

**INVESTIGASI SIFAT KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG BAHAN RAP
(RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) BERGRADASI DBM (DENSE BITUMEN
MACADAM)**

Ragil Fitriyanto¹, Sri Sunarjono², Senja Rum Harnaeni³

¹Mahasiswa Progdil Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Ragil Fitriyanto¹)
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : ragilfitriyanto98@gmail.com

²Pusat Studi Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Sri Sunarjono²)
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : sri.sunarjono@ums.ac.id

³Pusat Studi Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Senja Rum Harnaeni³)
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : senja-rum-h@yahoo.co.id

Abstrak

DBM (Dense Bitumen Macadam) is a hot mix asphalt and aggregate, which is one kind of layers of flexible pavement construction. This type of pavement is a gap graded aggregate mixture and mix DBM intended to be used as BC (Binder Course) and used on heavy-laden traffic. So in this study will examine the density value and the carrying capacity of the material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) graded DBM. This study uses laboratory tests. Materials used are derived from the material RAP-Weleri Kendal, Central Java and New Aggregate from PT. Panca Dharma. This study did not use the added material. In this study, tests were conducted abrasion, density, sieve analysis, test and test density CBR (California Bearing Ratio). In testing the density, this study uses the density of Standard Proctor and Modified Proctor and to determine the water content buwat CBR density testing uses water content derived from Modified Proctor density. To find carrying capacity, pemeriksaanya using a CBR (California Bearing Ratio) without bath (Unsoaked) with a variation of 10, 30, 65 strokes. Based on density test showed that the new aggregate is higher than the RAP, this was due to the specific gravity and absorption of new aggregate is higher than the RAP. Based on the carrying capacity has found that new aggregate carrying capacity is higher than the RAP, this was due to the RAP material composed of aggregates and asphalt material that enveloped him. From the above conditions can be concluded that the quality of new aggregate better than the RAP. The results of this study can be explained that the value of the specific gravity and absorption of RAP and New Aggregates, the results of RAP obtained bulk specific gravity of 1.73, 1.77 SSD density, apparent specific gravity of 1.80 and absorption of 2.25 %, while the results of newly acquired aggregate bulk specific gravity of 2.45, 2.50 SSD density, apparent specific gravity of 2.59 and 2.425 % absorption. Values obtained abrasion on the RAP 25.44% and 20.86% New Aggregate. The results of standard test proctor RAP obtained maximum density of 1.47 g / cm³, the optimum water content of 7.7% while the newly acquired aggregate of 1.84 g / cm³, the optimum water content of 8.9%. The test results of modified Proctor maximum density RAP obtained 1.57 g / cm³, the optimum water content of 7.1%, while new aggregate obtained was 1.92 g / cm³, the optimum water content of 8.4%, the density of modified proctor test is used to find CBR water content. RAP CBR test results obtained 57.78% while the New Aggregate test test results obtained 92.44%. It can be concluded that the RAP and New Aggregate that has been graded by the DBM, the value of the New Aggregate much higher compared with the results of the RAP.

Key words: RAP, new aggregates, DBM gradation, density, CBR

1. PENDAHULUAN

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah limbah perkerasan jalan yang di ambil langsung dari perkerasan yang telah rusak atau yang sudah habis umur rencananya, campurannya terdiri dari aspal dan agregat. Kompenen aspalnya cenderung sudah sangat keras dan getas, sedangkan agregatnya cenderung sudah mengalami degradasi. Bahan *RAP* ini akan menjadi bahan sisa atau limbah yang jika tidak dimanfaatkan dengan baik maka akan terbuang sia-sia. Supaya limbah *RAP* tersebut tidak terbuang sia-sia begitu saja, Maka dari itu metode daur ulang (*recycling*) ini sangat cocok untuk memanfaatkan limbah *RAP* tersebut.

Pada umumnya metode daur ulang bahan *RAP* ini mempunyai mutu bahan yang belum bisa bersaing jika dibandingkan dengan campuran aspal beton lainnya, hal ini disebabkan karena campuran *RAP* memiliki rongga udara yang tinggi, sehingga memiliki tingkat kepadatan yang relatif rendah. Campuran yang memiliki kepadatan rendah maka daya dukungnya juga rendah..

Berdasarkan masalah di atas, penelitian ini perlu dilakukan pengujian bahan *RAP*. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan dan daya dukung bahan *RAP* dan untuk mengatasi masalah kerusakan perkerasan jalan di Indonesia karena akibat muatan beban yang berlebihan, penelitian ini menggunakan campuran bergdrasi *DBM (Dense Bitumen Macadam)* yang sudah banyak digunakan di *inggris*. Karena *DBM* sendiri mempunyai struktur yang cocok untuk pergerakan lambat dari lalu lintas berat dan temperatur perkerasan jalan yang tinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Sunarjono, Sugiyatno, Girry, 2010) dengan material dasar berupa bahan *RAP* yang berjudul -Karakteristik Daya Dukung Material *RAP* Sebagai Bahan Daur Ulang Pekerasan Jalanl didapatkan kesimpulan seperti berikut. 1) *RAP* memiliki rata-rata nilai abrasi 59,6 %, sehingga tidak masuk dalam spesifikasi lapis pondasi atas maupun bawah karena batasan lapis pondasi atas dan bawah maksimal 40 %,

2) Hasil ekstrasi *RAP* rata-rata dari tiga percobaan mendapatkan hasil 4,55 %, tidak bias untuk mengetahui *RAP* dari jenis campuran beton aspal. Dengan menggunakan hasil analisa saringan yang menunjukkan gradasi menerus maka *RAP* dari jenis campuran beton aspal AC (*asphalt concrete*). Sukirman, S. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. 3) Nilai kadar air optimum 5%. Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) *RAP* pada penetrasi 0,2 inchi untuk 3 sampel sebesar 31,3%, 29,1%, 40,8%, nilai CBR yang dihasilkan tidak masuk spesifikasi dan tidak seragam. Agar *RAP* bisa digunakan untuk lapis pondasi perkerasan jalan maka perlu penambahan material baru, yaitu agregat kasar dan filler. 4) Hasil uji fisis agregat kasar baru didapat nilai abrasi sebesar 36% yang dan nilai CBR 59,5%. 5) Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) untuk *RAP* yang ditambah agregat kasar baru yang diambil tiga sampel pada penetrasi 0,2 inchi sebesar 38,8%, 35,1%, 36,6% dengan kadar air optimum sebesar 4,9%. 6) Material *RAP* dapat dimanfaatkan untuk lapis pondasi bawah dengan cara menambah agreagat kasar dan filler sebesar 40% agregat kasar, dan 5% filler. 7) Penelitian daur ulang *RAP* ini tidak bisa dibuat rekomendasi untuk lapis pondasi bawah dikarenakan bahan tambah tidak efektif. Penggunaan bahan tambah memerlukan biaya yang mahal dan hasil pengujianya didapat untuk lapis pondasi bawah.

(Sunarjono, Rum Harnaeni, Pramudyo, 2013) yang berjudul -Investigasi Karakteristik *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)* Artifisiall didapatkan kesimpulan sebagai berikut. 1) Hasil pemeriksaan fisik *RAP* artifisiall didapat nilai ekstrasi sebesar 4,03%, nilai keausan 29,26% . 2) Pemeriksaan agregat penyusun *RAP* artifisiall didapat berat jenis dari agregat kasar penyusun sebesar 2,89, berat jenis agregat halus penyusun sebesar 2,57, nilai keausan dari agregat penyusun *RAP* artifisiall adalah 28,26%, dan nilai kelekatan aspal terhadap agregat sebesar 98,11%. 3) Suhu dan lamanya waktu penguapan aspal berpengaruh pada sifat fisik dari aspal tersebut. 4) Pemeriksaan aspal penyusun *RAP* didapat nilai penetrasi aspal penyusun sebesar 27,5x10-1mm, berat jenis

dari aspal penyusun adalah 1,15, titik lembek aspal penyusun pada suhu 54,5oC, titik nyala aspal penyusun pada suhu 270 oC, titik bakar aspal penyusun pada suhu 346 oC dan nilai daktilitas adalah sebesar 950. 5) Nilai kadar air optimum adalah sebesar 1,2%. 6) Nilai *CBR* untuk *RAP* dengan metode tanpa perendaman (*unsoaked*) didapat nilai 100 % sebesar 61,8 %, *CBR* 95 % sebesar 52%, dan *CBR* 90 % sebesar 46,1% sedangkan hasil pemeriksaan *CBR* untuk *RAP* dengan metode dengan perendaman (*soaked*) didapat nilai *CBR* 100% sebesar 50,8%, *CBR* 95 % sebesar 45,7%, dan *CBR* 90 % sebesar 40,5%. 7) *RAP* artifisial yang tidak ditambah aspal dan agregat baru tidak dapat digunakan untuk material penyusun lapis bahu jalan tanpa penutup aspal, lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas. Apabila ingin digunakan untuk lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah maka harus ditambah dengan agregat baru yang memiliki karakteristik lebih baik dan ukuran yang lebih besar sehingga nilai *CBR* dan ukuran gradasi bisa diperbaiki. Sedangkan untuk lapis bahu jalan tanpa penutup aspal hanya perlu penambahan agregat baru untuk memperbaiki gradasi dari *RAP* artifisial. 8) Hasil karakteristik *RAP* artifisial ini hanya digunakan sebagai pembanding dari karakteristik *RAP* lapangan karena karakteristik *RAP* arifisial dapat dikontrol sifat sifat penyusunnya.

(Sunarjono, Sutanto, dan Astuti, 2015) dengan judul -Karakteristik Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Ruas Jalan Pantural yang menggunakan bahan *RAP* yang berasal dari DPU Kabupaten Tegal jalur Pantura yang dicampur dengan bahan tambah yaitu kapur sebagai bahan utama pada penelitian ini. Penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut: 1) Komponen aspal dalam bahan *RAP* dominan terdistribusi pada fraksi halus sehingga hal ini mempengaruhi sifat fisik bahan *RAP*. 2) Gradasi bahan *RAP* memegang kunci nilai kepadatan dan daya dukung bahan *RAP*. 3) Bahan tambah kapur sangat berperan meningkatkan daya dukung bahan *RAP* pada kondisi terendam air (*soaked*).

3. BAHAN DAN METODE PENELITIAN



Gambar 1. Bahan RAP



Gambar 2. Bahan Agregat Baru

Penelitian ini menggunakan material *RAP* yang berasal dari Kendal-weleri jawa tengah di ruas pantura. Dalam penelitian ini tidak menggunakan bahan tambah apapun. Dalam hal ini objek yang digunakan untuk benda uji ada 2 bentuk yaitu bahan *RAP* asli yang masih terselimuti dengan aspal dan butiran kecil yang masih menempel pada permukaan bahan *RAP* dan agregat baru tatau disebut dengan *fresh* agregat. Setelah itu benda uji akan diuji dalam 3 kategori pengujian yaitu uji mutu bahan, uji kepadatan, dan uji *CBR*. Uji mutu bahan *RAP* dan Agregat Baru meliputi uji berat jenis dan penyerapan, uji abrasi, gradasi agregat. Uji kepadatan bahan *RAP* dan agregat baru bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan dan kadar air optimum dengan menggunakan standard proctor dan modified proctor. Uji *CBR* bertujuan untuk menentukan nilai daya dukung bahan *RAP* dan Agregat Baru dengan menggunakan alat uji *CBR*

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Mutu Bahan

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan RAP dan Agregat Baru

Pemeriksaan berat jenis dan Penyerapan agregat dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis *bulk*, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan *RAP* dan agregat baru, dari maksud diatas dapat dijelaskan yaitu :

- Berat jenis *bulk* adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada.
- Berat jenis *SSD* adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi oleh aspal ditambah dengan volumepartikel.
- Berat jenis semu adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air.
- Penyerapan perbandingan perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan berat agregat pada kondisi kering.

Hasil uji berat jenis *RAP* bisa dilihat pada tabel 1. dan Hasil uji berat jenis Agregat Baru bisa dilihat pada tabel 2. di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis *RAP*

Keterangan	Hasil		
	<i>RAP</i> kasar	<i>RAP</i> Medium	<i>RAP</i> halus
	(10-20 mm)	(5-10 mm)	(<5 mm)
Bj <i>bulk</i>	2.06	2.11	1.73
Bj <i>SSD</i>	2.09	2.13	1.77
Bj semu	2.12	2.16	1.80
Penyerapan (<i>absorpsi</i>) %	1.42	1.12	2.25

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Baru

Keterangan	Hasil		
	agregat kasar	agregat medium	agregat halus
	(10-20 mm)	(5-10 mm)	(<5 mm)
Bj <i>bulk</i>	2.61	2.55	2.45
Bj <i>SSD</i>	2.65	2.60	2.50
Bj semu	2.73	2.67	2.59
Penyerapan (<i>absorpsi</i>) %	1.61	1.72	2.25

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil data pemeriksaan berat jenis dan penyerapan *RAP* dan agregat baru pada tabel 1. dan 2. dapat diketahui hasil berat jenis dan penyerapan *RAP* jauh lebih rendah dari pada agregat baru. Hal ini disebabkan bahan *RAP* sudah tercampur dengan aspal, sehingga material tidak bisa sepenuhnya menyerap air secara sempurna dan masuk dalam pori agregat.

Nilai hasil berat jenis suatu agregat diatas yang paling besar di dapat dari berat jenis semu bahan *RAP* maupun agregat baru dan paling kecil di berat jenis *bulk* bahan *RAP* maupun agregat baru.

Secara teori jika semakin besar ukuran agregatnya maka semakin besar juga nilai berat jenisnya. Pada hasil Tabel 1 bahan *RAP* berat jenis ukuran butiran 10-20 mm lebih kecil dari pada 5-10 mm. hal ini karena pada berat jenis ukuran butiran 5-10 mm kandungan aspal yang melekat pada *RAP* banyak yang terlepas dari agregat *RAP* sedangkan pada ukuran butiran 10-20 mm masih menyatu dengan aspal dan pada ukuran butiran <5 mm banyak kandungan aspal dan butiran abu. pada hasil Tabel 2 bahan agregat baru menunjukkan bahwa ukuran butiran 10-20 mm lebih besar dari pada ukuran butiran 5-10 mm, jadi hal ini sudah menunjukkan secara teori bahwa semakin besar ukuran butirannya maka semakin besar berat jenisnya.

Pada kondisi di atas bahan *RAP* dapat di buktikan bahwa penyerapan air dari ukuran 10-20 mm lebih besar jika di dibandingkan dengan ukuran butiran 5-10 mm, padahal secara teori jika ukuran butiran semakin kecil maka penyerapannya semakin besar. Pada penyerapan agregat baru bahwa semakin kecil agregatnya

semakin besar penyerapannya. Pada penyerapan *RAP* dapat diketahui bahwa penyerapan *RAP* lebih kecil dari pada penyerapan agregat baru, hal ini dikarenakan pada *RAP* mengandung aspal yang menutupi permukaan jadi air yang masuk ke dalam pori-pori agregat menjadi berkurang.

2 Pemeriksaan Abrasi

Dalam pemeriksaan *RAP* dan Agregat Baru ini digunakan tipe B yaitu agregat *RAP* yang lolos saringan 3/4 tertahan saringan 1/2 seberat 2500 gram dan yang lolos saringan 1/2 tertahan saringan no.4 seberat 2500 gram. Tujuan dilakukan pemeriksaan abrasi atau keausan agregat ini untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan agregat dengan menggunakan mesin Los Angeles. Hasil pemeriksaan abrasi ini bisa dilihat pada tabel 3. dibawah ini :

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Abrasi atau Keausan Agregat

Hasil Pemeriksaan Abrasi	
RAP	Agregat Baru
25,44 %	20.86%

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan abrasi atau keausan agregat sudah memenuhi persyaratan yaitu nilai spesifikasi maksimalnya adalah 30 %. Dari proses pengujian dengan alat los angeles diatas maka agregat benda uji sudah layak di pergunakan karena mutu agregat baik. Pada hasil pemeriksaan tersebut bahwa nilai *RAP* jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai agregat baru, hal ini disebabkan karena bahan *RAP* yang masih memiliki aspal dan butiran halus yang masih menyelimuti permukaan agregatnya.

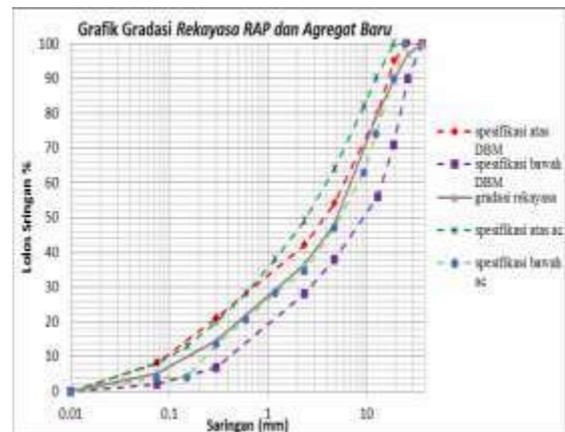
3 Pemeriksaan Gradasi Agregat (Analisa Saringan)

Pemeriksaan analisa saringan ini bertujuan untuk mengetahui pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan yang sudah ditentukan. Dalam hal ini agregat yang digunakan adalah *RAP* dan agregat baru. Hasil pemeriksaan gradasi rekayasa dapat dilihat pada tabel 4. di bawah ini:

Ukuran Ayakan	Medium Spec	Spec		Ket
		100	100	
1 ½	100	100	100	Masuk
1	95	90	100	Masuk
¾	83	71	95	Masuk
½	68	56	80	Masuk
No. 4	46	38	54	Masuk
No.8	35	28	42	Masuk
No.50	14	7	21	Masuk
No. 200	5	2	8	Masuk
Pan	0	0	0	Masuk

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pemeriksaan gradasi rekayasa diatas dapat di buat grafik pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 3. Grafik Gradasi Rekayasa

Berdasarkan hasil gambar 1 dapat disimpulkan *RAP* yang berasal dari Tegal Jawa Tengah diatas bahwa Gradasi rekayasa *RAP* dan Agregat Baru yang telah diuji dengan menggunakan spesifikasi *DBM* lebih masuk dan memenuhi spesifikasi gradasi *DBM*. Gradasi bahan *RAP* dan agregat baru yang digunakan dalam percobaan ini telah direkayasa yaitu menggunakan gradasi persaringan dari spesifikasi *DBM* agar gradasi yang digunakan bisa lebih seragam, sehingga penelitian ini diharapkan agar lebih mudah dan hasilnya lebih

baik. Pada grafik diatas ditambahkan spesifikasi AC dimana di Indonesia gradasi yang sering di pakai yaitu menggunakan spesifikasi AC, secara langsung pada grafik gradasi tersebut agar mempermudah untuk pengamatan antara spesifikasi AC yang biasa digunakan di Indonesia dengan spesifikasi DBM yang biasa digunakan di Inggris. Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa spesifikasi AC butirannya lebih halus dari pada spesifikasi DBM.

B. Pemeriksaan Keapatan

1. Pemeriksaan Standard Compaction Test

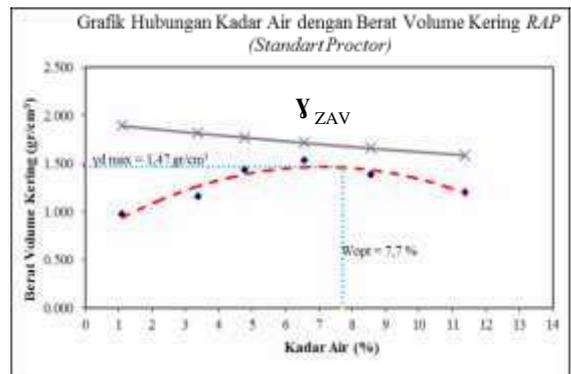
Pemeriksaan kepadatan Standar Compaction Test pada penelitian ini dilakukan dengan dua jenis yaitu RAP dan Agregat Baru dengan menggunakan uji kepadatan Standard. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum dari material yang diuji dan dilakukan sesuai SNI 1742:2008 cara uji kepadatan ringan untuk tanah dengan memilih cara C. Hasil dari RAP dan Agregat Baru dilakukan untuk membandingkan nilai dari bahan RAP dan Agregat Baru, Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 5. di bawah ini :

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Keapatan RAP dan Agregat Baru Dengan Standard Proctor

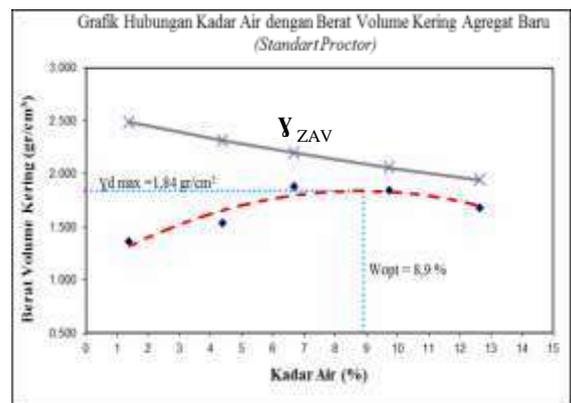
Kepapatan	Kepapatan Maksimum	Kadar air Optimum
Bahan RAP	1,47 gr/cm ³	7,7 %
Bahan Agregat Baru	1,84 gr/cm ³	8,9 %

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan kepadatan di atas dapat di buat grafik antara kadar air dengan berat volume kering RAP dan grafik antara kadar air dengan berat volume kering Agregat Baru. Garfik tersebut dapat di lihat pada Gambar 2. dan 3. dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Keapatan RAP



Gambar 5. Grafik Keapatan Agregat Baru

Pemadatan yang dilakukan didapatkan grafik seperti gambar 2. dan 3. diatas. bahwa Agregat Baru memiliki nilai kepadatan maksimum (1,84 gr/cm³) dan kadar air optimum (8,9 %) yang lebih besar dari pada RAP, RAP memiliki nilai kepadatan maksimum (1,47 gr/cm³) dan kadar air optimum (7,7 %). Hal ini karena kualitas agregat baru yang lebih baik. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material RAP, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material. Dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan gimana hasil kedua material dengan gradasi sama, sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua

material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material RAP dan untuk RAP berbentuk sedikit bulat karna udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya.

2. Pemeriksaan Modified Compaction Test

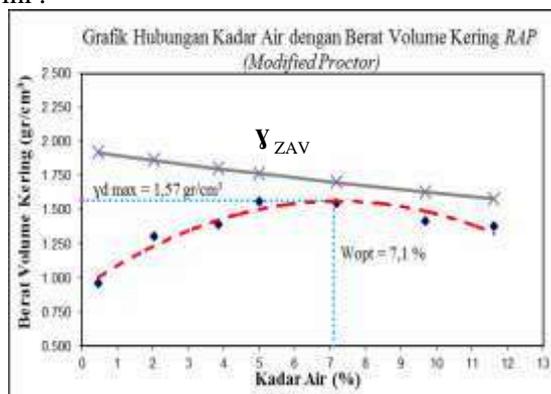
Pemeriksaan kepadatan Modified Compaction Test pada penelitian ini dilakukan dengan dua jenis sama seperti Standard Compaction Test yaitu RAP dan Agregat Baru dengan menggunakan uji kepadatan modified. Pemeriksaan kepadatan proctor dilakukan sesuai SNI 1743:2008 tabel cara uji kepadatan berat untuk tanah dengan cara D. Hasil dari RAP dan Agregat Baru dilakukan untuk membandingkan nilai dari bahan RAP dan Agregat Baru, Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6. di bawah ini :

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kepadatan RAP dan Agregat Baru dengan Modified Proctor

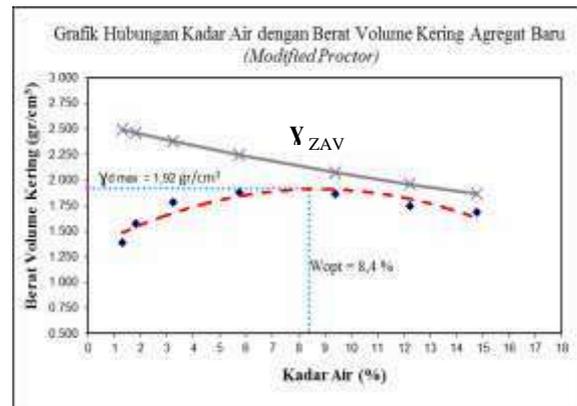
Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
Bahan RAP	1,57 gr/cm ³	7,1 %
Bahan Agregat Baru	1,92 gr/cm ³	8,4 %

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil pemeriksaan kepadatan Modified Proctor di atas dapat di buat grafik antara kadar air dengan berat volume kering RAP dan grafik antara kadar air dengan berat volume kering Agregat Baru. Grafik tersebut dapat di lihat pada Gambar 4. dan 5. dibawah ini :



Gambar 6. Grafik Kepadatan RAP



Gambar 7. Grafik Kepadatan Agregat Baru Pematatan yang dilakukan didapatkan grafik seperti gambar 4 dan 5 diatas, bahwa Agregat Baru memiliki nilai kepadatan maksimum (1,92gr/cm³) dan kadar air optimum (8,4 %) yang lebih besar dari pada RAP, RAP sendiri memiliki nilai kepadatan maksimum (1,57 gr/cm³) dan kadar air optimum (7,1 %). Penjelasan kesimpulan ini tidak jauh berbeda dengan kesimpulan yang terjadi Standard Proctor, bahwa kenapa RAP hasilnya lebih rendah dibanding dengan agregat baru, Hal ini dikarenakan kualitas agregat baru yang lebih baik dari pada RAP. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material RAP, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material. Dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan gimana hasil kedua material dengan gradasi sama, sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material RAP dan untuk RAP berbentuk sedikit bulat karna udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya.

Sedangkan nilai kadar air agregat baru lebih tinggi dari bahan RAP dikarenakan agregat baru masih memiliki pori-pori lebih banyak dibandingkan dengan bahan RAP yang

sudah terselimuti aspal, sehingga agregat baru lebih memungkinkan menyerap air lebih banyak dari bahan *RAP*. Nilai penyerapan agregat berpengaruh terhadap kadar air optimum material dimana semakin tinggi nilai penyerapan maka kadar air optimumnya akan semakin tinggi, kadar air optimum dari *Modified Proctor* akan digunakan untuk uji *CBR* (*California Bearing Ratio*)

Jika dibandingkan dari hasil kepadatan dan kadar air optimum *standard proctor* dengan hasil kepadatan *modified proctor*, nilai kepadatan *modified proctor* lebih besar dari pada nilai hasil yang diperoleh oleh kepadatan *standard Proctor* dan kadar optimumnya lebih besar *standard proctor* dibanding *modified Proctor*. Hal ini disebabkan karena *modified proctor* berat penumbuk dan jumlah penumbuknya berbeda dengan *standard Proctor*. Secara teori (Hardiyatmo, 2012) jika energi pemadatan ditambah, berat volume kering tanah juga bertambah dan jika energi pemadatan ditambah, kadar air optimum berkurang.

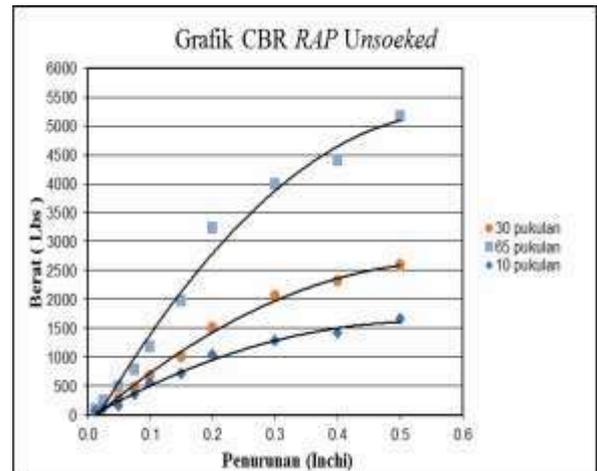
C. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian *CBR* dimaksudkan untuk menentukan nilai daya dukung *RAP* dan Agregat Baru jika dipadatkan di laboratorium dengan menggunakan alat *CBR* pada kadar air optimum yang sudah diketahui. Pengujian *CBR* *RAP* dan Agregat Baru ini dilakukan tanpa perendaman (*Unsoaked*). Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7. dibawah ini:

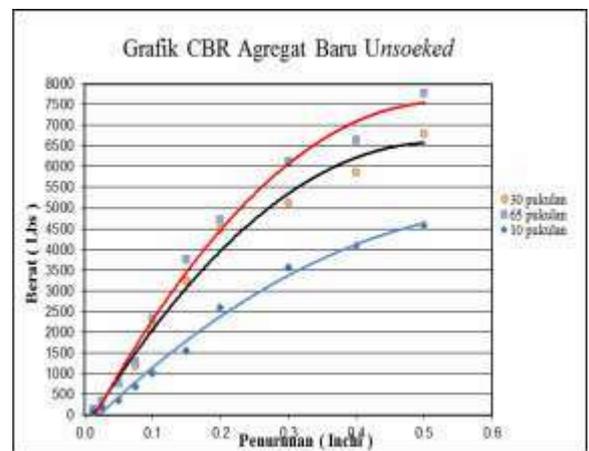
Tabel 7. Hasil nilai pengujian *CBR* *RAP* dan Agregat Baru (*Unsoaked*)

Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i> <i>RAP</i>	Nilai <i>CBR</i> Agregat Baru
10 pukulan	21,78	57,56
35 Pukulan	29,56	82,56
65 Pukulan	57,78	92,44

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 8. Grafik *CBR* *RAP* *Unsoaked*



Gambar 9. Grafik *CBR* Agregat Baru *Unsoaked*

Pemeriksaan test *CBR* dilakukan tanpa perendaman. Dari grafik 6. Dan 7. kemudian diketahui nilai *CBR*. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa agregat baru mempunyai daya dukung yang lebih tinggi dari pada bahan *RAP*. Berdasarkan pengujian diatas dari nilai *CBR* *RAP* dan nilai *CBR* Agregat Baru menunjukkan hasil tiap jumlah pukulan mengalami peningkatan dan hasil nilai dari Agregat Baru lebih besar dari pada *RAP*. Hal ini karena nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada *RAP*, sehingga nilai *CBR* yang didapat agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan *RAP*. Dari factor diatas nilai daya dukung berpengaruh terhadap nilai kepadatan, dimana makin tinggi nilai kepadatan maka makin tinggi nilai daya dukungnya.

D. Analisis Perbandingan Nilai Kepadatan dan Daya Dukung Bahan RAP dan Bahan Agregat Baru

Dari pengujian yang sudah dilakukan, nilai kepadatan dari uji standart bahan RAP memperoleh kepadatan maksimum ($1,47 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (7,7 %), bahan Agregat Baru memperoleh nilai kepadatan maksimum ($1,84 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (8,9 %). Nilai kepadatan dari uji modified bahan RAP memperoleh nilai kepadatan maksimum ($1,57 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (7,1 %), bahan Agregat Baru memperoleh nilai kepadatan maksimum ($1,92 \text{ gr/cm}^3$) dan kadar air optimum (8,4 %).

Pada hasil kepadatan yang di peroleh diatas dapat disimpulkan bahwa nilai agregat baru yang lebih tinggi di bandingkan dengan bahan RAP. Hal Hal ini karena kualitas agregat baru yang lebih baik. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material RAP, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material. Dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan gimana hasil kedua material dengan gradasi sama, sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material RAP dan untuk RAP berbentuk sedikit bulat karna udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya.

Pada pengujian CBR nilai yang di dapat oleh bahan RAP di jumlah 10 pukulan memperoleh nilai (21,78 inchi), 35 pukulan memperoleh nilai (29,56 inchi), dan di 65 pukulan memperoleh nilai (57,78 inchi). Bahan agregat baru di jumlah 10 pukulan memperoleh nilai (57,56 inchi), 35 pukulan memperoleh nilai (82,56 inchi), dan di 65 pukulan memperoleh nilai (92,44 inchi). Pada hasil

pengujian CBR dapat disimpulkan bahwa bahan RAP memiliki nilai lebih rendah di banding dengan agregat baru, Hal ini karena nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada RAP, sehingga nilai CBR yang didapat agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan RAP. Dari factor diatas nilai daya dukung berpengaruh terhadap nilai kepadatan, dimana makin tinggi nilai kepadatan maka makin tinggi nilai daya dukungnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian tentang Investigasi Sifat Kepadatan dan Daya Dukung Bahan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) Bergradasi DBM (*Dense Bitumen Macadam*) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan kepadatan dan CBR (*California Bearing Ratio*) bahan RAP menggunakan gradasi DBM (*Dense Bitumen Macadam*) sebagai berikut:
 - a. Berdasarkan pemeriksaan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Standard Proctor*, mendapat nilai kepadatan maksimum untuk bahan RAP sebesar $1,47 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum sebesar 7,7 %.. sedangkan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Modified Proctor* untuk bahan RAP, mendapat nilai kepadatan maksimum sebesar $1,57 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimumnya sebesar 7,1 %.
 - b. Berdasarkan pemeriksaan daya dukung bahan RAP yaitu dengan uji CBR. Pengujian CBR yang dilakukan adalah CBR tanpa rendaman (*Unsoaked CBR*), Hasil yang didapat yaitu sebesar 57,78 %.
2. Hasil pemeriksaan kepadatan dan CBR (*California Bearing Ratio*) bahan Agregat Baru menggunakan gradasi DBM (*Dense Bitumen Macadam*) sebagai berikut:
 - a. Berdasarkan pemeriksaan nilai kepadatan yang dilakukan dengan *Standard Proctor*, mendapat nilai kepadatan maksimum untuk bahan Agregat Baru sebesar $1,84 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum sebesar 8,9 %.. sedangkan nilai kepadatan yang

dilakukan dengan *Modified Proctor* untuk bahan Agregat Baru, mendapat nilai kepadatan maksimum sebesar 1,92 gr/cm³ dengan kadar air optimumnya sebesar 8,4 %.

- b. Berdasarkan pemeriksaan daya dukung bahan Agregat Baru yaitu dengan uji *CBR*. Pengujian *CBR* yang dilakukan adalah *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked CBR*), Hasil yang didapat yaitu sebesar 92,44 %.
3. Berdasarkan hasil pemeriksaan yang didapat bahwa nilai kepadatan untuk agregat baru lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kepadatan bahan *RAP*. Hal ini dikarenakan kualitas agregat baru yang lebih baik dari pada *RAP*. Factor lain yang mempengaruhi nilai kepadatan yaitu berat jenis, jenis gradasi, dan bentuk butiran material yang dipakai. Pada penelitian berat jenis dapat diketahui hasil bahwa berat jenis material agregat baru lebih tinggi di bandingkan dengan berat jenis material *RAP*, sehingga berat jenis material dapat mempengaruhi nilai kepadatan suatu material. Dari ke dua material tersebut gradasi yang digunakan telah disamakan, sehingga ukuran butiran material yang digunakan juga sama dan kenapa gradasi tersebut di samakan hal ini dikarenakan guna untuk membandingkan gimana hasil kedua material dengan gradasi sama, sedangkan untuk bentuk butiran material dari kedua material tersebut sedikit berbeda dimana di agregat baru berbentuk lancip kalau di bandingkan dengan material *RAP* dan untuk *RAP* berbentuk sedikit bulat karna udah tercampur dengan aspal dan butir kecil didalamnya sehingga bentuk butiran dapat mempengaruhi nilai hasil kepadatan. Kemudian nilai *CBR* pada agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *CBR* bahan *RAP*, Hal ini karena nilai kepadatan yang didapat agregat baru lebih tinggi dari pada *RAP*, sehingga nilai *CBR* yang didapat agregat baru juga lebih tinggi dibandingkan dengan *RAP*. Dari factor diatas nilai daya dukung berpengaruh terhadap nilai kepadatan, dimana makin

tinggi nilai kepadatan maka makin tinggi nilai daya dukungnya.

6. SARAN

Berdasarkan pembahasan penelitian -Investigasi Sifat Kepadatan dan Daya Dukung Bahan *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)* Bergradasi *DBM (Dense Bitumen Macadam)* didapatkan saran sebagai berikut :

1. Pada saat melakukan penelitian, diharapkan langkah-langkah kerjanya pada setiap pengujian sebaiknya dilakukan dengan penuh ketelitian dan sesuai dengan prosedur pengujian, agar didapatkan hasil yang akurat.
2. Perlu ditambah pemeriksaan mutu bahan baik bahan *RAP* dan agregat baru, karena dari pemeriksaan mutu bahan sangat mempengaruhi disetiap pengujian selanjutnya.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan memberikan bahan tambah lain atau dengan cara rekayasa campuran, agar mendapatkan hasil yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih atas dukungan dan fasilitas dari LPPM UMS melalui Penelitian Hibah Kompetensi yang dibiayai oleh Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah VI, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Tahun 2015 Nomor: 007/K6/KM/SP2H/PENELITIAN_BATCH-1/2015, tanggal 30 Maret 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, Modul Praktikum Mekanika Tanah 1, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Astuti, 2015, *Analisa Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Cahyo.P, 2013, *Investigasi Karakteristik RAP Artifisial*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- Danny Kelana Girry, 2010, *Karakteristik Daya Dukung Material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, Spesifikasi Umum Divisi 6 (revisi 3), Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Kandhal Prithvi Singh, V.K Sinha and A. Veeraragavan, 2008, *A Critical Review Of Bituminous Paving Mixes Used In India*, Paper No.541, India.
- Purnomo.W, 2010, *Karakteristik Kepadatan dan CBR Material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Dengan Proses Pencampuran Hangat*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sridhar R dkk, 2007, *Effect of Gradation and Compactive Effort on the properties of dense bituminous macadam mixes*, Central Road Research Intitude, New Delhi.
- Sukirman.S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sunarjono, S., 2006, Evaluasi Engineering Bahan Perkerasan Bahan Perkerasan Jalan Menggunakan RAP dan Foamed Bitumen. Jurnal Eco Rekayasa Vol. 2 No 2 September 2006, Magister Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- S Sunarjono, DK Giri, W Purnomo, R Renaningsih, 2012, [Characteristics of Reclaimed Asphalt Pavement as a Road Preservation Recycling Material](#). Jurnal Dinamika Teknik Sipil, [Volume 12 No. 3, September 2012](#), Prodi Teknik Sipil UMS, Surakarta.
- Sri Sunarjono, Musclih Hartadi Sutanto, Wahyu Widiasmoro, Agus Riyanto, Aliem Sudjatmiko, 2012. [Studi Prosedur Pemadatan Material Asphalt Concrete \(AC\) Menggunakan Alat Pemadat Roller Slab \(APRS\)](#), [Seminar Nasional Teknik Sipil 2012](#), Prodi Teknik Sipil UMS, Surakarta.
- Sunarjono, S. Riyanto, A., & Absori, 2012, *Rekayasa pemanfaatan Reclaimed Asphalt Pavement Untuk Preservasi Konstruksi Jalan*. [Simposium Nasional Ke-11 RAPI 2012](#), ISSN : 1412-9612 , Universitas Muhammadiyah Surakarta, <http://hdl.handle.net/11617/3777>
- Sunarjono, S., Astuti, W., W., Sutanto, M., H., 2015, [Karakteristik Bahan Reclaimed Asphalt Pavement \(RAP\) Ruas Jalan Pantura Jawa](#). Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3 2015, ISSN: 2339-028X, Makassar.
- Sunarjono, S., Hidayati, N., 2016, [Sepuluh Tahun Hasil Penelitian Bahan Reclaimed Asphalt Pavement di Pusat Studi Transportasi UMS](#). [The 3rd University Research Colloquium \(URECOL\) 2016](#), LPPM STIKES Muhammadiyah Kudus, <http://hdl.handle.net/11617/6930>.