

CHARACTERISTICS OF RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT AS A ROAD PRESERVATION RECYCLING MATERIAL

KARAKTERISTIK RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT SEBAGAI BAHAN DAUR ULANG PRESERVASI JALAN

Sri Sunarjono¹⁾, Renaningsih²⁾, Wahyu Purnomo³⁾, Danny Kelana Giri⁴⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp. (0271) 717417 psw 159, Fax. (0271) 730722, website: <http://www.ums.ac.id>, e-mail: ssunarjono@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura 57102, telp. (0271) 717417 e-mail : dyrenaningsih@yahoo.co.id

^{3),4)} Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura 57102

ABSTRACT

Reclaimed Asphalt Pavement, known as *RAP* material, is a road pavement waste. This material contains of aged bitumen and graded aggregate which can be employed as a better road material quality. The need to use *RAP* material is due to environment issues to enhance human life quality and save earth. This paper reports the results of investigation of *RAP* material properties in order to study the potential use of *RAP* as a friendly road pavement material. *RAP* material was delivered to laboratory and then its physical and mechanical properties was investigated. In this study the *RAP* material was mixed in cold and warm condition in order to assess its quality if used as a road material. The results showed that the *RAP* material may not be used as a base course material. Their California Bearing Ratio (CBR) values also presented that this material is better used as a sub-base course material. When the *RAP* material was mixed with new aggregate, it was found that their CBR values did not increase due to the lack of new aggregate properties. It was also found that their CBR decreased when the *RAP* material was mixed in warm temperatures. It may be the aged bitumen was too hard and then it can not bind the aggregate particles. In this paper, the deformation characteristics was also studied by utilizing the CBR curves.

Key words: *RAP*, road pavement, road recycling

ABSTRAK

Reclaimed Asphalt Pavement atau sering disebut sebagai *RAP*, adalah limbah perkerasan jalan. Bahan ini terdiri atas agregat dan aspal yang telah mengalami aging. Kedua komponen bahan limbah ini dapat dimanfaatkan menjadi bahan jalan yang berkualitas. Kebutuhan untuk memanfaatkan bahan *RAP* disebabkan oleh isu lingkungan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dan memelihara bumi. Tulisan ini melaporkan hasil investigasi propertis bahan *RAP* dalam rangka mempelajari potensi penggunaan *RAP* sebagai bahan perkerasan jalan yang ramah lingkungan. Hasil investigasi menunjukkan bahwa bahan *RAP* mungkin tidak dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi atas. Nilai CBR (California Bearing Ratio) bahan *RAP* lebih ideal untuk digunakan sebagai bahan lapis pondasi bawah. Bila bahan *RAP* dikombinasikan dengan agregat baru, ternyata nilai CBRnya tidak menunjukkan adanya kenaikan. Namun hal ini ditengarai akibat buruknya propertis agregat baru yang digunakan. Hasil investigasi menggunakan sistem pencampuran hangat juga menunjukkan bahwa nilai CBR bahan *RAP* mengalami penurunan. Hal ini mungkin disebabkan aspal *RAP* sudah terlalu keras sehingga tidak mampu mengikat partikel agregat. Dalam tulisan ini, karakteristik deformasi bahan *RAP* juga dipelajari berdasarkan grafik CBR.

Kata-kata kunci: *RAP*, perkerasan jalan, daur ulang jalan

PENDAHULUAN

Reclaimed Asphalt Pavement atau sering dikenal sebagai *RAP* adalah bahan limbah perkerasan jalan. Bahan ini terdiri atas *degraded aggregate* dan *aged bitumen* yang masih mempunyai potensi untuk diolah kembali menjadi bahan perkerasan jalan dengan properties yang lebih berkualitas. Penggunaan *RAP* saat ini semakin menjadi kebutuhan karena desakan isu lingkungan terhadap kualitas hidup manusia dan kelanggengan bumi (Widyatmoko dan Sunarjono, 2007).

Sejarah perkembangan penggunaan bahan limbah *RAP* sangat erat hubungannya dengan isu lingkungan yang berkembang. Dorongan isu lingkungan dalam konteks ini adalah teknologi penggunaan bahan limbah berupa material *RAP* untuk bahan perkerasan baru dengan cara daur ulang. Isu teknologi ini merespon sangat positif dan berkembang sangat pesat di berbagai negara.

Awalnya, daur ulang material *RAP* diolah dengan sistem pencampuran panas (*hot-mix*). Pada sistem '*hot-mix in-place recycling*', konstruksi perkerasan 'aspal yang telah rusak' digali, digiling dan dihancurkan dengan mesin, kemudian ditambahkan sedikit aspal baru dengan pencampuran dalam kondisi panas (se-

kitar suhu 140°C-180°C). Semua kegiatan dilaksanakan di atas badan jalan atau di-tempat (*in-place*). Material yang sudah tercampur rata kemudian digelar dan di*RAP*ikan permukaannya, untuk kemudian dipadatkan dengan *roller compactor*, sehingga terbentuklah konstruksi perkerasan jalan yang baru. Teknologi ini mulai dite*RAP*kan di Indonesia sekitar pertengahan dekade 1990-an.

Isu lingkungan untuk menghemat energi dan mereduksi emisi gas karbon kemudian mendorong perubahan sistem daur ulang material *RAP* dari sistem *hot-mix* menjadi *cold-mix*. Pada sistem *cold-mix*, material jalan yang sudah dihancurkan di tempat, kemudian dicampur dengan semen atau aspal emulsi atau kombinasi keduanya dengan sistem pencampuran dingin (tidak perlu memanaskan agregat *RAP*), sebelum dipadatkan menjadi konstruksi perkerasan jalan yang baru. Pada teknologi *cold-mix recycling* yang terkini, bahan tambah aspal emulsi diganti dengan foamed bitumen yang menghasilkan hasil campuran yang lebih cepat mengeras, sehingga bisa langsung *open traffic* begitu proses pemadatan selesai. Teknologi *cold-mix recycling* sangat cepat berkembang di negara-negara Amerika, Kanada, Australia, Afrika Selatan, Eropa dan Asia (Sunarjono, 2008). Teknologi ini ke-

mudian mulai diterAPkan di Indonesia sejak tahun 2007, yaitu di Kalimantan Timur untuk peneRAPan aspal emulsi dan di Jawa Ba-rat untuk peneRAPan teknologi foamed bitumen (Widiyanto, 2009).

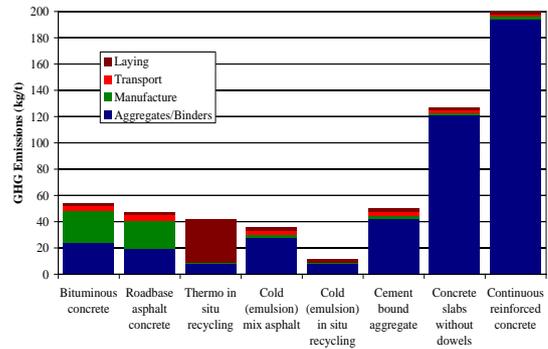
Paper ini melaporkan hasil investigasi terhadap properties RAP dalam rangka penjajagan penggunaan RAP untuk bahan perkerasan jalan. Setelah sifat fisis RAP diinvestigasi, bahan limbah ini kemudian dicoba diolah kembali dengan metode olahan dingin (cold mix) dan hangat (warm mix) untuk dilihat kemampuan daya dukung material untuk digunakan sebagai nbahan perkerasan jalan.

Teknologi Pemanfaatan Material RAP Melalui Metode Road Recycling

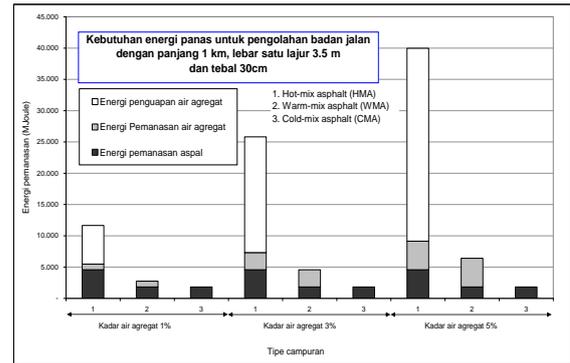
Teknologi pemanfaatan material RAP melalui metode road recycling semakin berkembang diberbagai negara, termasuk di Indonesia, karena dorongan kuat isu lingkungan. Teknologi daur ulang adalah salah satu alternatif program preservasi jalan. Teknologi ini menawarkan berbagai keuntungan lingkungan, di antaranya adalah mengurangi penggunaan bahan alam natural (agregat dan aspal), mengatasi problem limbah, menghemat penggunaan energi dan BBM serta mengurangi emisi gas karbon. Teknologi daur ulang biasanya selain menggunakan bahan agregat limbah, juga sistem pencampurannya secara dingin (cold-mix) atau secara hangat (warm-mix). Sedangkan teknologi konvensional biasanya menggunakan fresh aggregate dan sistem pencampurannya secara panas (hot-mix).

Chappat and Bilal (2004) mempresentasikan besar emisi gas rumah kaca (green house gas) bebeRAPa jenis pengolahan ba-han perkerasan jalan baik pada tahap pengadaan agregat/ binder, pembuatan campuran, transportasi material dan proses pengham-paran material di atas badan jalan (Gambar 1). Sebagaimana di-tunjukkan dalam Gambar 1, penggunaan CMA in-situ dapat me-reduksi emisi gas rumah kaca sebesar 76% relatif terhadap HMA. Keunggulan CMA (Cold-Mix Asphalt) dibandingkan HMA (Hot-Mix Asphalt) adalah pada komponen manufakturnya (proses pembuatan campuran) karena tidak memerlukan proses pemanas-an agregat. Sedangkan material yang menggunakan binder semen menyebabkan emisi yang besar terutama pada proses manufaktur semennya.

Pada Gambar 2 juga ditunjukkan energi perlu untuk HMA, CMA, dan WMA (Warm-Mix Asphalt). Untuk HMA, kebutuhan energi akan naik sebesar 7080 MJ setiap kenaikan 1% kadar air. Sedangkan untuk WMA kenaikannya sebesar 915 MJ untuk setiap kenaikan 1% kadar air. Berdasarkan data-data tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa pengolahan sistem CMA atau WMA sangat jelas menghemat kebutuhan energi bila dibanding-kan dengan sistem HMA.



Gambar 1. Emisi gas rumah kaca selama proses manufaktur dan konstruksi perkerasan jalan (After Chappat & Bilal, 2004)

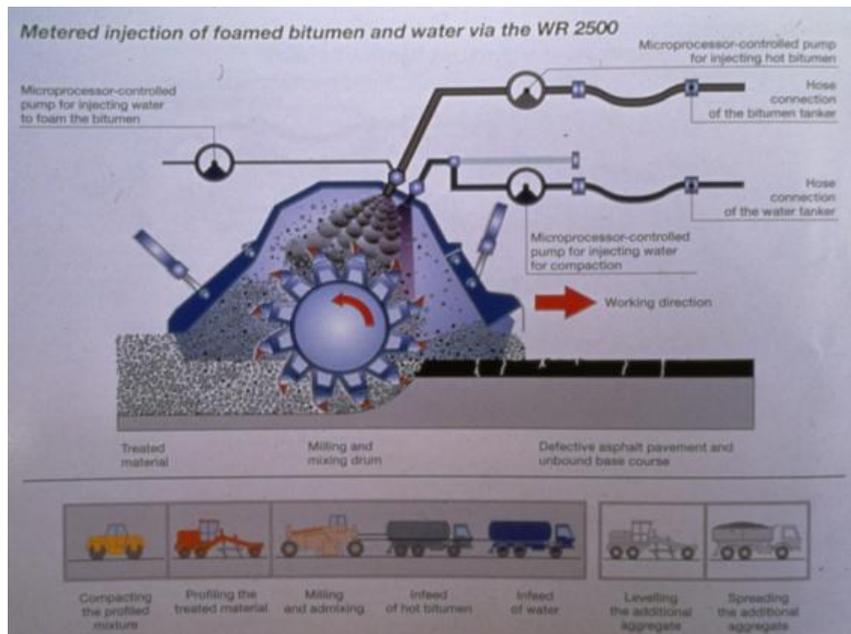


Gambar 2. Perbandingan kebutuhan energi untuk pemanasan aspal dan pengeringan agregat antara HMA, WMA dan CMA.

Teknologi daur ulang bahan perkerasan jalan sangat cocok dilaksanakan pada ruas jalan yang sudah rusak dan sudah tidak efektif lagi untuk diperbaiki atau dilakukan lapis ulang di atasnya (Gambar 3). Secara konvensional, perkerasan jalan yang sudah rusak ini kemudian biasanya harus diganti dengan material yang baru. Bila material bekas perkerasan ini sangat banyak dan menumpuk, maka akan memunculkan problem limbah yang dapat mengganggu lingkungan. Belakangan, muncul teknologi baru untuk mendaur ulang material bekas tersebut dan ditambah dengan bahan semen/ aspal emulsi/ foamed bitumen untuk kemudian di-jadikan material perkerasan yang baru sebagai bahan perkerasan jalan. Cara ini sering disebut dengan metode daur ulang atau 're-cycling' dan material bekas perkerasan yang didaur ulang dikenal sebagai 'reclaimed asphalt pavement' atau disingkat RAP.



Gambar 3. Contoh kondisi jalan yang layak didaur ulang



Gambar 4. Sistem kerja pekerjaan daur ulang perkerasan jalan sistem *in-place recycling*

Dalam pelaksanaan di lapangan, dikenal dua jenis metode recycling yaitu *'in-place recycling'* (daur ulang di-tempat) dan *'in-plant recycling'* (daur ulang di lokasi mesin pengolah). Pada metode *in-place recycling* (Gambar 4), perkerasan yang sudah rusak digali, dihancurkan, digiling dan dilakukan pencampuran di-tempat dengan diberi bahan tambah, kemudian langsung dipadatkan untuk menjadi perkerasan baru. Sedangkan pada metode *in-plant recycling*, material perkerasan yang rusak digali dan dihancurkan dan kemudian dibawa ke lokasi mesin pengolah untuk dilakukan proses pencampuran dengan diberi bahan tambah. Material hasil pencampuran kemudian dibawa lagi ke lokasi ruas jalan untuk digelar dan dipadatkan menjadi material perkerasan yang baru (Widyatmoko & Sunarjo, 2007).

METODE PENELITIAN

Material RAP yang digunakan dalam studi ini berasal dari kecamatan Masaran Kabupaten Sragen. Material ini kemungkinan merupakan limbah bongkaran perkerasan dari berbagai ruas jalan Kabupaten Sragen.

Material diangkut ke Laboratorium Teknik Sipil UMS dengan dikemas dalam karung, dan kemudian dikeringkan beberapa hari pada suhu kamar. Material kemudian diuji sifat fisis dan me-

kanisnya untuk dianalisa kemungkinan material RAP digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Material RAP kemudian juga dicoba diperbaiki gradasinya dengan menambahkan agregat baru. Campuran dengan komposisi baru ini kemudian diuji sifat fisis dan mekanisnya untuk dianalisis kemampuan daya dukungnya.

Kurva deformasi vs beban pada pengujian CBR kemudian dipelajari untuk melihat karakteristik deformasi material saat proses pembebanan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Sifat Fisis Material RAP

Kondisi fisik material RAP dapat dilihat pada Gambar 5. Pada kondisi basah, material ini tampak berwarna hitam, namun pada kondisi kering material ini berwarna agak kecoklatan. Nilai kadar air aslinya sekitar 1%. Komponen aspal kering dapat dilihat dengan jelas. Kadar aspal dalam material RAP sekitar 6,6% berdasarkan uji ekstraksi. Nilai abrasi RAP rata-rata sekitar 57% berdasarkan hasil pengujian keausan material menggunakan alat *Los Angeles* (metode D). Nilai ini menunjukkan bahwa kekuatan material masih sedikit dibawah spesifikasi material agregat untuk bahan lapis aspal beton (Laston).



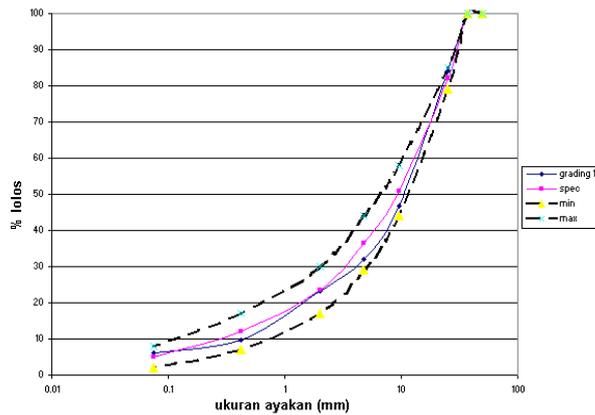
Gambar 5. Foto material RAP yang telah dipisahkan menurut ukurannya

Gradasi material RAP asli dapat dilihat pada Tabel 1. Gradasi ini didapatkan dengan cara penyaringan kering. Dari tiga buah sampel pengujian ternyata semuanya tidak bersesuaian dengan spesifikasi untuk material agregat lapis pondasi atas karena ukuran butirannya terlalu halus. Oleh karenanya kemudian dilakukan perbaikan gradasi dengan cara menambahkan agregat baru fraksi kasar. Perbaikan gradasi RAP

dapat dilihat pada Gambar 6. Gradasi ini diperoleh dengan cara mencampur material dengan komposisi agregat kasar baru 41%, RAP ukuran 10-20mm 15%, RAP 5-10mm 14%, RAP halus < 5mm 25% dan tambahan filler sebanyak 5%. Komposisi ini disusun dalam rangka agar gradasi RAP memenuhi syarat untuk material lapis pondasi atas (*base course*).

Tabel 1. Hasil uji *Gradasi RAP (dry sieving)*

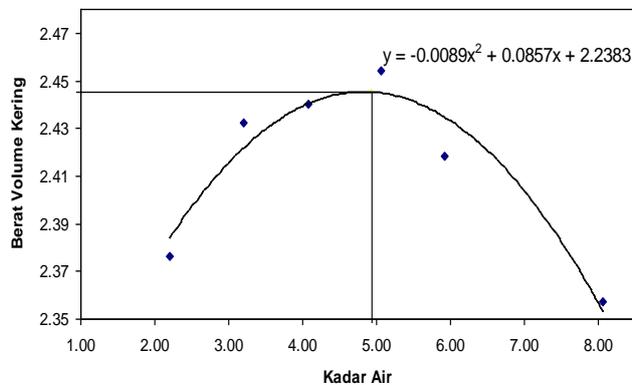
Ukuran ayakan (mm)	Persen lolos (%)			
	Spesifikasi base course	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
50	100	100	100	100
37,5	100	100	100	100
25	79-85	100	92.79	100
9,5	44-58	90.98	74.45	82.32
4,75	29-44	72.54	45.4	57.61
2	17-30	46.59	23.25	31.5
0,425	7-17	14.83	6.32	9.1
0,075	2-8	2.3	1.41	1.86



Gambar 6. Gradasi material RAP plus agregat baru

Karakteristik Kepadatan Material RAP

Material *RAP* murni tanpa tambahan agregat baru menunjukkan sifat kepadatan yang tidak konsisten hubungan antara kadar air dan berat volume keringnya. Hal ini dimungkinkan karena adanya aspal dalam *RAP* yang menyelimuti agregat sehingga mempengaruhi fungsi pelumasan air dalam proses pemadatan. Kemungkinan lainnya adalah karena gradasi *RAP* murni yang buruk sehingga mempengaruhi kinerja pemadatan. Sedangkan karakteristik *RAP* plus agregat baru mempunyai hubungan antara kadar air dan berat volume kering yang lebih konsisten seperti tampak pada Gambar 7. Berdasarkan hasil uji pemadatan tersebut didapatkan bahwa kepadatan maksimum tercapai pada kadar air sekitar 5%. Pengaruh tambahan agregat baru dan perbaikan gradasi kemungkinan besar menjadi faktor utama perubahan karakteristik kepadatan material *RAP*.



Gambar 7. Karakteristik kepadatan material RAP plus agregat baru

Daya Dukung Material RAP

Material *RAP* murni tanpa tambahan agregat baru menunjukkan kemampuan daya dukung dengan nilai *CBR* sekitar 37%. Dari 3 sampel kesemuanya menunjukkan bahwa nilai pada penetrasi 0,2 inchi. Hasil pengujian ini menunjukkan material *RAP* murni lebih sesuai digunakan sebagai material lapis pondasi bawah atau material timbunan pilihan. Untuk menjadi material lapis pondasi atas diperlukan daya dukung sekitar 80%.

Hasil pemeriksaan *CBR* untuk material *RAP* yang telah diperbaiki gradasinya dengan menambah agregat baru cukup mengejutkan. Seperti presentasi data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa daya dukung *RAP* tidak mengalami kenaikan walaupun telah ditambah agregat baru dan telah diperbaiki gradasinya. Oleh karenanya kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap sifat fisis agregat baru. Ternyata abrasi agregat baru ini tidak bagus karena nilainya hanya sekitar 36%, demikian juga nilai daya dukungnya hanya sekitar 41%. Hal inilah yang menyebabkan daya dukung *RAP* plus agregat baru tidak menunjukkan perbaikan. Hal yang bisa dicatat adalah hasil pengujian *CBR* material *RAP* plus agregat baru lebih konsisten.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan *CBR* material *RAP* murni

Sampel	Kadar air (%)	Penetrasi 0,1 (inchi)	Penetrasi 0,2 (inchi)
1	7,5	25,0%	31,3%
2	7,5	21,8%	39,1 %
3	7,5	33,6 %	40,8 %
Rata-rata			37 %

Tabel 3. Hasil pemeriksaan *CBR* material *RAP* plus agregat baru

Sampel	Kadar air (%)	Penetrasi 0,1 (inchi)	Penetrasi 0,2 (inchi)
1	4,9	26,6	36,6
2	4,9	26,6	35,1
3	4,9	27,0	38,0
Rata-rata			36,5%

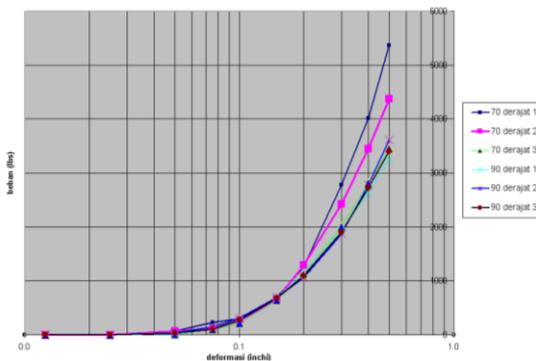
Pengaruh Pemanasan Material RAP Terhadap Daya Dukungnya

Sebelum pemeriksaan, terbangun konsep bahwa pemanasan *RAP* saat proses pemadatan akan meningkatkan daya dukungnya. Hal ini disebabkan karena viskositas aspal tereduksi dan kemudian akan lebih mampu mengikat agregat. Namun hasil pemeriksaan sebagaimana terlihat pada Tabel 4 berbeda dengan prediksi semula. Ketika suhu pemanasan agregat ditingkatkan ternyata nilai *CBR*nya justru turun. Penjelasan fakta ini memang agak sulit, namun dimungkinkan bahwa *aged bitumen* (aspal tua) dalam *RAP* sudah sedemikian kerasnya sehingga dengan pemanasan hingga suhu 90°C belum mampu melelehkan aspal. Bila asumsi ini tidak benar maka kemungkinan besar ketika aspal meleleh justru memunculkan gradasi agregat baru yang kontraproduktif sehingga menghasilkan nilai *CBR* yang rendah.

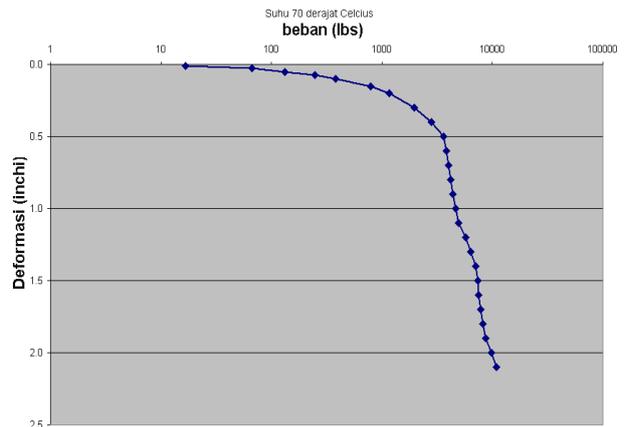
Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Pengaruh Pemanasan *RAP* terhadap Nilai *CBR*

Suhu	Jumlah Sampel (buah)	Nilai Rata-rata <i>CBR</i> (%)
50° C	3	36
70° C	3	33
90° C	3	28

Pada studi ini, kurva hasil pengujian *CBR* dapat dimanfaatkan untuk mempelajari karakteristik deformasi material *RAP* sebagaimana terlihat pada Gambar 8 dan 9. Pada Gambar 8, menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi pada pemanasan material *RAP* sampai suhu 70°C tampak sedikit lebih kecil dari pada pemanasan 90°C. Fakta ini juga bersesuaian dengan nilai *CBR* pada pemanasan 70°C yang lebih tinggi. Gambar 9 adalah kurva yang sama pada Gambar 8 yang digambar dalam versi beban (log) vs deformasi. Ternyata hasilnya sangat menakjubkan karena dapat diidentifikasi bahwa mulai beban kira-kira 70000 lbs akan terjadi percepatan deformasi. Titik ini dapat menjadi pertanda bahwa pada pembebanan tersebut (atau tegangan 70000 lbs/ luas piston) maka material menjadi tidak stabil sehingga terjadi percepatan deformasi.



Gambar 8. Karakteristik deformasi material *RAP* yang dipanaskan pada suhu 70° C dan 90° C saat proses pencampuran



Gambar 9. Titik luluh dapat diamati pada kurva karakteristik deformasi (pemanasan *RAP* pada suhu 70° C)



Gambar 10. Kondisi material *RAP* setelah di keluarkan dari mold *CBR*

Gambar 10 adalah foto kondisi material *RAP* setelah dike-luarkan dari mold *CBR*. Tampak bahwa ikatan antar agregat yang ada sangat lemah menunjukkan aspal tidak mampu mengikat a-gregat walau sudah dilakukan pemanasan (*warm-mix*). Tentu saja material ini kemudian tidak mungkin untuk dilakukan uji *Marshall* sebagaimana material aspal normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan maka dapat disimpulkan berikut ini:

1. Sifat fisis *RAP* mempunyai gradasi dan abrasi yang kurang sesuai untuk digunakan sebagai material lapis pondasi atas. Nilai *CBR* material *RAP* juga menunjukkan bahwa material ini lebih sesuai untuk material lapis pondasi bawah.
2. Material *RAP* perlu tambahan agregat baru untuk memperbaiki gradasi partikel. Namun ternyata nilai *CBR* material *RAP* plus agregat baru ini tidak menunjukkan

peningkatan angka. Hal ini disebabkan sifat fisis agregat baru tidak terlampau baik.

3. Nilai *CBR* material *RAP* plus agregat baru yang dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C dan 90°C diketahui justru turun. Hal ini dimungkinkan aspal dalam *RAP* sudah terlalu keras sehingga pemanasan hangat tidak membantu fungsi aspal sebagai bahan ikat.
4. Hasil pengujian *CBR* dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik deformasi material dan titik mulai terjadinya percepatan deformasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Kopertis Wilayah VI yang telah membiayai penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Joko, ST. Teknisi Laboratorium Teknik Sipil UMS yang telah membantu pelaksanaan pengujian. Dalam pelaksanaan penelitian RUS ini penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Absori dan Ir. Agus Riyanto atas kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chappat, M. and Bilal, J., (2004). *Ecological pavement life cycle analysis of standard pavement structures*, 3rd Euroasphalt and Eurobitume Congress. Vienna 2004. Paper 221.
- Sunarjono, S. (2008). "The Influence of Foamed Bitumen Characteristics on Cold-mix Properties." *PhD thesis*, University of Nottingham, UK, January 2008.
- Widiyanto, A., (2009). Diskusi pribadi tentang penerapan teknologi foamed bitumen di Indonesia.
- Widyatmoko, I. and Sunarjono, S., (2007). "Some considerations to implement foamed bitumen technology for road construction in Indonesia." *The 1st International Conference of European Asian Civil Engineering Forum (EACEF)* at Universitas Pelita Harapan, 26 - 27 September 2007.