

STUDI KARAKTERISTIK KEPADATAN DAN CBR BAHAN RAP BERGRADASI COOPER

Sri Sunarjono¹⁾, Agus Riyanto²⁾, Imam mahmudi³⁾

Pusat Studi Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl.

A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102

¹⁾ Sri.Sunarjono@ums.ac.id ²⁾ Agus.Riyanto@ums.ac.id ³⁾ cahsaloku@gmail.com

Abstrak

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah bahan limbah dari hasil penggalian dan penghacuran lapis perkerasan jalan yang telah mengalami rusak parah. RAP dapat dimanfaatkan kembali menjadi campuran perkerasan melalui teknologi *road recycling*. Berdasarkan laporan campuran aspal dingin RAP ini memiliki kepadatan dan stabilitas yang kurang maksimal. Tujuan penelitian ini untuk menyelidiki kepadatan dan nilai CBR bahan RAP yang telah diperbaiki gradasinya dengan mengacu rumus Cooper, kemudian membandingkannya dengan RAP Asli tanpa perbaikan gradasi. Metode penelitian menggunakan uji laboratorium terhadap nilai kepadatan dan CBR. Bahan yang digunakan adalah RAP asli 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 digunakan sebanyak 28 buah. Hasil penelitian menunjukkan RAP yang telah diperbaiki gradasinya memiliki nilai kepadatan dan CBR yang lebih baik dibanding bahan RAP asli tanpa perbaikan gradasi. 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.

Kata Kunci: CBR, Kepadatan, RAP, Rumus Cooper.

PENDAHULUAN

Saat ini perbaikan jalan menggunakan teknologi *cold mix asphalt recycling* semakin diminati oleh para insinyur. Hal ini dikarenakan teknologi tersebut memberikan banyak keuntungan, misal hemat bahan agregat dan aspal, serta berorientasi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Metode ini juga sangat efektif ketika suatu struktur perkerasan jalan sudah mengalami rusak akut dan kurang efektif bila hanya dilakukan tambal sulam dan *overlay*. Pada metode *cold recycling*, lapis perkerasan jalan lama yang telah rusak digali, dihancurkan, dan diolah kembali dengan sistem pencampuran dingin menggunakan bahan pengikat *foamed bitumen* ataupun aspal emulsi. Bahan bongkaran perkerasan jalan lama ini kemudian sering disebut sebagai bahan *reclaimed asphalt pavement* (RAP).

Menurut Widayat (2010) bahan RAP mengandung agregat berlapis aspal tua yang memiliki kualitas yang baik, bila bahan RAP disaring dan diolah secara tepat. Disisi lain, campuran aspal dingin menggunakan bahan RAP diketahui propertiesnya masih belum maksimal. Hal ini ditengarai karena nilai kepadatan rendah mempengaruhi stabilitas campuran. Kepadatan campuran sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat yang digunakan. Menurut Astuti (2015) bahan RAP yang telah direkayasa gradasinya menggunakan gradasi *asphalt concrete* memiliki nilai kepadatan yang lebih baik daripada RAP asli. Hal ini dikarenakan bahan RAP yang direkayasa gradasinya menghasilkan rongga antar partikel yang lebih kecil, sehingga kepadatan campuran RAP lebih tinggi.

Pada penelitian ini gradasi bahan RAP direkayasa menggunakan rumus Cooper, dan kemudian nilai kepadatan dan CBRnya dipelajari. Hasil investigasi juga dibandingkan dengan nilai kepadatan dan CBR bahan RAP asli. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari karakteristik kepadatan dan nilai CBR bahan RAP yang gradasinya di rekayasa menggunakan rumus Cooper.

Bahan RAP sering digunakan untuk campuran dingin daur ulang perkerasan jalan dengan bahan ikat *foamed bitumen*. Campuran menggunakan bahan ikat *foamed bitumen* dapat memiliki kinerja *stiffness* yang baik (Sunarjono 2007 dan 2010), ketahanan terhadap retak lelah yang kompetitif (Sunarjono, 2006), dan ketahanan terhadap deformasi permanen yang bagus (Sunarjono,

2013), sehingga campuran ini sangat prospektif untuk digunakan sebagai lapisan struktur perkerasan utama yang mensyaratkan tiga properties tersebut. Bila sifat kepadatan dan stabilitas campuran dapat ditingkatkan dalam penelitian ini maka campuran menggunakan bahan RAP dan *foamed bitumen* akan bersifat lebih superior.

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
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 dan RAP Asli
Tahap V : Pengujian kepadatan dan CBR RAP rekayasa dan RAP asli (SNI 1742:2008 dan SNI 1744: 2012)
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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Warna, Berat Jenis, dan Keausan Agregat

Bila dilihat secara visual, RAP yang didapat dari Kabupaten Tegal berwarna coklat keabu-abuan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengujian berat jenis RAP dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1 Warna RAP

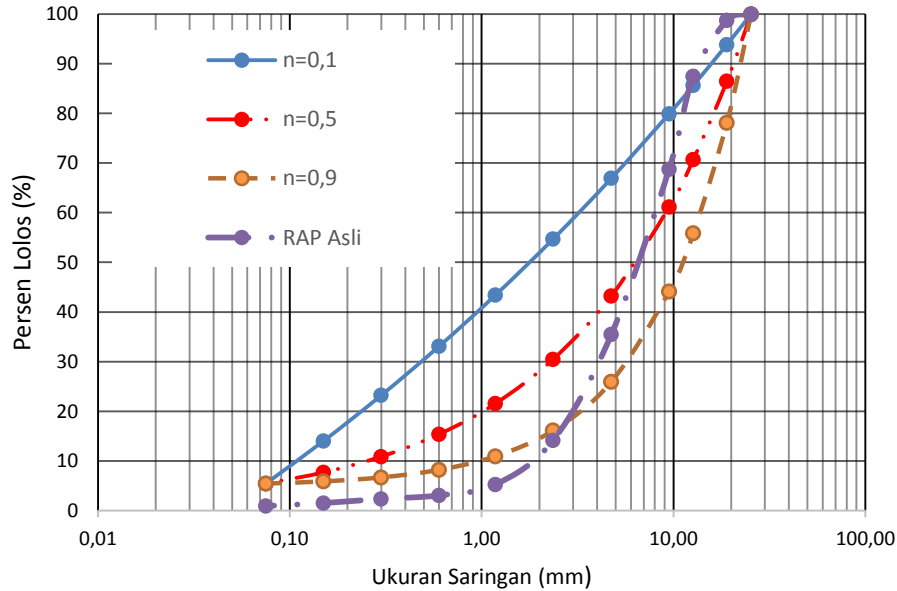
Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis RAP

Keterangan	Hasil	
	RAP Kasar ≥ 4,75 mm	RAP Halus < 4,75 mm
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,62	2,01
Berat Jenis SSD	2,63	2,08
Berat Jenis Semu	2,64	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.

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).

Gradasi Bahan RAP



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:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \tag{2}$$

dengan : C_u : *coefficient of uniformity* (koefisien keseragaman)
 D60 : Diameter butiran yang lolos 60 %
 D10 : Diameter butiran yang lolos 10 %

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

dengan : C_c : *coefficient of curvature* (koefisien kelengkungan)
 D10 : Diameter butiran yang lolos 10 %
 D30 : Diameter butiran yang lolos 30 %
 D60 : Diameter butiran yang lolos 60 %

Berdasarkan perhitungan dari persamaan diatas maka didapatkan nilai dari C_c dan C_u . Nilai C_c dan C_u pada gradasi Cooper dapat dilihat pada Tabel 3. Gradasi dianggap baik apabila mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil, dan $C_u > 6$ untuk pasir. Tanah disebut bergradasi sangat baik bila $C_u > 15$. Dari ketiga gradasi, nilai C_c dan C_u masuk dalam kriteria sehingga dapat disimpulkan bahwa gradasi Cooper merupakan gradasi baik.

Tabel 3. Hasil Perhitungan C_c dan C_u gradasi Cooper

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

Analisis Nilai Kepadatan RAP Asli dan RAP rekayasa

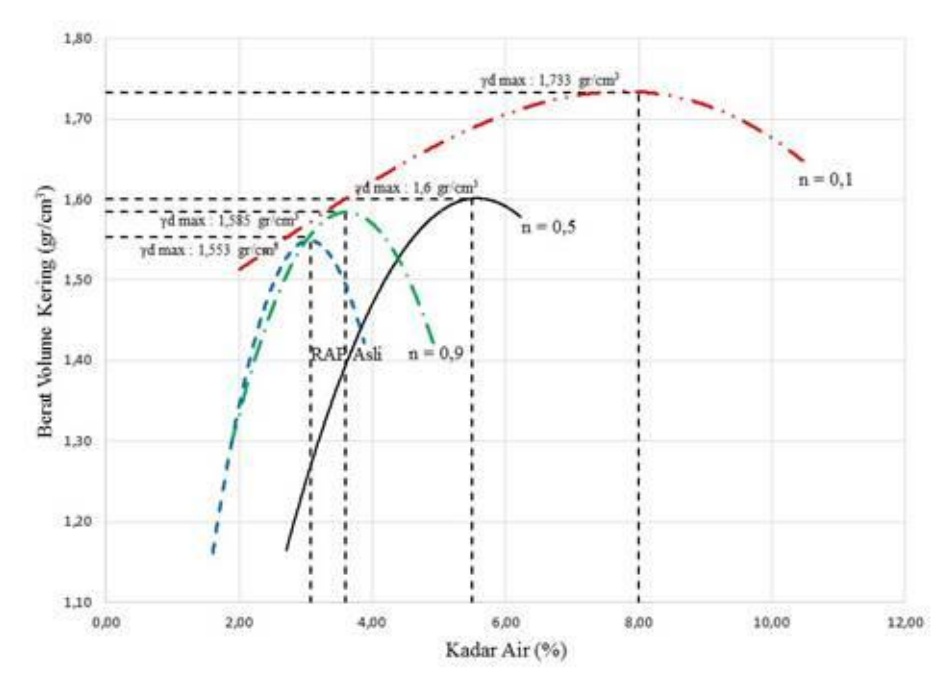
Pengujian kepadatan dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan dari RAP asli dan RAP yang telah direkayasa gradasinya dengan menggunakan rumus Cooper. Hasil dari pengujian ini kemudian akan dibandingkan. Hasil pengujian kepadatan dapat dilihat pada Tabel 3.

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.

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.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Kepadatan RAP asli dan RAP rekayasa

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. 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.

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

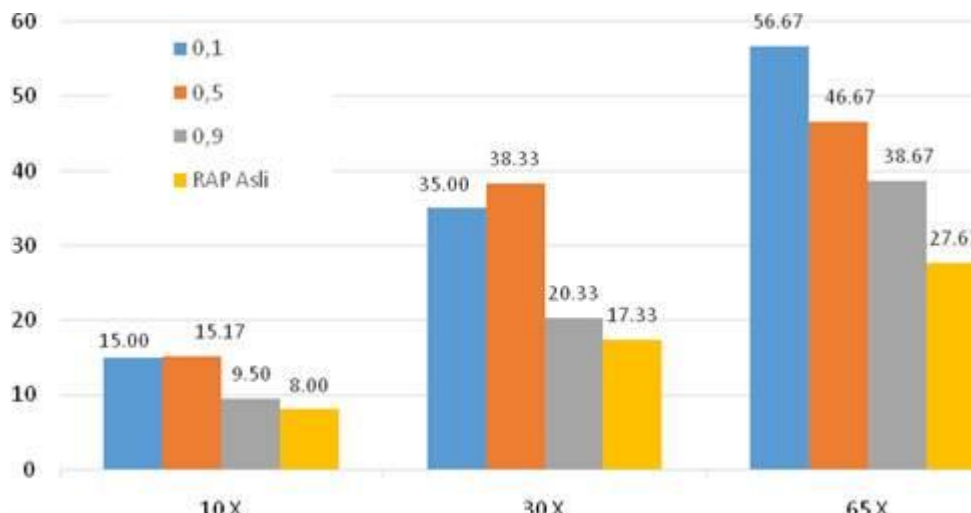
Tabel 5. Nilai CBR 30 Kali Tumbukan

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

RAP Rekayasa 0,9 20,33

Tabel 6. Nilai CBR 65 kali Tumbukan

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



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai CBR RAP Asli dan RAP Rekayasa

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.

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 gradasinya. Kepadatan dari RAP asli berkisar antara 1,55 gr/cm³. Nilai kepadatan ini bertambah setelah digradasi dengan gradasi Cooper hingga 1,733 gr/cm³(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.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Asuti, W. W. (2015). Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- 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.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2010). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Sunarjono, Sri. (2006). A Study on Fatigue Performance of Reclaimed Asphalt Pavement Stabilised with Foamed Bitumen. Seminar Teknik Sipil Desember 2006, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sunarjono, Sri., Zoorob, S.E., Thom, N.H. (2007). Influence of foaming water on the foaming process and resultant asphalt mix stiffness. Fourth international SIV congress, Palermo, Italy, 12-14 September 2007. http://www.siv.net/site/sites/default/files/Documenti/palermo/63_2848_20080108102258.pdf, diunduh 5 Mei 2016.
- Sunarjono, Sri. (2010). Laboratory stiffness characterization of foamed cold-mix asphalt using indirect tensile stiffness modulus test. Jurnal terakreditasi Dinamika TEKNIK SIPIL/Vol. 10/No. 1/Januari 2010/Sri Sunarjono/Halaman : 1-8. [https://publikasi.ilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/1652/\(1\)-Sri%20Sunarjono-UMS.pdf?sequence=3](https://publikasi.ilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/1652/(1)-Sri%20Sunarjono-UMS.pdf?sequence=3), diunduh 5 Mei 2016.
- Sunarjono, Sri. (2013). Performance of Foamed Asphalt under Repeated Load Axial Test. *Procedia Engineering*, Volume 54, 2013, Pages 698–710, Scencedirect, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813004189>
- 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.