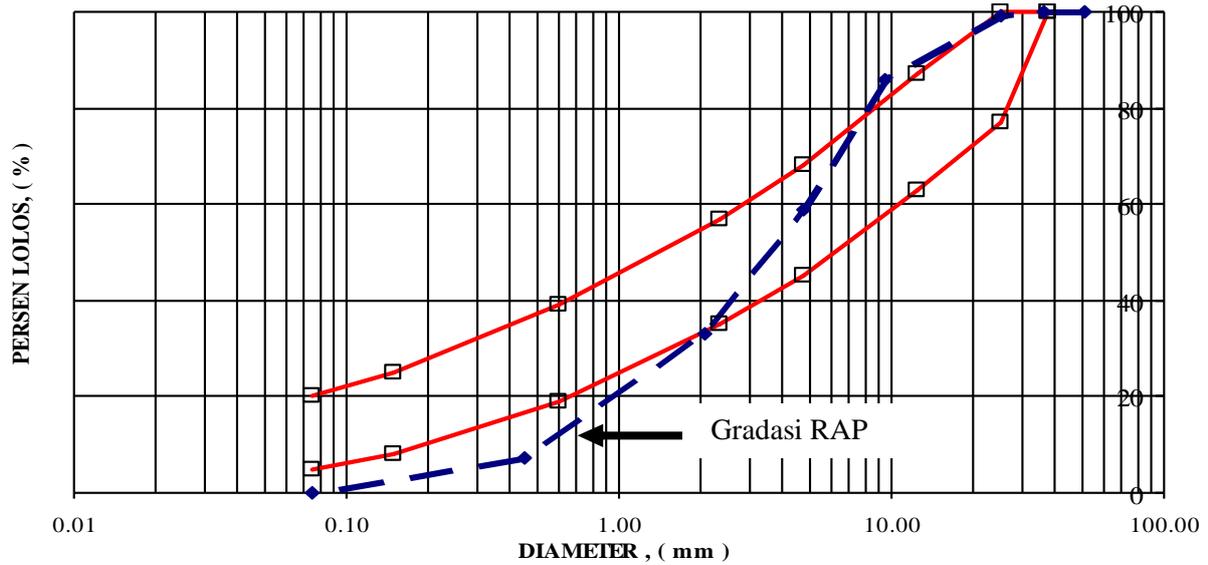
Untuk memenuhi persyaratan, terutama batasan agregat lolos saringan No. 200, maka ditambahkan abu batu sebanyak 10 %.

Aspal busa yang dibuat dari aspal keras Pen 60 sesuai ketentuan harus memiliki rasio pengembangan (*expansion ratio*) minimum 10 kali dan paruh umur (*half life*) minimum 8 detik. Untuk memenuhi persyaratan tersebut maka dilakukan percobaan laboratorium untuk menentukan kadar air yang optimum agar diperoleh rasio pengembangan dan paruh umur yang memenuhi persyaratan. Hasil percobaan diperlihatkan pada Gambar 5, dan diperoleh kadar air minimum 2 % dan maksimum 3,2 %,

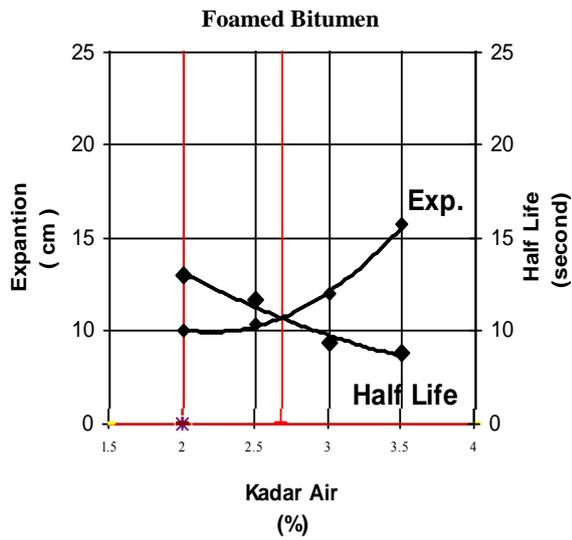
sehingga kadar air untuk pembuatan aspal busa ditetapkan 2,6 %.

Gradasi CMRFB, harus mengandung agregat lolos saringan No. 200 minimum 5 %. Apabila hal tersebut tidak terpenuhi maka kemungkinan bitumen tidak terdispersi secara merata pada campuran. Untuk menjamin tercapainya gradasi tersebut, maka ditambahkan bahan pengisi semen atau kapur padam maksimum sampai dengan 2 %.

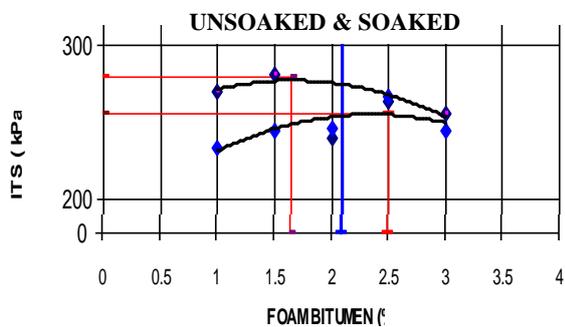
Pembuatan rancangan campuran CMRFB pada penelitian ini dibuat dengan filler semen dan kapur padam. Pembuatan dengan filler semen dimaksudkan sebagai pembanding. Persyaratan campuran harus memenuhi nilai minimum ITS (*Indirect Tensile Strength*) dan TSR (*Tensile Strength Retained = ITS soaked / ITS unsoaked*). Hasil percobaan yang diperoleh diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



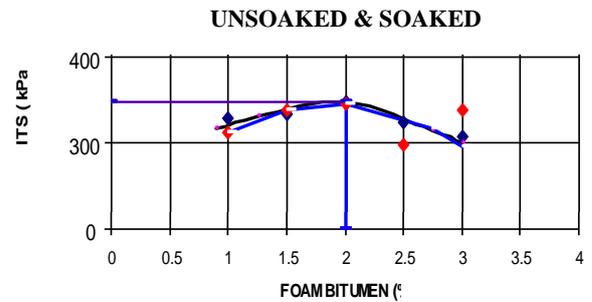
Gambar 4. Gradasi RAP



Gambar 5. Penentuan Kadar air CMRFB



Gambar 6. Nilai ITS, kapur padam 1,0 %



Gambar 7. Nilai ITS, kapur padam 1,5 %

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7, untuk mencapai kekuatan ITS minimum 300 kPa dan TSR minimum 80 %, nilai kadar kapur padam 1,5 % dan aspal busa 2,0 %, dengan karakteristik kekuatan :

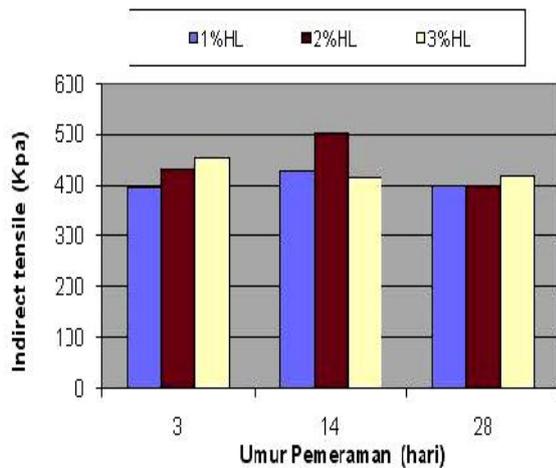
- ITS unsoaked : 349 kPa
- ITS soaked : 349 kPa (100 %)
- UCS : 711 kPa

Sebagai pembandingan, untuk pemakaian bahan pengisi semen dengan proporsi yang sama, yaitu kadar semen 1,5 % diperoleh aspal busa 2,3 %, dengan karakteristik kekuatan :

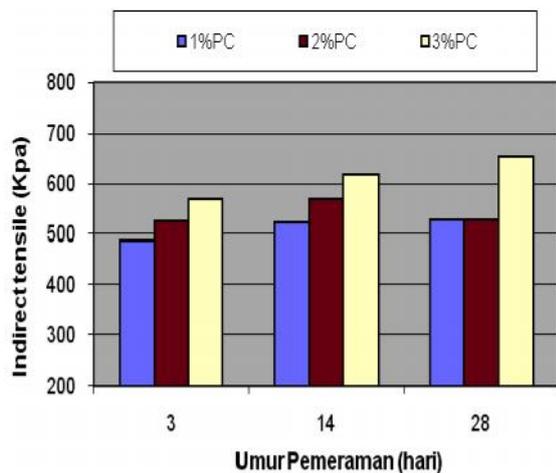
- ITS unsoaked : 649 kPa
- ITS soaked : 550 kPa (85 %)
- UCS : 1430 kPa

Pengaruh Umur Pemeraman

Kekuatan CMRFB dipengaruhi oleh umur pemeraman seperti diperlihatkan pada Gambar 8, 9, 10 dan 11 dimana kekuatan CMRFB meningkat terus seperti layaknya dengan menggunakan bahan pengisi semen. Prilaku tersebut diperlihatkan dengan dua parameter kekuatan yaitu ITS (*Indirect Tensile Strength*) dan UCS (*Unconfined Compressive Strength*). Gambar 8 dan 9 memperlihatkan hubungan parameter kekuatan ITS dengan umur pemeraman untuk bahan pengisi kapur padam dan semen.

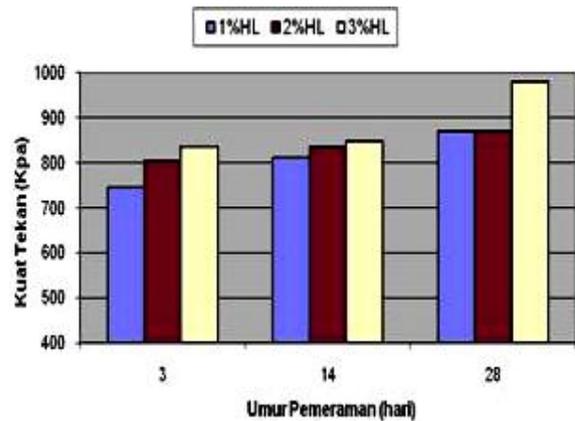


Gambar 8. Hubungan nilai ITS dengan umur dan kadar kapur padam (HL)

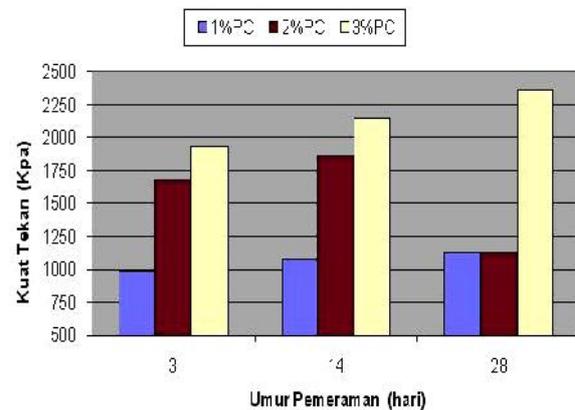


Gambar 9. Hubungan nilai ITS dengan umur dan kadar semen (PC)

Hasil pengujian dengan parameter kekuatan UCS juga menunjukkan hasil yang serupa dengan parameter kekuatan ITS, dimana kekuatan CMRFB masih bertambah sampai dengan 28 hari baik untuk bahan pengisi kapur maupun semen. Gambar 10 dan 11 menunjukkan hasil pengujian dengan parameter kekuatan UCS.



Gambar 10. Hubungan nilai UCS dengan umur dan kadar kapur padam (HL)



Gambar 11. Hubungan nilai UCS dengan umur dan kadar semen (PC)

Penyimpanan sebelum dipadatkan

Salah satu kelebihan yang diharapkan dari CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam adalah dapat disimpan lebih lama sebelum dipadatkan, sehingga CMRFB tersebut dapat diproduksi secara massal kemudian disimpan dan dipakai untuk skala kecil khususnya untuk pemeliharaan jalan. Untuk

membuktikan keunggulan tersebut, maka dilakukan pengujian CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam dengan filler semen, dengan hasil seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil tersebut terlihat CMRFB dapat disimpan sampai dengan 7 hari sebelum dipadatkan di lapangan. Nilai kuat tekan yang diperoleh cenderung naik, seperti jika disimpan setelah dipadatkan. Penyimpanan CMRFB gembur dapat dilaksanakan selama kadar air dalam campuran dapat dipertahankan stabil dan relatif tidak terjadi penguapan.

Tabel 3. Pengaruh Penyimpanan Sebelum Dipadatkan terhadap Nilai UCS

No.	Umur pemeraman sebelum contoh uji dipadatkan	Nilai Kuat Tekan (UCS)
	(hari)	(kPa)
1	2	433.33
2	3	525.67
3	5	571.00
4	7	661.67

Pengamatan Uji Coba Skala Penuh

Untuk melihat kinerja CMRFB di lapangan, telah dilakukan uji coba skala penuh di ruas jalan Cirebon – Losari. Tipikal perkerasan yang digunakan adalah :

- CTRB : 30 cm
- CMRFB : 16 cm
- AC-BC : 6,5 cm
- AC-WC modifikasi : 5,0 cm

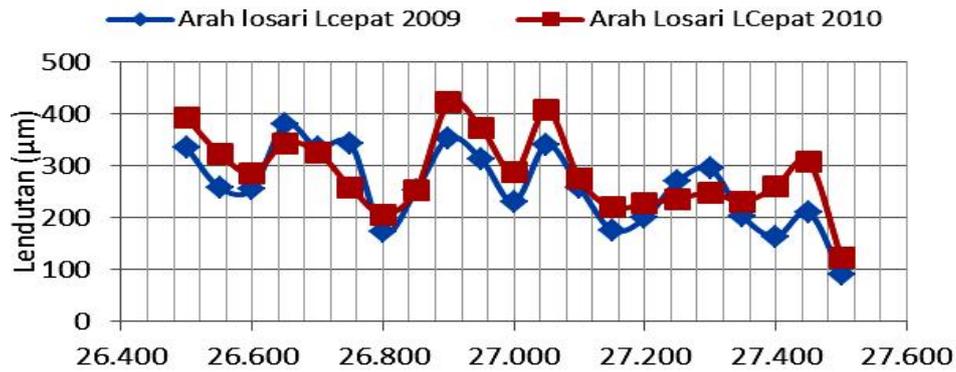
Tipikal perkerasan tersebut diharapkan mampu melayani lalu-lintas 58,8 juta ESAL atau sekitar 5 tahun. Pada Km 26+500 s/d Km 27+000 dilaksanakan CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam, dan seterusnya dengan bahan pengisi semen. Hasil pengujian lendutan pada umur 1 tahun (2009) dan umur 2 tahun (2010) diperlihatkan pada Gambar 12 dan 13. Data yang ditampilkan adalah pada lajur cepat

yang dianggap lebih kritis, karena lajur cepat menerima beban kendaraan lebih banyak.

Berdasarkan Gambar 12 dan Gambar 13 dapat terlihat bahwa besar lendutan bertambah seiring dengan bertambahnya usia perkerasan. Lendutan yang terjadi pada ruas yang menggunakan bahan pengisi kapur padam (segmen I, Km 26+500 sampai dengan km 27+000) relatif lebih besar dibandingkan lendutan yang terjadi pada CMRFB yang menggunakan bahan pengisi semen (segmen II, Km 27+00 sampai dengan Km 27+500). Pada arah Losari, rata-rata lendutan pada segmen I adalah 293 μm dan segmen II adalah 216 μm , sementara pada arah Cirebon rata-rata sebesar 253 μm pada segmen I dan 185 μm pada segmen II, berdasarkan hasil pengamatan tahun 2009. Berdasarkan hasil pengujian tahun 2010 pola tersebut tetap sama yaitu 314 μm dan 242 μm untuk arah Losari dan 284 μm dan 238 μm untuk arah Cirebon.

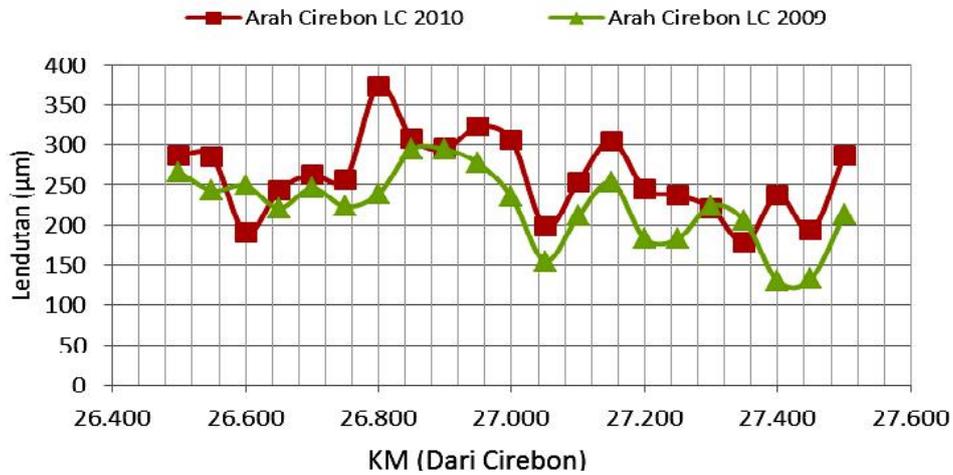
Hasil survei kondisi secara visual pada segmen tersebut baik untuk tahun 2009 maupun tahun 2010 diperlihatkan pada Tabel 4. Persentase kerusakan terhadap seluruh luas jalan umumnya masih di bawah 1 % sehingga dapat dikategorikan kondisi jalan masih sangat baik. Tidak nampak perbedaan kinerja yang menyolok antara CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam dan semen, jika dilihat dari kondisi permukaan perkerasan.

Hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) yang dinyatakan dengan nilai IRI (*International Roughness Index*) menunjukkan nilai IRI masih memenuhi kategori persyaratan minimal pelayanan jalan yaitu maksimum 4 m/km. Namun demikian dilihat dari nilainya yang berkisar antara 2 m/km sampai dengan 3 m/km, maka nilai ini relatif besar untuk ukuran jalan baru dengan perkerasan beraspal. Kondisi nilai IRI yang relatif besar tersebut telah terlihat dari mulai selesainya konstruksi. Permasalahan tersebut disebabkan karena teknik pelaksanaan yang kurang baik, yaitu penghamparan CMRFB dengan menggunakan mesin perata (*grader*).



KM (Dari Cirebon)

Gambar 12. Besarnya Lendutan pada Lajur Cepat Arah Losari



KM (Dari Cirebon)

Gambar 13. Nilai Lendutan pada Lajur Cepat Arah Cirebon

Tabel 4. Kodisi Perkerasan dan Ketidakrataan

No	Ruas	Kuantitas		Ketidakrataan IRI (m/km)		
		m ²	%	Maks	Min	Rata ²
1	Arah Losari					
	Lajur lambat					
	➤ Mei-09	1,00	0,01	4,13	3,07	3,46
	➤ Apr-10	0,00	0,00	3,98	2,65	3,05
	Lajur Cepat					
	➤ Mei-09	25,41	0,20	4,15	2,72	3,36
	➤ Apr-10	79,00	0,61	5,52	2,65	3,43
2	Arah Cirebon					
	Lajur Lambat					
	➤ Mei-09	1,29	0,02	3,97	3,07	3,45
	➤ Apr-10	0,20	0,00	4,40	2,61	3,03
	Lajur Cepat					
	➤ Mei-09	2,00	0,03	4,13	3,07	3,57
	➤ Apr-10	89,00	1,20	6,06	2,90	3,66

Sumber : Iwan Riswan, 2011

PEMBAHASAN

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan CMRFB menggunakan bahan pengisi kapur padam dapat memenuhi persyaratan spesifikasi khusus Bina Marga Kementerian PU. Persyaratan tersebut meliputi persyaratan ITS, TSR dan UCS. Namun demikian pada proporsi yang sama, yaitu 1,5 %, dengan bahan pengisi semen diperoleh kekuatan yang relatif lebih besar. Kekuatan yang lebih besar bukan berarti lebih baik, karena CMRFB yang terlalu kaku juga tidak diharapkan, sehingga penggunaan semen dibatasi hingga 1,5 %.

CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam dapat disimpan sebelum dipadatkan tanpa mengurangi kualitasnya. Hal tersebut berbeda dengan penggunaan bahan pengisi semen yang harus segera dipadatkan sebelum 4 jam mengingat adanya reaksi pengerasan yang cepat antara semen dengan air yang terkandung dalam CMRFB. Namun demikian, dengan bahan pengisi kapur, kekuatan yang diharapkan akan tercapai dalam waktu yang lebih lama, sehingga perlu dipertimbangkan waktu yang diijinkan untuk lalu-lintas lewat di atas perkerasan tersebut.

Kinerja perkerasan CMRFB yang menggunakan bahan pengisi kapur padam masih sangat baik, terlihat dari kondisi kerusakan yang di bawah 1 % dan nilai lendutan yang relatif kecil. Namun demikian, berdasarkan hasil pengujian kekuatan di lapangan, lendutan yang terjadi pada CMRFB yang menggunakan bahan pengisi kapur padam relatif lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan bahan pengisi semen. Kondisi tersebut diperkirakan karena semen mempunyai daya ikat yang lebih baik dibandingkan kapur padam, sehingga CMRFB hasil pengujian di laboratorium maupun di lapangan menunjukkan bahwa CMRFB dengan bahan pengisi semen relatif lebih kuat dibandingkan CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian di muka, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Kapur padam dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada CMRFB dan memenuhi persyaratan karakteristik yang ditetapkan dalam spesifikasi, yaitu dengan nilai ITS lebih besar dari 300 kPa dan nilai UCS lebih besar dari 700 kPa.
2. CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam, dapat disimpan sampai dengan 7 hari sebelum dipadatkan, dengan memberikan perlindungan agar tidak terjadi penguapan air.
3. Kinerja CMRFB di lapangan dengan bahan pengisi kapur dalam kurun waktu 2 tahun terlihat sangat baik dengan tingkat kerusakan di bawah 1 %.
4. Hasil pengujian di laboratorium dan di lapangan menunjukkan CMRFB dengan bahan pengisi semen relatif lebih kuat dibandingkan dengan bahan pengisi kapur padam, karena semen mempunyai daya ikat yang lebih baik dibandingkan kapur padam. Nilai ITS untuk CMRFB dengan bahan pengisi semen adalah 649 kPa sementara CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam adalah 349 kPa.

Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk CMRFB dengan bahan pengisi kapur padam sebagai material untuk pemeliharaan jalan, terutama yang berkaitan dengan proses produksi dan prosedur penyimpanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1993, "*Design of Pavement Structures*". Washington DC : AASHTO.
- AASHTO. 2008, "*Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design*",

- AASHTO Designation: M 323-07.
Washington DC: AASHTO
- Asphalt Institute, 2007. *The Asphalt Handbook*. MS-4. 7th edition”,
Kentucky: Asphalt Institute.
- Badan Standarisasi Nasional. *Metode Pengujian Kepadatan Berat Untuk Tanah*. SNI 03-1743-1989. Jakarta: BSN
- Direktorat Jenderal. 2010. “*Spesifikasi Khusus CMRFB*”. Jakarta : Kementrian PU,
- FHWA. *User guideslines for waste and by product materials in pavement construction*. Publication number : FHWA-RD-97-148.
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structure/97148/rap131.cfm>
- Iwan Riswan. 2011. *Monitoring dan Evaluasi Perkerasan Lentur*. Bandung: Pusjatan.
- Kementerian Pekerjaan Umum. *Metode Pengujian Campuran Aspal Hangat dengan Alat Marshall*. RSNI M-01-2003. Jakarta: Kementerian PU.
- Nyoman Suaryana. 2008. *Kajian dan Pengawasan Uji Coba Skala Penuh Recycling Lapisan Beraspal dengan Campuran Beraspal Panas*. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan
- Transportation Research Board. 1980. *Guidelines for Recycling Pavement Materials*. Washington, DC. TRB.
- Widajat, 2010. “Hubungan Parameter Kuat Tarik Tak Langsung Terhadap Modulus Resilien Campuran Beraspal Dingin Dengan Aspal Busa.” *Jurnal Jalan-Jembatan* 7 (2): 88-96.
- Wirtgen, 2004. “*Cold Recycling Manual*”. Germany: Wirtgen