

**ANALISIS NILAI KEPADATAN DAN CBR PADA GRADASI
BATAS ATAS, MEDIAN, DAN BAWAH BERDASARKAN RUMUS
*COOPER***



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

**IMAM MAHMUDI
D100 100 059**

Kepada
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS NILAI KEPADATAN DAN CBR PADA GRADASI BATAS
ATAS, MEDIAN, DAN BAWAH BERDASARKAN RUMUS COOPER**

PUBLIKASI ILMIAH

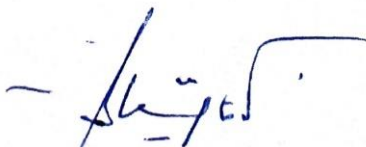
oleh:

IMAM MAHMUDI

D100 100 059

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Ir. Agus Riyanto, MT.
NIK. 483

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS NILAI KEPADATAN DAN CBR PADA GRADASI BATAS
ATAS, MEDIAN, DAN BAWAH BERDASARKAN RUMUS COOPER**

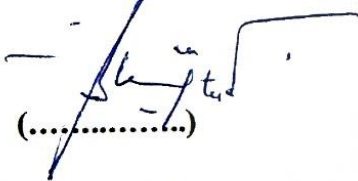
OLEH

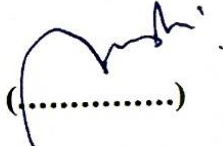
IMAM MAHMUDI
D100 100 059


**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada tanggal 16 Maret 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Agus Riyanto, MT.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ika Setyaningsih, ST., MT.
(Anggota II Dewan Penguji)**


(.....)


(.....)


(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, ^{29 April}..... 2016

Penulis



IMAM MAHMUDI
D100 100 059

ANALISIS NILAI KEPADATAN DAN CBR PADA GRADASI BATAS ATAS, MEDIAN, DAN BAWAH BERDASARKAN RUMUS COOPER

Imam Mahmudi

Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Email : cahsaloku@gmail.com

Abstrak

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) merupakan hasil dari pemrosesan penggarukan perkerasan jalan yang masih mengandung aspal. RAP merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah perkerasan jalan. Tujuan dari penelitian ini untuk menyelidiki kepadatan dan nilai CBR dari RAP yang telah digradasi dengan rumus Cooper, kemudian membandingkannya dengan RAP Asli. Metode penelitian menggunakan uji laboratorium terhadap nilai kepadatan dan CBR. Bahan yang digunakan adalah RAP asli tanpa ekstraksi dan tanpa penambahan agregat baru. Pengujian yang dilakukan antara lain, pengujian abrasi, berat jenis, kepadatan dan CBR. Untuk pengujian kepadatan menggunakan standart Proctor, dan pengujian CBR tanpa rendaman. Jumlah sampel yang akan dibuat pada penelitian ini sebanyak 28 sampel. Hasil dari penelitian menunjukkan RAP yang telah digradasi ulang menggunakan rumus Cooper memiliki nilai kepadatan yang lebih baik daripada RAP yang tidak digradasi (RAP asli). Hasil pengujian RAP asli mempunyai nilai kepadatan maksimum $1,55 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 3,07%. RAP Rekayasa dengan nilai eksponen 0,1 mempunyai nilai kepadatan tertinggi yaitu sebesar $1,733 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air 7,8%. Hasil Pengujian CBR RAP asli 27,67. RAP rekayasa 56,67. Pada penelitian ini dapat disimpulkan RAP Rekayasa mempunyai kepadatan dan CBR lebih baik daripada RAP asli.

Kata Kunci : RAP, Rumus Cooper, Kepadatan, CBR

Abstract

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) is a result of processing raking pavement still contain asphalt. RAP is one of alternatives that can be used overcome the problem of pavement. The purpose of this research was to investigate density and CBR of RAP has been graded with Cooper formula, then compare it with the original RAP. Research methods using laboratory test of density and CBR. The material used is the original RAP without extraction and without the addition of a new aggregate. The testing performed, among others, testing abrasion, specific gravity, density and CBR. For testing density using standard Proctor and unsoaked CBR tests. The number of samples that will be created on this research as much as 28 samples. results of the research showed that RAP has been graded using the Cooper formula has a density value better than RAP is not graded (original RAP). Original RAP test results have a maximum density value of 1.55 g/cm^3 with optimum moisture content 3.07%. Exponent with value Engineering RAP 0.1 highest density has a value that is of 1.733 gr/cm^3 with a moisture content of 7.8%. CBR test results original RAP 27.67. RAP engineering 56.67. In this research it can be concluded the RAP Engineered has density and CBR better than original RAP.

Keywords : RAP, Cooper Formula, Density, CBR

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang paling dominan di Indonesia. Setiap harinya masyarakat memanfaatkan jalan raya sebagai media transportasi. Oleh karena itu, kondisi jalan yang baik akan sangat mempengaruhi kelancaran dan kenyamanan pengguna jalan. Beberapa tahun belakangan ini masalah lingkungan mulai menjadi perhatian publik. Eksploitasi sumberdaya alam mengakibatkan material semakin sedikit, sehingga mengakibatkan harga material menjadi mahal. Oleh karena itu digunakanlah RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai alternatif pengganti material yang baru.

RAP merupakan bahan hasil pemrosesan perkerasan jalan yang mengandung aspal dan agregat. Material yang dihasilkan ketika lapisan aspal diangkat untuk direkonstruksi. Pengembalian lapis permukaan ataupun pembongkaran perkerasan akibat pemasangan utilitas. Apabila di hancurkan dan disaring secara baik, RAP mengandung agregat berlapis aspal tua, yang berkualitas tinggi (Widajat, 2010). Karena RAP masih mengandung aspal dan agregat maka penambahan aspal untuk campuran RAP lebih sedikit, namun karena RAP merupakan bahan sisa perkerasan yang lama maka kepadatan maupun daya dukungnya akan dibawah material baru. Nilai kepadatan dan daya dukung yang rendah kemungkinan disebabkan oleh gradasi dari RAP tersebut.

Menurut Astuti (2015) RAP yang telah direkayasa gradasinya menggunakan gradasi AC memiliki nilai kepadatan yang lebih baik daripada RAP asli. Hal ini dikarekan agregat RAP yang direkayasa gradasinya mempunyai rongga yang lebih kecil, sehingga mempunyai kepadatan yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa gradasi dapat meningkatkan nilai kepadatan. Maksud penelitian ini untuk mempelajari nilai kepadatan dan CBR dari RAP yang telah direkayasa dengan rumus Cooper, dan membandingkannya dengan RAP asli.

1.2. Tinjauan Pustaka

Agregat dengan gradasi rapat (*dense*) dapat diestimasi berdasarkan kurva gradasi. Fuller mengusulkan persamaan untuk gradasi agregat yang padat. Agregat dengan gradasi Fuller biasanya mempunyai sifat mudah dikerjakan (*workable*) dan siap dipadatkan, namun biasanya kadar rongga udaranya (*void content*) sangat rendah. Sehingga kepadatan campuran perlu diturunkan untuk meningkatkan VMA (*void in mineral aggregate*) (SEC, 2015).

Rumus Cooper merupakan pengembangan rumus fuller yang memungkinkan untuk disesuaikan (*adjusted*) dengan mempertahankan proporsi filler dari rumus Fuller (SEC, 2015). Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran (Fakhli, 2011).

CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase (Irawan, 2011).

Gradasi agregat mempengaruhi kekakuan campuran beraspal dan bersama parameter campuran lainnya memainkan peranan penting yang menentukan ketahanan campuran beraspal terhadap beban berulang (Yamin & Aschuri, 2002).

Gradasi agregat sangat mempengaruhi daya dukung lapisan base A. Agregat yang bergradasi baik yaitu yang mempunyai ukuran menerus dari kasar sampai halus, dimana agregat ini mempunyai rongga antar butiran yang kecil dan kepadatan yang tinggi, sehingga menjadikan agregat akan saling mengunci dan stabil serta mempunyai daya dukung yang memenuhi persyaratan spesifikasi (Sumiati, 2011).

RAP yang gradasinya telah diperbaiki kepadatannya meningkat secara signifikan. Temuan ini menjadi sebuah kunci yang menjawab problem mengapa campuran aspal yang menggunakan bahan RAP propertisnya masih dibawah hotmix (Sunarjono dkk, 2015).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jumlah sampel yang dibuat ada dua macam, yaitu sampel RAP asli dan RAP yang telah direkayasa gradasinya menggunakan rumus Cooper. Pada RAP rekayasa ada 3 variasi gradasi yang akan dipakai. Gradasi 1 menggunakan nilai eksponen 0,1 ($n : 0,1$). Gradasi 2 menggunakan eksponen 0,5 ($n : 0,5$),

dan gradasi yang ke 3 menggunakan nilai eksponen 0,9 (n : 0,9). Perhitungan proporsi campuran dapat menggunakan persamaan berikut :

$$p = \frac{(100-F)(d^n-0,075^n)}{(D^n-0,075^n)} + F \quad (1)$$

- dengan : p : Total % lolos saringan tertentu
d : Ukuran saringan
D : Ukuran terbesar saringan
F : % filler dari rumus Fuller
n : Nilai eksponen antara 0 sampai 1

Tahapan penelitian dilakukan antara lain :

- Tahap I : Persiapan Alat dan Bahan
- Mempersiapkan alat – alat yang akan digunakan
Tahap II :- Pengujian karakteristik RAP
a. Berat Jenis
- Agregat Kasar (SNI 1969:2008)
- Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)
b. Keausan (SNI 2417:2008)
c. Analisa Saringan
Tahap III : - Analisis hasil uji karakteristik
Tahap IV : - Persiapan pembuatan benda uji kepadatan dan CBR RAP
Rekayasa
- Persiapan Pembuatan benda uji kepadatan dan CBR RAP Asli
Tahap V : - Pengujian kepadatan dan CBR RAP rekayasa (SNI 1742:2008 dan SNI 1744:2012)
- Pengujian kepadatan dan CBR RAP asli
Tahap VI : - Analisis hasil uji kepadatan dan CBR RAP rekayasa
- Analisis hasil uji kepadatan dan CBR RAP asli
Tahap VII : - Perbandingan nilai kepadatan dan CBR antara RAP rekayasa dan RAP asli
Tahap VIII : Kesimpulan dan saran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Warna, Berat Jenis, dan Keausan Agregat

3.1.1 Pemeriksaan Warna

Bila dilihat secara visual, RAP yang didapat dari Kabupaten Tegal berwarna coklat keabu – abuan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Warna RAP

3.1.2 Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis RAP dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Berat Jenis RAP

Keterangan	Hasil	
	RAP Kasar $\geq 4,75$ mm	RAP Halus < 4,75 mm
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,23	2,01
Berat Jenis SSD	2,23	2,08
Berat Jenis Semu	2,24	2,17
Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	0,27	3,73

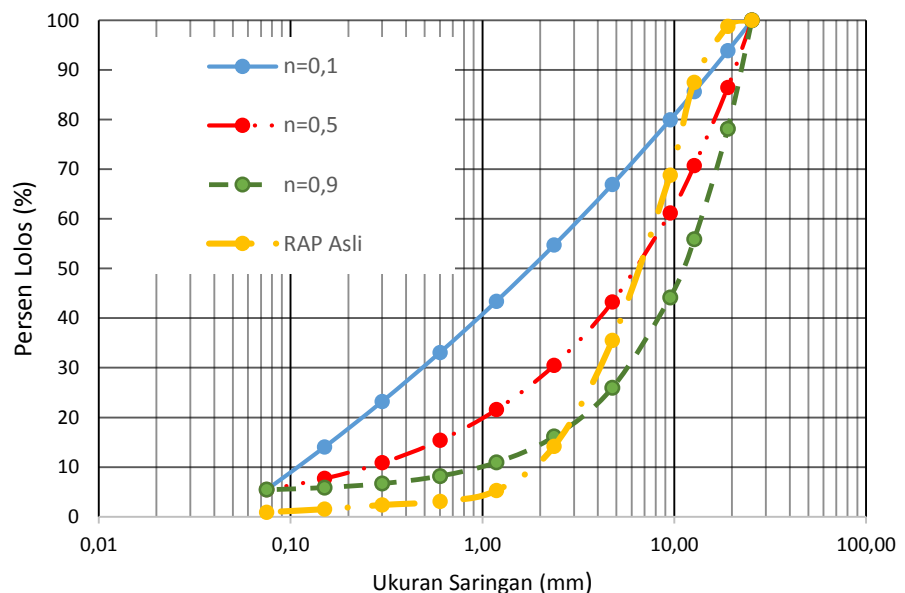
Berdasarkan Tabel 1, RAP kasar mempunyai berat jenis lebih besar daripada RAP halus, tapi pada pengujian penyerapan (*absorpsi*) RAP halus penyerapannya lebih besar daripada RAP kasar. Penyerapan RAP halus lebih besar dikarenakan permukaan dari RAP halus lebih banyak, sehingga mampu menyerap air lebih besar.

3.1.3 Keausan Agregat

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh hasil keausan RAP sebesar 26,69%. Ini membuktikan bahwa RAP yang berasal dari Kabupaten Tegal tersebut mempunyai mutu yang baik, karena nilainya lebih kecil dari spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu 40% (untuk semua campuran aspal kecuali AC Modifikasi).

3.1.4 Gradasi

Pada penelitian ini gradasi yang digunakan adalah gradasi Cooper dengan nilai eksponen 0,1 0,5 dan 0,9. Grafik gradasi Cooper dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Gradasi Cooper dan RAP asli

Setelah kurva dari rumus Cooper digambar, maka akan dihitung nilai dari Cc dan Cu. Untuk menghitung nilai Cu dan Cc dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2)$$

dengan : Cu : *coefficient of uniformity* (koefisien keseragaman)
D60 : Diameter butir 60 % lolos saringan
D10 : Diameter butir 10 % lolos saringan

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} \quad (3)$$

dengan : Cc : *coefficient of curvature* (koefisien kelengkungan)
D10 : Diameter butir 10 % lolos saringan
D30 : Diameter butir 30 % lolos saringan
D60 : Diameter butir 60 % lolos saringan

Berdasarkan perhitungan dari persamaan diatas maka didapatkan nilai dari Cc dan Cu. Nilai Cc dan Cu pada gradasi Cooper dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Cc dan Cu gradasi Cooper

Gradasi	Cu	Cc
0,1	30,00	1,01
0,5	35,38	2,21
0,9	13,80	2,44

Gradasi dianggap baik apabila mempunyai koefisien gradasi $1 < Cc < 3$ dengan $Cu > 4$ untuk kerikil, dan $Cu > 6$ untuk pasir. Tanah disebut bergradasi sangat baik bila $Cu > 15$. Dari ketiga gradasi, nilai Cc dan Cu masuk dalam kriteria sehingga dapat disimpulkan bahwa gradasi Cooper merupakan gradasi baik.

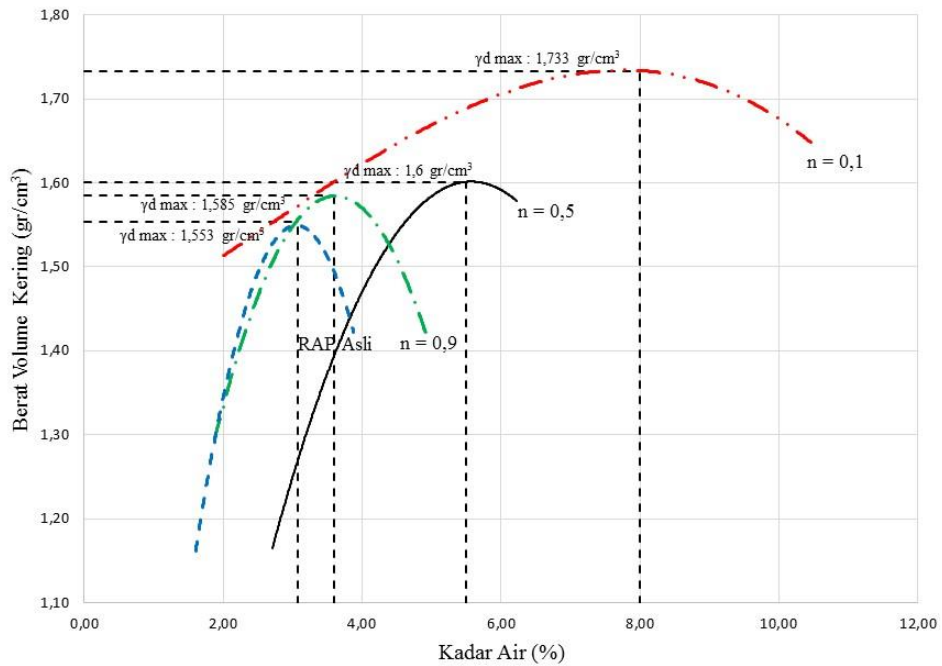
3.2 Analisis Nilai Kepadatan RAP Asli dan RAP rekayasa

Pengujian kepadatan dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan dari RAP asli dan RAP yang telah direkayasa gradasinya dengan menggunakan rumus Cooper. Hasil dari pengujian ini kemudian akan dibandingkan. Hasil pengujian kepadatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kepadatan RAP Asli dan RAP rekayasa

Variasi Gradasi	Kepadatan Maksimum	Kadar air Optimum
n : 0,1	1,733 gr/cm ³	7,8 %
n : 0,5	1,6 gr/cm ³	5,5 %
n : 0,9	1,585 gr/cm ³	3,6 %
RAP Asli	1,55 gr/cm ³	3,07 %

Dari tabel 3, diketahui bahwa nilai kepadatan RAP rekayasa lebih tinggi dari RAP asli. Nilai kepadatan tertinggi adalah 1,733 gr/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 7,8% (RAP rekayasa n : 0,1). Untuk melihat perbandingan nilai kepadatan antara RAP asli dengan RAP rekayasa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Perbandingan Nilai Kepadatan RAP asli dan RAP rekayasa

Pada pengujian kepadatan menggunakan 1 sampel, dengan variasi penambahan air 50 ml. Jumlah penambahan air sebanyak 7 kali. Untuk menentukan kadar air optimum digunakan *Trendline Polynomial*. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa kurva RAP rekayasa dengan gradasi 0,1 paling berbeda. Hal ini dikarenakan fraksi halus dari gradasi 0,1 paling banyak daripada sampel yang lain. Ini menyebabkan gradasi 0,1 kurang sensitif terhadap penambahan air dibandingkan dengan sampel yang lain. Dengan campuran yang kurang sensitif terhadap air, maka nilai kepadatannya akan meningkat secara bertahap. Berbeda dengan campuran yang sensitif terhadap penambahan air, campuran ini akan mendapatkan kepadatan secara cepat, namun akan mengalami penurunan secara cepat pula. Apabila diaplikasikan di lapangan, campuran yang kurang sensitif lebih bagus, karena lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan.

3.3 Analisis Nilai CBR RAP Asli dan RAP Rekayasa

Pemeriksaan CBR dilakukan tanpa perendaman (*Unsoaked CBR*). Bahan yang digunakan yaitu RAP, tanpa ada campuran agregat baru. Hasil pemeriksaan CBR dapat dilihat pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4 Nilai CBR 10 kali Tumbukan

Variasi CBR <i>Unsoaked</i>	Jumlah Tumbukan	Nilai CBR
RAP Asli		8
RAP Rekayasa 0,1		15
RAP Rekayasa 0,5	10	15,167
RAP Rekayasa 0,9		9,5

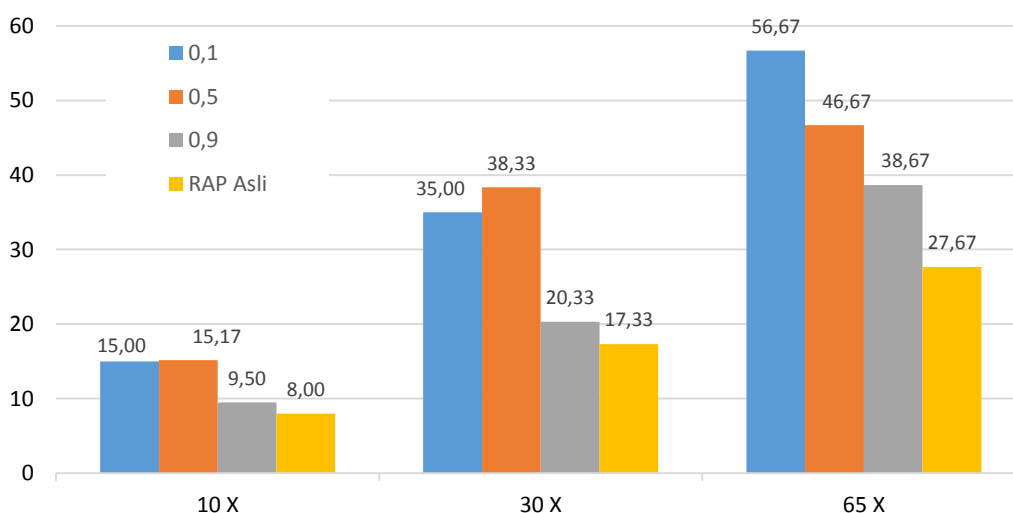
Tabel 5 Nilai CBR 30 Kali Tumbukan

Variasi CBR <i>Unsoaked</i>	Jumlah Tumbukan	Nilai CBR
RAP Asli	30	17,33
RAP Rekayasa 0,1		35
RAP Rekayasa 0,5		38,33
RAP Rekayasa 0,9		20,33

Tabel 6 Nilai CBR 65 kali Tumbukan

Variasi CBR <i>Unsoaked</i>	Jumlah Tumbukan	Nilai CBR
RAP Asli	65	27,67
RAP Rekayasa 0,1		56,67
RAP Rekayasa 0,5		46,67
RAP Rekayasa 0,9		38,67

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian, nilai daya dukung dari RAP asli lebih rendah daripada RAP rekayasa. Pada sampel CBR dengan 10 kali tumbukan, nilai CBRnya rendah, baik itu RAP asli maupun RAP rekayasa. Nilai CBR tertinggi adalah 15,167% (RAP rekayasa dengan n : 0,5), sedangkan nilai terendah ada pada RAP asli dengan nilai 8. Pada sampel CBR dengan jumlah 30 kali tumbukan, nilai daya dukung RAP rekayasa lebih tinggi daripada RAP asli. Nilai tertinggi 38,33% (RAP rekayasa dengan n : 0,5). Sedangkan pada RAP asli nilainya 17,33%. Pada pengujian CBR dengan 65 kali pukulan, nilai tertinggi ada pada RAP rekayasa dengan nilai eksponen 0,1. Dari keempat sampel tersebut, nilai RAP asli selalu jadi yang terendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa gradasi Cooper dapat meningkatkan daya dukung dari RAP. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Nilai CBR RAP Asli dan RAP Rekayasa

3.4 Analisis Perbandingan Kepadatan dan CBR RAP Asli dengan RAP Rekayasa

Nilai kepadatan antara RAP asli dengan RAP rekayasa lebih tinggi RAP rekayasa. Baik pada gradasi n: 0,1, n: 0,5, dan n: 0,9. Dari ketiga sampel RAP Rekayasa, yang

mempunyai nilai kepadatan tertinggi adalah gradasi 0,1. Pada gradasi 0,1 proporsi agregat halus lebih banyak daripada gradasi 0,5 dan 0,9. Gradasi 0,9 kebanyakan menggunakan agregat kasar, sehingga masih ada rongga udara dalam campuran. Berbeda dengan gradasi 0,1 yang kebanyakan menggunakan agregat halus, sehingga rongga udara lebih sedikit. Ini menyebabkan nilai kepadatannya tinggi dan nilai kadar air juga tinggi, karena agregat halus lebih banyak menyerap air dari agregat kasar.

Pada pengujian CBR dengan jumlah tumbukan 10 kali dan 30 kali, nilai CBR tertinggi ada pada gradasi 0,5, namun pada 65 kali tumbukan nilai CBR tertinggi ada pada gradasi 0,1. Saat pengujian CBR dengan jumlah 10 dan 30 nilai CBR gradasi 0,1 lebih rendah dikarenakan gradasi 0,1 belum mencapai kepadatan yang maksimum sehingga masih terdapat rongga udara yang ada pada campuran, akan tetapi setelah dipadatkan dengan 65 kali tumbukan rongga udara yang ada pada campuran lebih sedikit sehingga dapat membuat campuran lebih padat dan daya dukung dari campuran meningkat.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bahan RAP yang diambil dari ruas jalan Pantura di wilayah Kabupaten Tegal berwarna coklat keabu-abuan. Nilai keausan RAP berdasarkan uji *Los Angeles* adalah 26,69%
2. Nilai kepadatan bahan RAP sangat ditentukan oleh gradasi dan kadar air dari campuran. Kepadatan dari RAP asli berkisar antara 1,55 gr/cm³ dengan kadar air sebesar 3,07%. Nilai kepadatan ini bertambah setelah digradasi dengan gradasi Cooper hingga 1,733 gr/cm³ dengan kadar air sebesar 7,8% (pada n : 0,1).
3. Pada tahap selanjutnya dilakukan pengujian CBR. Pengujian CBR yang dilakukan adalah tanpa rendaman (*Unsoaked CBR*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai CBR RAP asli berkisar antara 27,67%. Setelah direkayasa dengan gradasi Cooper, nilai CBR bahan RAP meningkat menjadi 56,67% (Gradasi 0,1).
4. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa RAP yang telah direkayasa dengan rumus Cooper mempunyai nilai kepadatan dan daya dukung yang lebih baik daripada RAP yang tidak direkayasa gradasinya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada : Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah VI Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membantu pembiayaan penelitian ini sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Tahun 2015 Nomor: 007/K6/KM/SP2H/PENELITIAN_BATCH-1/2015, tanggal 30 Maret 2015.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, W. W. (2015). Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2010). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Departement Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*, SNI 1742:2008
- Departement Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, *Metode Uji CBR Laboratorium*, SNI 1744:2012
- Departement Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat kasar*, SNI 1969:2008
- Departement Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*, SNI 03-1970-1990.
- Departement Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standard Nasional Indonesia, *Cara uji Keausan dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, SNI 2417-2008.

- Fakhli. (2011). Pengertian dan Klasifikasi Gradasi Agregat, <http://kumpulengineer.blogspot.com/2014/05/pengertian-dan-klasifikasi-gradasi.html>, diakses tanggal 05 September 2015.
- Irawan, D. (2011). CBR (California Bearing Ratio) <http://karpelimusipil.blogspot.co.id/2010/01/cbr-california-bearing-ratio.html>, diakses tanggal 02 Maret 2016.
- SEC. (2015). Mata Kuliah Bahan Perkerasan, <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=45772>, diakses tanggal 05 Agustus 2015.
- Sumiati. (2011). Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Daya Dukung Base A. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, No.2, Vol.6, 37, <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=155262&val=4006&title=PENGARUH%20GRADASI%20AGREGAT%20TERHADAP%20DAYA%20DUKUN%20BASE%20A>.
- Sunarjono, S., Sutanto, M. H., & Astuti, W. W. (2015). Karakteristik Bahan Reclimed Asphalt Pavement (RAP). *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*3, [https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/6249/6.%20SNTT 2015_sumbmission 43%20br5.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/6249/6.%20SNTT%202015_sumbmission%2043%20br5.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Widayat, D. (2010). Hubungan Parameter Kuat Tarik Tak Langsung Terhadap Modulus Resilien Campuran Beraspal Dingin Dengan Aspal Busa, <http://www.pu.go.id/uploads/services/infopublik20130214144752.pdf>, diakses tanggal 08 Maret 2016.
- Yamin, R. A., & Aschuri, I. (2002). Ketahanan Fatig Berbagai Jenis Campuran Beraspal. *Simposium V FSTPT, Universitas Indonesia*, No.12, http://lib.itenas.ac.id/kti/wp-content/uploads/2013/04/7.-Ketahanan-Fatig_2002.pdf.