

UJI COBA TEKNOLOGI DAUR ULANG CAMPURAN DINGIN DENGAN FOAM BITUMEN PADA JALAN PANTURA JAWA BARAT

Djoko Widajat

Puslibang Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution 264 Bandung

E-mail : joko_w@yahoo.com

Diterima : 02 Januari 2009; Disetujui : 20 April 2009

RINGKASAN

Teknologi daur ulang dapat diaplikasikan pada program pemeliharaan jalan seperti proyek rehabilitasi atau peningkatan jalan. Material daur ulang campuran dingin dapat menggunakan bahan garukan yang berasal dari lapis pondasi maupun permukaan perkerasan yang ada, guna membentuk lapis pondasi baru. Dengan menggunakan bahan pengikat dari foam bitumen dan tambahan aktif filler, akan dihasilkan peningkatan kekuatan (strength) dari campuran dan pengaruh air terhadap campuran dapat dikurangi karena adanya ikatan dari partikel material halus dengan bitumen tersebut.

Pembentukan foam bitumen terjadi ketika air dan udara dengan suatu tekanan disemprotkan ke aspal panas dalam suatu ruang pengembangan yang mengakibatkan terjadinya pembusaan aspal secara spontan. Uap yang terjadi pada saat berlangsungnya proses bertemunya air dengan aspal panas, terjebak dalam gelembung-gelembung kecil yang menyebabkan sifat fisik aspal berubah sementara. Adanya pengembangan busa menyebabkan volume aspal bertambah besar namun dalam waktu singkat busa akan menyusut dan volume aspal kembali ke semula. Untuk memproduksi campuran, agregat dicampurkan secepatnya hingga homogen dengan aspal yang masih berbentuk foam. Makin banyak volume foam bitumen yang dihasilkan, makin besar distribusi bitumen dalam campuran.

Paper ini menyajikan uraian tentang teknologi daur ulang dengan bahan pengikat foam bitumen yang telah diaplikasikan pada jalur jalan Pantura. Jalur ini merupakan jalur transportasi yang strategis dan ekonomis dengan volume lalu-lintas padat dan beban kendaraan tinggi. Perkerasan jalan yang ada (existing pavement) merupakan perkerasan dengan lapisan permukaan beraspal yang cukup tebal, hasil pelapisan (overlay) yang telah dilaksanakan beberapa kali.

Kata kunci : daur ulang, foam bitumen, bahan garukan, aktif filler

SUMMARY

Technology of recycling can be implemented in the road maintenance program such as road rehabilitation or betterment project. To construct new pavement base course, material for cold mix recycling comes from the existing surface or base pavement layer. An application of foam bitumen binder with addition of active filler, shows an increasing strength of mixture and the impact of water to the mixture can be reduced because of cohesion from fine material particle with the bitumen.

Foam bitumen occurred when water and air with a pressure, dispersed into hot bitumen in the expansion chamber, causing foaming of bitumen spontaneously. Fume which occurred during process in contact between water and hot bitumen, trapped in small bubbles which caused bitumen physical characteristic temporary changed. Foam expansion causes asphalt volume increased but in the short time foam reduced and the asphalt volume back to the origin. To make a mixture, as possible aggregate is mixed rapidly with foam bitumen until homogenous mixture obtained. The higher the volume of foam bitumen resulted the higher the bitumen distribution in the mixture.

This paper describes about recycling technology with foam bitumen as a binder which has been implemented in Pantura road link. This link is a strategic and economic transportation lane with high volume and heavy traffic loading. The existing pavement has thick bitumen surface course resulted from past overlays.

Keywords : *recycling, foam bitumen, reclaimed material, filler active.*

PENDAHULUAN

Jalur jalan pantai utara pulau Jawa (Pantura) merupakan jalur transportasi yang strategis dan ekonomis dengan volume lalu-lintas padat dan beban kendaraan tinggi. Permukaan jalan yang ada merupakan lapisan beraspal yang cukup tebal hasil pelapisan (*overlay*) beberapa kali dan lapis pondasi jalan yang ada diperkirakan sudah mengalami penurunan kekuatan sehingga memerlukan peningkatan.

Bahan jalan seperti agregat diperoleh dari daerah sekitar namun diperlukan pemilihan yang selektif untuk mendapatkan material yang mempunyai kualitas yang baik. Teknologi daur ulang diharapkan dapat mengatasi masalah ini dengan cara antara lain penambahan bahan baru dan atau bahan tambahan pada material bekas garukan perkerasan lama merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan daya dukung dari material bekas garukan. Manfaat lain dari daur ulang adalah dapat

mengurangi keperluan akan bahan baru (agregat dan aspal), sehingga nilai ekonomis bahan garukan meningkat, menghemat biaya konstruksi jalan, menghemat energi, geometrik jalan dapat dipertahankan serta melestarikan sumber alam. Dengan alat yang memadai pelaksanaan dapat dilakukan dengan cepat, berkualitas baik dan ekonomis.

KONDISI JALAN LAMA DAN PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN

Permukaan jalan yang ada merupakan lapisan beraspal yang cukup tebal hasil pelapisan (*overlay*) beberapa kali. Pada daerah uji gelar tebal perkerasan yang ada antara 80-110 cm dengan tebal lapis beraspal antara 20-50 cm, serta sisanya



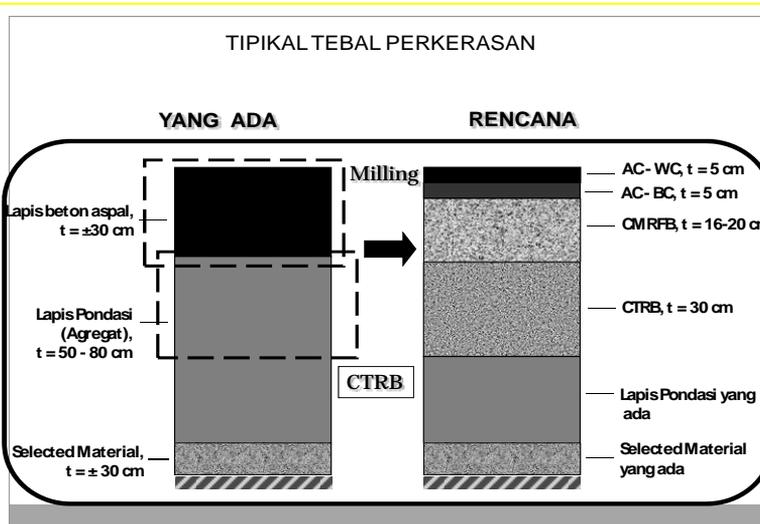
Gambar 1a. Tipikal kerusakan KM 28+200

berupa lapis *granular* material dan *selected* material diatas tanah dasar. Kerusakan yang terjadi umumnya alur didaerah jejak roda kendaraan, retak dan lepas-lepas. Di beberapa tempat kedalaman alur mencapai > 2 cm di posisi lajur cepat yang sangat mengurangi ketidaknyamanan pengemudi dan membahayakan lalu lintas. Tipikal kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1 a dan 1 b.

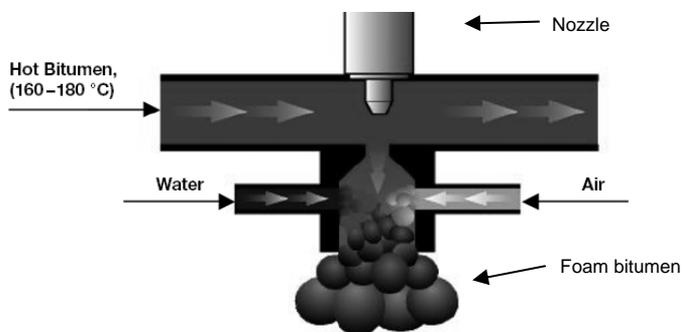
Penanganan kerusakan dilakukan dengan teknologi daur ulang dengan ketebalan lapis CMRFB (*Cold Mix Recycling by Foam Bitumen*) sebagai lapis pondasi, yang terletak antara lapis CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) dan Lapis beraspal (AC BC dan AC WC). Tipikal ketebalan perkerasan antara perkerasan yang ada dan tebal rencana dengan susunan seperti Gambar 2.



Gambar 1b. Tipikal kerusakan KM 28+400



Gambar 2. Tipikal tebal perkerasan yang ada dan tebal rencana



Gambar 3. Skema terbentuknya *foam bitumen* dari salah satu *nozzle* alat pembentuk foam
 Sumber : Wirtgen, 2004, *Cold Recycling Manual*

**BATASAN DAN KRITERIA
 CAMPURAN DENGAN FOAM
 BITUMEN**

a) Foam bitumen

Busa aspal (*foam bitumen*) terjadi ketika sejumlah air dingin didispersikan pada aspal panas dengan suatu

tekanan udara yang menimbulkan bertambahnya luas permukaan dan menurunnya viskositas aspal secara signifikan.

Busa aspal selanjutnya digunakan sebagai bahan pengikat bahan daur ulang. Proporsi air dingin sekitar 2% berat aspal dan temperatur aspal

panas sekitar 160°C. Aspal ini berbentuk *foam* hanya dalam waktu singkat sehingga harus segera dicampurkan dengan material yang akan dipergunakan. Skema terjadinya *foam bitumen* dapat dilihat pada Gambar 3.

Foam Bitumen dapat dibuat dari Aspal Keras Pen 60 atau Aspal Keras Pen 80 dengan proporsi air tertentu dispesifikasikan memiliki Rasio Pengembangan (*expansion ratio*) minimum 10 kali dan Paruh Umur (*Half Life*) minimum 8 detik. Makin tinggi *expansion ratio* maupun *Half Life*, kualitas *foam bitumen* makin baik. Di beberapa Negara terdapat beberapa kriteria besarnya *expansion ratio* dan *half life*, seperti Wirtgen 2004 membatasi *expansion ratio* minimum 8 kali dan *half life* minimum 6 detik, umumnya aspal yang digunakan jenis pen 80. Bahan tambah (*additive*) dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dari foam bitumen.

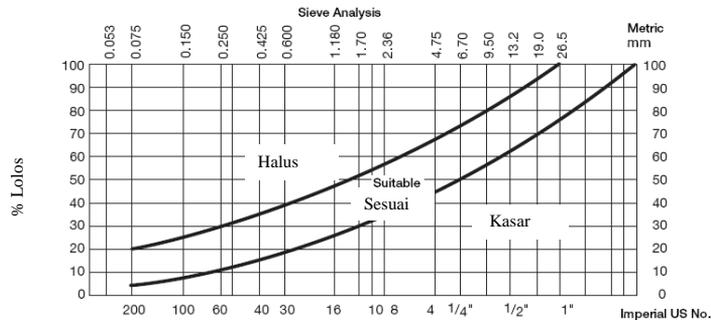
Foam bitumen mempunyai keuntungan dibandingkan dengan aspal keras karena dapat dicampurkan secara dingin. Kekuatan campuran antara material dengan *foam bitumen* terutama didasarkan atas penyelimutan *foam bitumen*

terhadap material halus yang membentuk mastic aspal.

b) Daur ulang campuran beraspal dingin dengan *foam bitumen*

Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Dengan *Foam Bitumen* (CMRFB-Base) adalah campuran antara *Reclaimed Asphalt Pavements* (RAP) dan agregat baru (bila diperlukan) serta *Foam Bitumen* yang dicampur di Unit Produksi Campuran Beraspal Sentral (*in plant*) atau pencampuran di tempat (*in place*), dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin. Sebagai bahan pengisi atau pengikat awal dapat berupa semen atau kapur. Apabila digunakan *filler* semen, sebaiknya kadar semen tidak terlalu besar, umumnya sekitar 1,5%- 2%, hal ini dimaksudkan agar campuran tidak terlalu kaku.

Guna mendapatkan hasil yang maksimal campuran agregat diusahakan memenuhi gradasi yang disarankan. Gradasi agregat gabungan tersebut merupakan gradasi gabungan antara agregat baru (bila diperlukan), RAP dan *filler* harus berada di dalam batas-batas amplop gradasi yang diberikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Gradasi Agregat Gabungan

Sumber : Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2007, Spesifikasi Khusus dan Daur Ulang *Foam Bitumen*

c) Kriteria Campuran

Tipikal kriteria suatu campuran CMRFB yang cocok memenuhi kriteria dalam Tabel 1. Pada spesifikasi khusus kriteria campuran dibedakan berdasarkan lalu-lintas rencana yang ditunjukkan dengan penggunaan diameter benda uji. Untuk lalu lintas lebih kecil 5×10^6 ESA pengujian didasarkan pada benda uji dengan diameter 10 cm sedangkan untuk lalu lintas lebih besar 5×10^6 ESA pengujian dilanjutkan guna menentukan ITS dengan benda uji diameter 15 cm pada kondisi kadar *foam* optimum. Kriteria nilai UCS untuk kedua kondisi lalu lintas sama yaitu 700 kPa dengan menggunakan diameter benda uji 15 cm. Nilai ITS untuk kriteria ini perlu dikembangkan lebih lanjut, berdasarkan pengalaman di beberapa Negara untuk pekerjaan rehabilitasi atau peningkatan, diameter benda uji yang digunakan cukup dengan menggunakan diameter 10 cm untuk lalu lintas berat maupun ringan, sedangkan untuk pekerjaan yang memerlukan peninjauan lebih detail

khususnya pada lalu-lintas berat untuk perencanaan ITS dapat menggunakan diameter 15 cm (misal menghitung *Modulus Resilient*).

a) Formula Campuran Rancangan (*Design Mix Formula*)

Formula Campuran Rancangan (DMF) untuk campuran yang digunakan dalam pekerjaan mencakup beberapa hal seperti :

- Ukuran nominal maksimum partikel.
- Sumber-sumber agregat baru (bila digunakan).
- Persentase setiap fraksi agregat baru (bila digunakan)
- Persentase *filler*.
- Jenis aspal, *expansion ratio* dan *half life*.
- Gradasi gabungan antara RAP dengan agregat baru (bila digunakan).
- Kadar air pembentuk *foam*
- Kadar air campuran
- Kadar *foam bitumen* dalam campuran.

Tabel 1.

Kriteria Sifat Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi Dengan Foam Bitumen

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 ⁽³⁾	80	80
Unconfined Compressive Strength (UCS); kPa (Diameter benda uji 15 cm)	Min	700	700

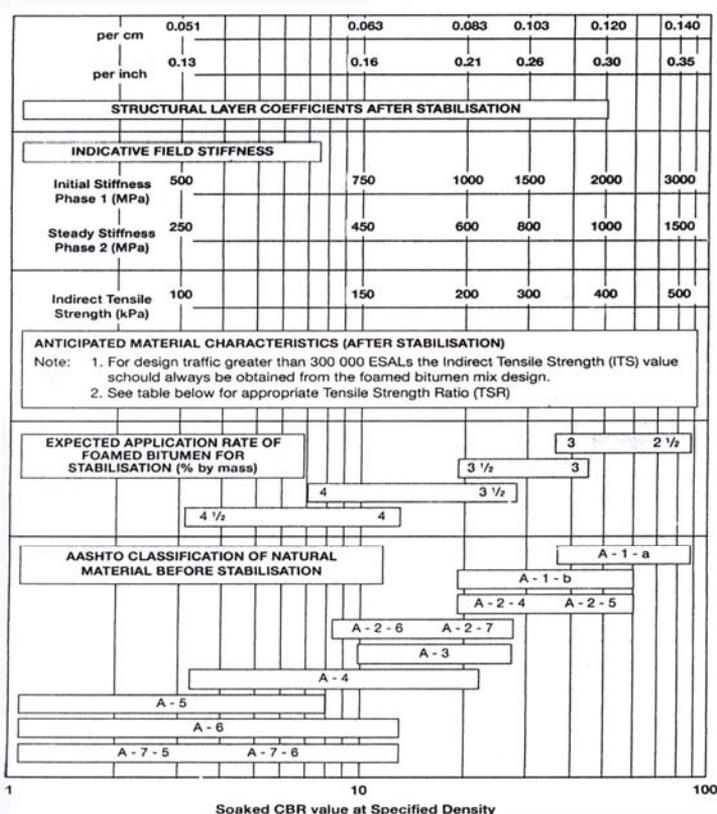
Catatan :

1. 2 x 75 Tumbukan Dengan Alat Pematik Marshall
2. MP = Modified Proctor atau Kepadatan Berat

3.

$$TSR = \frac{ITS_{rendam}}{ITS_{kering}}$$

Sumber : Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2007, Spesifikasi Khusus dan Daur Ulang *Foam Bitumen*



Gambar 5. *Structural Layer Coefficient* yang disarankan untuk material yang distabilisasi dengan *foam bitumen*

Sumber : Wirtgen, 2004, *Cold Recycling Manual*

b) Koefisien layer

Perencanaan tebal perkerasan lentur metode analisa komponen menggunakan Indeks Tebal Perkerasan (*Structural Number*) sebagai dasar perencanaan tebal perkerasan. Guna menentukan besaran ITP diperlukan tipe dan kualitas material terhampar serta tebal lapis perkerasan. Indeks tebal perkerasan dapat diestimasi dengan menggunakan *Structural Layer Coefficients* setiap lapis perkerasan. Wiertgen (2004) telah menyediakan hubungan antara beberapa nilai ITS dengan *structural layer coefficients*, untuk campuran dengan foam bitumen dengan ITS sebesar 300 kPa, *structural layer coefficients* sebesar 0,26. Gambar hubungan nilai ITS dengan *Layer Coefficients* dapat dilihat pada Gambar 5.

c) Kekakuan campuran (*Stiffness*)

Kekakuan campuran terhadap besarnya tegangan dan regangan dapat dinyatakan dengan *Modulus Resilient*. *Modulus Resilient* (MR) dari benda uji diameter 10 cm (benda uji Marshall) campuran dingin dengan *foam bitumen* dapat di uji di laboratorium dengan alat uji beban berulang misal Umatta. Berdasarkan Wiertgen,2004 campuran material menggunakan *foam bitumen* sebagai bahan pengikat setelah dihamparkan dan dilalui lalu lintas mengalami 2 fase perubahan yaitu :

- fase 1 : Penurunan kekakuan campuran dengan *foam bitumen* pada tahap awal dibukanya perkerasan untuk lalu lintas, dilanjutkan dengan :
- fase 2 : Deformasi permanen yang terjadi pada nilai kekakuan terendah.

Formula yang digunakan untuk menghitung *Modulus Resilient* (MR) adalah sebagai berikut :

Fase 1 :

$$MR \text{ fase 1} = \{ \log(ITS \text{ equ}) \times 3950 - 7000 \} \times TSR \times F \text{ drainase}$$

Fase 2 :

$$MR \text{ fase 2} = \frac{(MR \text{ fase 1} \times TSR)}{(0.5 \times UCS \text{ equ}) + 0.7}$$

Dimana :

$$MR \text{ fase 1} = \text{Resilient Modulus fase 1 (Mpa)}$$

$$ITS \text{ equilibrium} = ITS \text{ pada kadar air keseimbangan (kPa)}$$

$$TSR = \text{tensile strength retained (perbandingan ITS rendaman dan tidak direndam)}$$

$$F \text{ drainase} = \text{Faktor drainase dari Tabel 2}$$

$$MR \text{ fase 2} = \text{Resilient Modulus fase 2 (Mpa)}$$

$$UCS \text{ equilibrium} = UCS \text{ pada kadar air keseimbangan (Mpa)}$$

Hasil perhitungan MR ini digunakan sebagai pendekatan dalam menghitung tebal perkerasan dengan metode mekanistik. Teknologi daur ulang dengan metode ini terus berkembang sehingga aplikasi penggunaan formula ini perlu dikaji lebih lanjut.

Tabel 2
Faktor drainase

Qualitas drainase	Hujan tahunan rata-rata (mm)			
	< 200	200-600	600 – 1000	> 1000
Sangat baik	1,4	1,3	1,2	1,1
Baik	1,3	1,2	1,1	1,0
Sedang	1,2	1,1	1,0	0,9
Buruk	1,1	1,0	0,9	0,8
Sangat buruk	1,0	0,9	0,8	0,7

Sumber : Wirtgen, 2004, *Cold Recycling Manual*

PELAKSANAAN CMRFB (*COLD MIX RECYCLING FOAM BITUMEN*)

1. *Expansion life* dan *half life*

Perencanaan persentase *foam bitumen* di laboratorium yang digunakan adalah alat WLB 10. Dari percobaan untuk aspal pen 60 pada suhu 160° dan air pembentuk foam 2 % didapat *Expansion ratio* sebesar 17 kali dan *Half life* 9 detik. Persyaratan yang diusulkan dalam spesifikasi khusus nilai *expansion rasio* minimum 10 kali dan *half life* 8 detik. Makin besar *expansion ratio* dan *half life* kualitas foam yang terjadi makin baik.

2. Perencanaan kadar foam bitumen

Pada studi ini komposisi RAP dan abu batu untuk mendekati gradasi adalah 73,5% RAP dan 25% agregat halus serta 1,5 % semen. Istilah agregat halus pada daerah tertentu sering disebut abu batu. Dari perencanaan didapat *Foam Bitumen* 2,50%, air pembentuk foam 2-2,5% dan kadar air optimum campuran sekitar 8%. Guna mencapai nilai ITS

yang masuk dalam criteria, pemadatan campuran dilapangan dilakukan pada kadar air yang sesuai serta dihindarkan lebih tinggi dari kadar air optimum.

3. Prosedur pelaksanaan

Tipikal tebal perkerasan lama yang perlu didaur ulang sebagai tebal konstruksi baru adalah 60 cm meliputi 10 cm lapisan aspal (5 cm AC BC dan 5 cm AC WC), 20 cm CMRFB dan 30 cm CTRB. Selama pelaksanaan, sepanjang sekitar 1 km jalur jalan ditutup untuk lalu lintas dan kendaraan dialihkan ke jalur sebelahnya yang berbatasan dengan median jalan. Lalu lintas diatur menjadi 2 lajur 2 arah tanpa median. Mengingat jalan Pantura merupakan jalur lalu lintas yang berat dan padat maka diperlukan aparat untuk mengatur dan menjaga lalu lintas tetap lancar. Penggarukan (*milling*) lapis perkerasan menggunakan alat type DC sedalam 30 cm dengan lebar sekitar 2 m. Di beberapa lokasi karena tebal aspal cukup besar, penggarukan lapisan dilakukan secara 2 tahap. Hasil garukan mengandung aspal

(RAP) maupun granular material (RAM) di muat kedalam truk dan diangkut ke *base camp* sebagai stok material yang akan digunakan untuk campuran daur ulang. Lapis perkerasan yang belum tergaruk setebal 30 cm merupakan lapis yang disiapkan untuk lapis CTRB yang digaruk dan dicampur dengan RAP dan semen secara langsung di lapangan (*in place*) dengan alat WR 2500. Permukaan ini merupakan dasar untuk lapis CMRFB.

Guna menghindari penguapan yang terlalu cepat dan juga sebagai lapis peresap lapisan di atasnya, lapis CTRB diberi perekat emulsi sebanyak 0,15 – 0,35 l/m². Penghamparan CMRFB dilaksanakan setelah CTRB berumur minimum 4 hari.

4. Pencampuran dan penghamparan

Sistim pencampuran dan penghamparan CMRFB dapat menggunakan unit produksi sentral (*in plant*) atau unit produksi di tempat (*in place*).

Dalam studi ini metode pencampuran yang digunakan adalah secara sentral (*in plant*) dengan alat produksi pencampur jenis KMA 200 yang dilengkapi antara lain dengan 2 buah penampung agregat, unit pembentuk *foam bitumen*, unit pemasok air, unit pemasok semen, unit pencampur dan elevator pemasok campuran ke bak *dump truck*. Penghamparan campuran di lapangan menggunakan alat penghampar

(*paver*). Pemadatan dilakukan dengan tahapan pemadatan *Tandem Roller* (2 pass), *Vibro roller* dengan amplitudo tinggi dilanjutkan dengan amplitudo rendah (6 pass) dan kemudian *Pneumatic Tire Roller* (5 pass).

Pemadatan dilaksanakan pada sekitar 90% kadar air optimum; kadar air yang berlebihan akan menghalangi kohesi antara partikel agregat. Berdasarkan percobaan laboratorium dengan menggunakan bahan campuran yang di laksanakan pada proyek ini dan memvariasikan proporsi kadar air, menunjukkan bahwa nilai ITS terbesar tidak terjadi pada kadar air optimum tetapi pada antara 80-90% kadar air optimum.

Derajat kepadatan lapangan yang dicapai umumnya lebih besar dari 98% kepadatan proctor laboratorium maksimum.

Campuran padat CMRFB dibiarkan sekitar 2 hari sebelum dilapisi dengan lapis beraspal guna memberi kesempatan kadar air campuran menguap minimum mencapai sekitar 50%.



Gambar 6a. Unit pencampur campuran dingin dengan *foam bitumen* (KMA 200)



Gambar 6b. Paver penghampar campuran dengan *foam bitumen*

5. Hasil pengujian laboratorium.

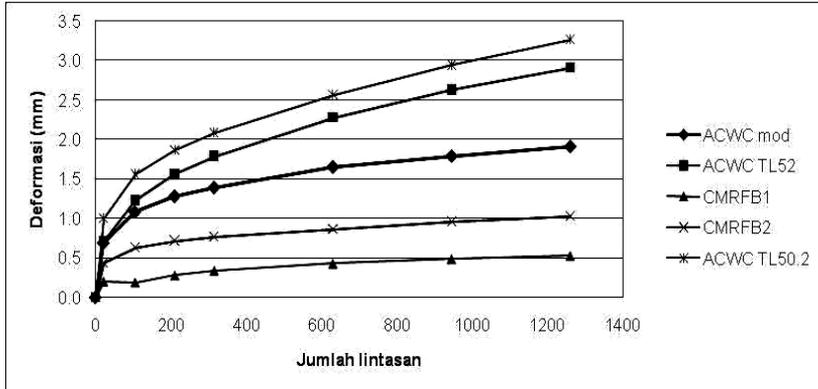
Sebagai pendekatan penilaian terhadap kinerja CMRFB, di laboratorium, telah dilakukan beberapa jenis pengujian. Pengujian benda uji dengan alat Marshall mendapatkan nilai *Stability* Marshall antara 756 – 2700 kg. Sebagai pembandingan persyaratan nilai *stability* minimum untuk Beton aspal adalah 800 kg dengan persyaratan lainnya yang harus dipenuhi.

Pengujian dengan beban dinamis alat Ummata memberikan nilai Resilient modulus CMRFB antara 1300 – 3000 MPa. Dari hubungan jumlah lintasan dan *displacement* dengan alat *Wheel Tracking Machine* terlihat bahwa kecepatan deformasi dari

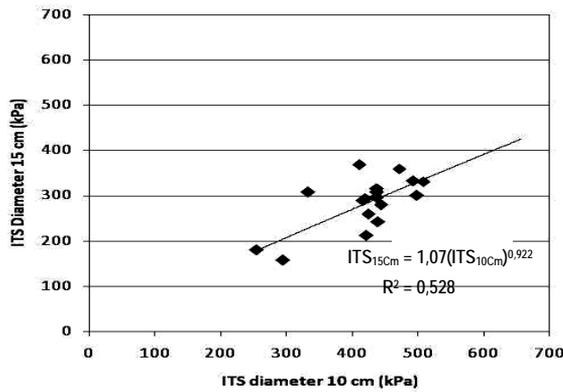
CMRFB lebih lambat dari campuran aspal pen 60 maupun aspal modifikasi. Hubungan deformasi dan jumlah lintasan dapat dilihat pada Gambar 7.

6. Nilai ITS dan UCS

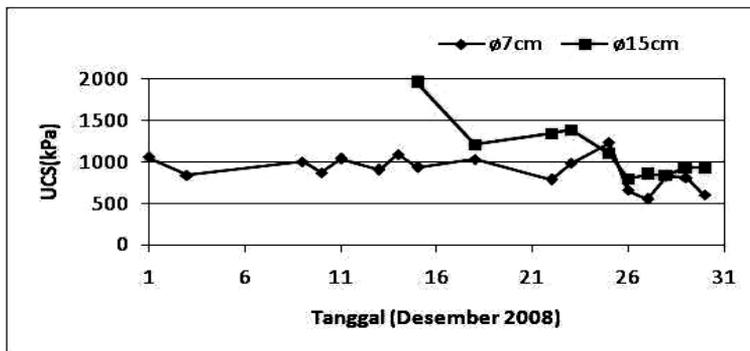
(i) ITS produksi harian alat KMA 200 Sebagai uji mutu harian produksi CMRFB dilakukan pengujian ITS diameter 10 cm dan 15 cm. Kondisi dari contoh uji kedua diameter berbeda, pada benda uji diameter 10 cm ITS diuji pada kondisi kadar air kering oven temperatur 40°C, sedangkan benda uji diameter 15 cm ITS diuji pada kondisi kadar air keseimbangan (dibungkus dalam plastic dan di oven pada temperature 40°C). Sebagai pendekatan nilai ITS dari kedua diameter diplotkan dalam suatu grafik dan di buat suatu garis regresi. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8. Dengan koefisien determinasi 0,53 besar nilai ITS diameter 15 cm adalah sekitar 65% dari ITS diameter 10 cm. Diperkirakan rendahnya koefisien determinasi disebabkan oleh besarnya variasi RAP dan perbedaan kondisi benda uji.



Gambar 7. Hubungan deformasi dan jumlah lintasan pada alat *Wheel Tracking Machine (WTM)*



Gambar 8. Hubungan nilai ITS diameter 10 cm Vs 15 cm



Gambar 9. Nilai UCS CMRFB produksi alat KMA 200 pada bulan Desember

(ii) UCS

Tipikal hasil pengujian UCS dari produksi harian CMRFB dapat dilihat pada Gambar 9. Sebagai perbandingan pengujian UCS dilakukan dengan menggunakan benda uji diameter 7 cm dan 15 cm. Pada tipikal contoh ini umumnya nilai UCS diameter 7 cm (diameter 7 cm, tinggi 14 cm) nilai UCS lebih besar dari 700 kpa dapat tercapai dan nilai UCS diameter 15 cm lebih besar dari UCS diameter 7 cm.

7. Manajemen lalu lintas

Jalan Pantura terdiri 2 jalur lalu lintas arah Jakarta dan arah Cirebon yang dibatasi oleh median jalan, dengan masing-masing jalur terdiri dari 2 lajur lalu lintas. Pelaksanaan daur ulang memerlukan pengaturan lalu lintas yang cermat, karena selama pelaksanaan daur ulang lalu lintas untuk beberapa hari tidak dapat melewati lokasi pekerjaan, hal ini dikarenakan konstruksi lapisan daur ulang (CTRFB dan CMRFB) ini memerlukan waktu pematangan (*curing time*). Di lokasi ini, karena jalur jalan dibatasi oleh median maka arus lalu lintas dapat dipindahkan untuk lewat ke jalur sebelahnya sehingga untuk sementara jalur ini menjadi 2 lajur 2 arah lalu lintas. Gambar 10a dan Gambar 10 b menunjukkan median jalan dan pengalihan lalu lintas di Panturan selama pekerjaan daur ulang. Untuk jalur jalan lain yang terdiri dari 2 lajur 2 arah, beberapa alternatif dapat dipertimbangkan seperti

membuat *detour* jalan, memindahkan arus lalu lintas ke jalan alternatif atau mengatur lalu lintas secara ketat.



Gambar 10a. Median jalan pembatas arah lalu- lintas



Gambar 10b. Lalu-lintas dipindahkan ke jalur sebelah sebelum pekerjaan daur ulang selesai

OBSERVASI PASKA UJI GELAR

a) Pengambilan contoh core drill

Titik pengambilan contoh uji dilakukan dengan *core drill* diameter 10 cm pada setiap jarak 300 m per titik untuk seluruh lokasi pengujian. Pengambilan benda uji dilaksanakan pada permukaan perkerasan AC WC. Pada waktu pengambilan benda uji Lapis *Foam* (CMRFB) berumur sekitar

40 hari sejak hamparan dilaksanakan dan telah dilalui lalu lintas.

Belum ada cara baku untuk mengetahui ITS setelah hamparan dilalui lalu lintas, namun sebagai pendekatan pembuatan benda uji untuk tujuan pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* CMRFB contoh *coring* diambil sampai kedalaman *foam* dengan panjang antara 16 - 20 cm yang dipotong menjadi 2 - 3 bagian sehingga besar briket berukuran mendekati benda uji Marshall. Selanjutnya setiap bagian (bagian bawah, tengah dan atas) dilakukan pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*. Kriteria ITS laboratorium dalam spesifikasi merupakan hasil uji contoh besarnya nilai ITS benda uji pada umur 3 hari di laboratorium. Hasil pengambilan contoh dan alat uji ITS dapat dilihat pada Gambar

Berdasarkan hasil pengujian besarnya ITS CMRFB pelaksanaan *in plant* dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

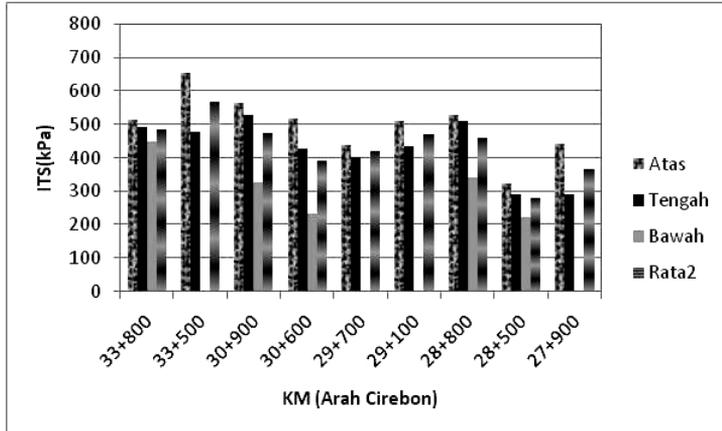


Gambar 11. Contoh hasil *Core drill*

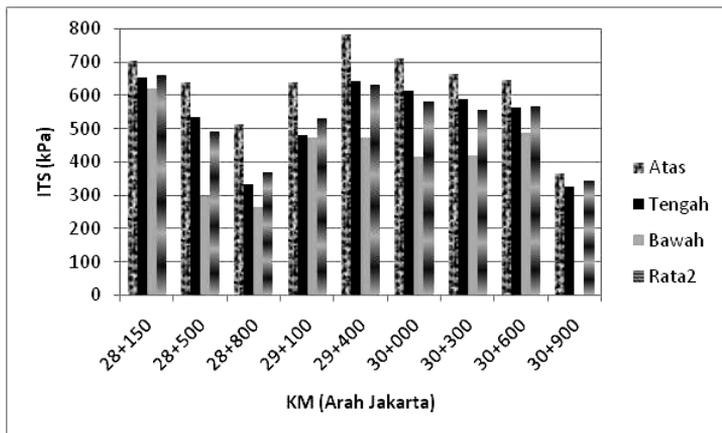


Gambar 12. Alat uji ITS

Pada Gambar 13a dan 12b terlihat bahwa nilai ITS CMRFB hamparan dengan metode *in plant* setelah berumur sekitar 40 hari umumnya lebih besar dari 300 kPa. Nilai ITS rata-rata yang dicapai untuk setiap titik pemeriksaan antara 280 kPa – 560 kPa (arah Cirebon) dan 340 kPa – 660 kPa (arah Jakarta). Hal ini dapat mengindikasikan bahwa nilai ITS laboratorium dapat dicapai setelah hamparan berumur beberapa hari. Nilai ITS bagian bawah umumnya paling rendah dibandingkan bagian tengah maupun bagian atas. Pengaruh pemadatan memberikan efek sekitar 75% dibagian bawah dan 85% bagian tengah. Pemadatan yang kurang mempunyai efek menurunkan nilai ITS yang cukup besar khususnya dibagian bawah.



Gambar 13a. Distribusi nilai ITS hasil core drill jalur jalan arah Cirebon



Gambar 13b. Distribusi nilai ITS hasil core drill jalur jalan arah Jakarta

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa hal dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut :

- *Foam bitumen* dapat digunakan sebagai salah satu alternative bahan pengikat dalam teknologi daur ulang campuran dingin

sebagai lapis pondasi. Diperlukan peralatan khusus dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan meliputi unit alat uji laboratorium dan unit alat lapangan.

- Kadar air yang tepat perlu menjadi perhatian karena merupakan salah

- satu faktor penting dalam pencampuran dan pemadatan.
- Pelapisan konstruksi diatas CMRFB memerlukan waktu sekitar 2 hari guna memberi waktu kandungan air dalam campuran bitumen menurun.
 - Nilai UCS dengan benda uji diameter 15 cm umumnya lebih besar dari diameter 7 cm.
 - Nilai ITS untuk benda uji diameter 15 cm umumnya lebih kecil dari diameter 10 cm.
 - Dari hasil pengujian kinerja campuran di laboratorium dan observasi pasca konstruksi dilapangan menunjukkan bahwa kriteria CMRFB yang direncanakan dapat dicapai di lapangan setelah campuran berusia beberapa hari dan perkerasan jalan telah menerima beban lalu lintas.
 - Perlu pengkajian lebih lanjut guna penyempurnaan perencanaan maupun pelaksanaan teknologi daur ulang ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Acot SM and Myburgh PA, *Design and performance study sand bases treated with foamed asphalt*, TRR 898, p.290 – 296.
- AusStab, 2006, *Model specification for plant-mix stabilisation of main roads using bituminous binders*, Australian Stabilisation Industry Association Limited, NSW.
- Bissada AF, *Structural response of foamed Asphalt sand mixtures in hot environments*, TRR 1115, p 134-149.
- Bofinger HE ,1970, *The measurement of the tensile properties of soil-cement*. RRL Report LR 365. Crowthorne, Berkshire.
- Djoko Widajat, 2008, *Laporan Akhir uji gelar teknologi daur ulang Pantura*, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Mike Marshall, 2004, *Cold foam in place recycling*, Wirtgeb job report: Highway 20, California/USA.
- Mike Yu, 2005, *Cold in plant recycling with foamed bitumen and cement*, Wirtgen report : Xibao Expressway/Shaanxi Province, China).
- Puslitbang jalan dan Jembatan, Badan Litbang Pekerjaan Umum, 2007, *Spesifikasi khusus Daur ulang Campuran Dingin dengan foam bitumen sebagai lapis pondasi*. Jakarta.
- Wirtgen Gmbh, 2004, *Cold Recycling Manual*, Hohner Strasse 2. 53578 Windhagen. Germany.