

KEKUATAN DAN KETAHANAN LAPIS TIPIS CAMPURAN ASPAL PANAS DENGAN PENAMBAHAN KARET REMAH

Mahardhika Yusuf P¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Djoko Sarwono³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126 Surakarta 57126. Surakarta 57126. Telp: 0271647069.

e-mail : dk_emyepe@yahoo.co.id / dikadongki@gmail.com

Abstract

Maintenance of the layers of the road surface at this time is generally done with a fairly high thickness, this raises new issues. For that it needs the presence of innovation, one of which with a thin surfacing hot mix asphalt. From the use of the materials used ingredients add rubber crumb to improve performance in thin surfaces. This research aims to know the influence of the addition of crumb rubber against indirect tensile strength characteristics, unconfined compressive strength, and the permeability of thin surfacing hot mix asphalt. The primary data used include: volumetric test, indirect tensile strength test data, unconfined compressive strength test data and permeability test data, also specification of crumb rubber are used. Secondary data include: the optimum asphalt content data, aggregate test data, marshall test data, and asphalt test data. The analysis used is regression analysis and correlation. Influence of the addition of crumb rubber gained indirect tensile strength is increased strength of thin surfacing hot mix asphalt with crumb rubber levels of 0.1% in any temperature. On the rubber crumb levels of 0.3% and 0.5% of ITS value that indicates the strength of the test object is increasing at a temperature of 30°C temperatures declined 40°C and 60°C. On testing unconfined compressive strength obtained increased strength on the rubber crumb levels declined at a 0.1% 0.3% and 0.5% compared to a normal test object. Permeability testing the addition of crumb rubber has decreased the value of permeability at levels of 0.1% and 0.3% then the value increases the permeability of crumb rubber on the levels of 0.5% compared to a normal test object. Analysis results are processed so that the conclusions obtained are: tensile strength of thin surfacing hot mix asphalt with crumb rubber has increased at all levels with temperature variations CR 0.1%; compressive strength has increased at a rate of 0.1% CR; resistance to the flow of substances on experience increased levels of CR 0.1% and 0.3%.

Keyword : *Thin Surface, Crumb Rubber, Indirect Tensile Strength, Unconfined Compressive Strength, Permeability*

Abstrak

Pemeliharaan lapis permukaan jalan pada saat ini umumnya dikerjakan dengan ketebalan yang cukup tinggi, hal ini menimbulkan berbagai persoalan baru. Untuk itu dibutuhkan adanya inovasi yang salah satunya dengan lapis tipis campuran aspal panas. Dari sisi penggunaan material digunakan bahan tambah karet remah untuk meningkatkan performa lapis tipis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karet remah terhadap karakteristik kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas, dan permeabilitas pada lapis tipis campuran aspal panas. Data primer yang digunakan meliputi: pemeriksaan berat dan tebal benda uji, pemeriksaan kuat tarik tidak langsung, pemeriksaan kuat tekan bebas dan data permeabilitas serta data spesifikasi karet remah yang digunakan. Data sekunder meliputi: data kadar aspal optimum, data pemeriksaan agregat, data uji marshall, dan pemeriksaan aspal. Analisis yang digunakan adalah analisis regresi dan korelasi. Pengaruh penambahan karet remah yang didapat adalah kuat tarik tidak langsung mengalami peningkatan kekuatan lapis tipis campuran aspal panas pada penambahan kadar karet remah 0,1% di setiap suhu. Pada kadar karet remah 0,3% dan 0,5% nilai ITS yang menunjukkan kekuatan benda uji meningkat pada suhu 30°C selanjutnya menurun pada suhu 40°C dan 60°C. Pada pengujian kuat tekan bebas didapatkan peningkatan kekuatan pada kadar karet remah 0,1% selanjutnya menurun pada kadar 0,3% dan 0,5% dibanding benda uji normal. Pengujian permeabilitas penambahan karet remah mengalami penurunan nilai permeabilitas pada kadar 0,1% dan 0,3% kemudian nilai permeabilitas meningkat pada kadar karet remah 0,5% dibanding benda uji normal. Hasil analisis diolah sehingga kesimpulan yang didapatkan antara lain: kekuatan tarik lapis tipis campuran aspal panas dengan penambahan karet remah mengalami peningkatan di semua variasi suhu dengan kadar CR 0.1%; kekuatan tekan mengalami peningkatan pada kadar CR 0.1%; ketahanan terhadap zat alir mengalami peningkatan pada kadar CR 0.1% dan 0.3%.

Kata Kunci : Lapis Tipis, Karet Remah, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Permeabilitas

PENDAHULUAN

Sistem jaringan jalan merupakan infrastruktur yang penting dan berkaitan erat dengan sektor di bidang ekonomi dan sosial. Apabila ada kerusakan pada jalan secara langsung mengakibatkan sektor perhubungan terhambat sehingga sektor bidang ekonomi dan sosial ikut terganggu. Salah satu penyebab utama berkurang dan memburuknya kemampuan jalan raya adalah rendahnya daya tahan pada lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas berat yang sering dihubungkan dengan *durability* dan ketahanan terhadap alur (*rutting*). Untuk itu perlu adanya pemeliharaan pada lapis permukaan secara berkala untuk mempertahankan kondisi perkerasan yang layak.

Overlay atau pelapisan ulang adalah salah satu metode yang digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan khususnya perkerasan lentur. Pada saat ini umumnya *overlay* dikerjakan secara berkala dengan ketebalan yang

cukup tinggi sehingga mengakibatkan adanya selisih ketinggian pada permukaan jalan. Hal ini dapat berdampak pada berbagai aspek baik dari segi lingkungan sekitar jalan, dari segi ekonomi, dari segi waktu, dan dari segi penggunaan material yang cukup banyak.

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt yang merupakan inovasi pada pekerjaan *overlay*, salah satu teknologi berwawasan lingkungan (*Greenroad*) dan jalan yang aman (*Safety Road*). Lapis tipis aspal campuran panas ini memiliki ketebalan antara 25 – 40 mm, kinerja lapis tipis ini diharapkan dapat mengatasi masalah mengenai perkerasan jalan seperti *fretting* (pelepasan agregat), memelihara kedekatan terhadap penetrasi air (*impermeability*) dan meningkatkan ketahanan terhadap *gelincir* (*skid resistance*).

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt

Thin Surfacing HMA merupakan lapis permukaan yang sangat tipis seperti permukaan dressing dan slurries, lapis permukaan tipis ini memiliki ketebalan dari 30 mm sampai 40 mm (Nicholls, 1998). Tujuan dari perbaikan lapis tipis ini adalah sebagai lapisan non-struktural yang diterapkan untuk pemeliharaan lapis permukaan perkerasan, baik korektif atau preventif. Secara umum, perawatan lapis tipis mempunyai ketebalan kurang dari 1½ inci (37,5 mm). (Caltrans, 2007).

Berdasarkan British Broad Agreement HAPAS, tebal dari *Thin Surfacing HMA* dibagi menjadi 3 tipe, yaitu:

- Tipe A dengan ketebalan kurang dari 18 mm
- Tipe B dengan ketebalan antara 18 – 25 mm
- Tipe C dengan ketebalan antara 25 – 40 mm

Spesifikasi yang digunakan pada campuran *Thin Surfacing HMA* mengacu pada **National Asphalt Pavement Association (NAPA)**. Gradasi yang digunakan pada campuran ini adalah gradasi *envelope* yang merupakan standar dari *North Carolina*.

NMAS	12.5 mm		9.5 mm		6.3 mm		4.75 mm	
Agency	Alabama	North Carolina	Nevada	Utah	New York	Maryland	Georgia	Ohio
Gradation								
Sieve Size	% Passing							
19 mm	100	100						
12.5 mm	90 - 100	85 - 100	100	100			100	100
9.5 mm	<90	60 - 80	85 - 100	90 - 100	100	100	90 - 100	95 - 100
4.75 mm		28 - 38	50 - 75	<90	90 - 100	80 - 100	75 - 95	85 - 95
2.36 mm	28 - 58	19 - 32		32 - 67	37 - 70	36 - 76	60 - 65	53 - 63
0.30 mm		8 - 13					20 - 50	4 - 19
0.075 mm	2 - 10	4 - 7	3 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 12	4 - 12	3 - 8

Gambar 1. Gradations for Small NMAS Dense-Graded Asphalt Mixtures

Uji Volumetrik

Pengujian volumetrik pada benda uji bertujuan untuk mendapatkan nilai densitas, SG_{mix} dan porositas dari setiap benda uji. Porositas adalah prosentase pori atau rongga udara yang terdapat dalam suatu campuran. Porositas dipengaruhi oleh densitas dan *specific gravity* campuran. Densitas menunjukkan besarnya kepadatan pada campuran. Densitas diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{W_{dry}}{W_s - W_w} \dots\dots\dots [1]$$

Dimana:

- D = Densitas/berat isi
- W_{dry} = Berat kering/berat di udara (gr)
- W_s = Berat SSD (gr)
- W_w = Berat di dalam air (gr)

Specific Gravity Campuran adalah perbandingan persen berat tiap komponen pada campuran dan *specific gravity* tiap komponen. Untuk menghitung berat jenis campuran (*Specific Gravity* Campuran) digunakan rumus berikut:

$$SG_{mix} = \frac{W_s}{W_s - W_w} \dots\dots\dots [2]$$

Dimana:

$$SG_{mix} = \text{Specific Gravity Campuran (gr/cm}^3\text{)}$$

%W = % berat tiap komponen pada campuran

SG = *Specific Gravity* tiap komponen (gr/cm³)

(ca = *course aggregate*, fa = *fine aggregate*, f = *filler*, b = *bitumen*, cr = *crumb rubber*)

Dari nilai densitas dan *specific gravity* campuran dapat dihitung besarnya porositas dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \left(1 - \frac{D}{SG_{mix}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots [3]$$

Dimana:

P = Porositas benda uji (%)

D = Densitas benda uji yang dipadatkan (gr/cm³)

SG_{mix} = *Specific gravity* campuran (gr/cm³)

Uji Kuat Tarik Tidak Langsung

Kuat tarik ialah kemampuan untuk menahan gaya luar yang cenderung menarik elemen benda uji secara bersamaan. *Indirect Tensile Strength Test* (ITST) adalah sebuah pengujian gaya tarik tidak langsung yang bertujuan mengetahui karakter *tensile* dari campuran perkerasan. Sifat uji ini adalah untuk memperkirakan potensi retakan pada campuran aspal.

Rumus perhitungan kuat tarik tidak langsung dapat dilihat sebagai berikut :

$$ITS = \frac{2.P}{\pi.d.h} \dots\dots\dots [4]$$

Dimana:

ITS = Nilai kuat tarik secara tidak langsung (N/mm²).

P = Nilai beban terkoreksi (N).

h = Tinggi benda uji (mm).

d = Diameter benda uji (mm).

Uji Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tekan dari suatu campuran perkerasan. Kuat tekan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara vertikal yang dinyatakan dalam kg atau lb.

Rumus perhitungan kuat tekan bebas dapat dilihat sebagai berikut :

$$F = \frac{Pu}{A} \dots\dots\dots [5]$$

Dimana:

F = Kuat desak (N/mm²).

Pu = Nilai beban (N).

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

Uji Permeabilitas

Permeabilitas merupakan salah satu sifat perkerasan yang harus diperhatikan, mengingat banyaknya kerusakan perkerasan yang salah satu sebabnya dikarenakan oleh air. Permeabilitas mempengaruhi durabilitas dan stabilitas campuran aspal. Permeabilitas campuran asphalt concrete dapat diukur dengan nilai yang menunjukkan nilai permeabilitas atau koefisien permeabilitas (k), (cm/detik). Nilai koefisien permeabilitas dapat didekati dengan persamaan empiris yang sudah banyak digunakan dari analisis hidrolika sebagai berikut :

$$k = \frac{V.L.\gamma}{A.P.T} \dots\dots\dots [6]$$

Dengan keterangan :

K = koefisien permeabilitas (cm/detik)

V = volume rembesan (cm³)

γ = berat jenis zat alir (gr/cm³)

L = Tebal benda uji (cm)

T = lama waktu rembesan terukur (detik)

P = tekanan air pengujian (dyne/cm²)

A = luas penampang benda uji yang dilalui (cm²)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pembuatan campuran *Thin Surfacing HMA* berdasarkan *National Asphalt Pavement Association* (NAPA), dan standar-standar pengujian yang digunakan sebagian menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP-1)* serta sebagian besar mengadopsi dari metode – metode yang disahkan atau distandarkan oleh Bina Marga yang berupa SK SNI. Pengujian pada penelitian ini meliputi uji kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength Test*), uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength Test*) dan Uji permeabilitas.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Suhu/Uji	UCST	ITST	Permeability Test		
Normal(30°C)	3	3	3	x 3 (% CR)	= 27
40°C	3	3	3	x 3 (% CR)	= 9
60°C	3	3	3	x 3 (% CR)	= 9
				Jumlah Sampel	= 45

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada benda uji meliputi pengujian volumetrik yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan karet remah pada porositas dan densitas benda uji.. Pengujian kuat tarik tidak langsung digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik pada benda uji. Dari pengujian tersebut diperoleh nilai kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas benda uji.

Pengujian kuat tekan bebas benda uji dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) sehingga didapat kuat desak pada benda uji dengan variasi penambahan karet remah. Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mendapatkan koefisien permeabilitas yaitu kemampuan lapisan aspal dalam mengalirkan zat alir (*fluida*). Hasil pengujian tersaji pada Tabel 2-4.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Kadar Aspal dengan Penambahan CR 0%; 0,1%; 0,3%; 0,5%

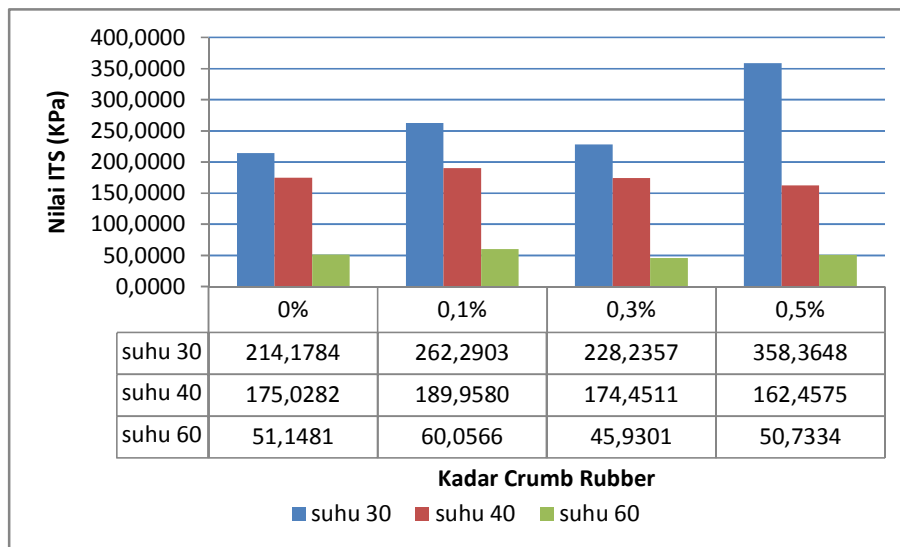
Suhu (°C)	Kode Benda Uji	ITS CR	ITS CR	ITS CR	ITS CR
		0%	0,1%	0,3%	0,5%
		(KPa)	(KPa)	(KPa)	(KPa)
		a	b	d	e
30	ITS 1A	239.216	280.747	222.129	429.719
	ITS 1B	235.975	242.394	264.430	301.036
	ITS 1C	167.344	263.730	198.147	344.339
		214.178	262.290	228.236	358.365
40	ITS 2A	212.172	195.551	222.129	146.714
	ITS 2B	162.370	203.922	264.430	123.569
	ITS 2C	150.542	170.401	198.147	217.090
		175.028	189.958	228.236	162.457
60	ITS 3A	54.762	56.593	44.072	44.545
	ITS 3B	46.848	67.239	45.111	53.571
	ITS 3C	51.834	56.337	48.608	54.084
		51.148	60.057	45.930	50.733

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian UCS pada Kadar Aspal CR 0%; 0,1%; 0,3%; 0,5%

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Dial (kN)	Kuat Tekan Terkalibrasi (N)	UCS (KPa)	Def.Vertikal (mm)
UCS 0% A	100.2	7,9	78.762	1002.356	1.50
UCS 0% B	100.2	9,0	89.729	1141.925	1.00
UCS 0% C	100.2	4,2	41.873	532.898	0.40
				892.393	
UCS 0,1% A	100.2	9,4	93.716	1192.677	2.45
UCS 0,1% B	100.2	9,1	90.726	1154.613	3.43
UCS 0,1% C	100.2	8,8	87.735	1116.548	4.40
				1154.613	
UCS 0,3% A	100.2	9,3	92.720	1179.989	3.81
UCS 0,3% B	100.2	7,6	75.771	964.292	3.40
UCS 0,3% C	100.2	7,8	77.765	989.668	3.40
				1044.649	
UCS 0,5% A	100.2	7,5	74.774	951.604	3.10
UCS 0,5% B	100.2	6,7	66.798	850.099	3.30
UCS 0,5% C	100.2	6,9	68.792	875.475	3.20
				892.393	

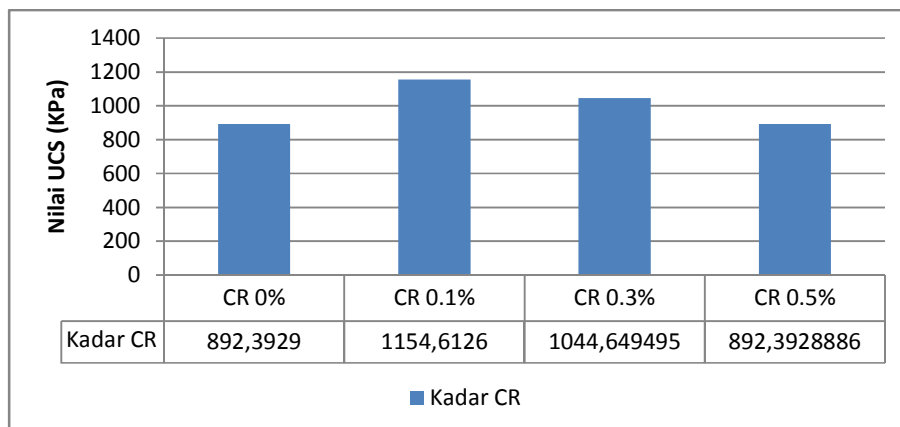
Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas dengan penambahan CR 0%; 0,1%; 0,3%; 0,5%

Kode Benda Uji	Tebal (cm)	Luas (cm ²)	Waktu Jatuh (detik)	Koefisien Permeabilitas (cm/dt)	Klasifikasi
PER 0% A	2,99	78,343	15	1,274E-03	Fair Drainage
PER 0% B	2,80	80,078	26,9	6,493E-04	Poor Drainage
PER 0% C	2,80	78,5	33,4	5,330E-04	Poor Drainage
				6,409E-04	Poor Drainage
PER 0,1% A	2,82	78,814	31	5,761E-04	Poor Drainage
PER 0,1% B	2,80	78,814	27	6,579E-04	Poor Drainage
PER 0,1% C	2,78	78,814	25	7,055E-04	Poor Drainage
				6,465E-04	Poor Drainage
PER 0,3% A	2,87	78,814	37	4,925E-04	Poor Drainage
PER 0,3% B	2,82	78,814	37	4,835E-04	Poor Drainage
PER 0,3% C	2,84	78,814	36	4,996E-04	Poor Drainage
				4,919E-04	Poor Drainage
PER 0,5% A	2,95	78,814	21	8,897E-04	Poor Drainage
PER 0,5% B	2,86	78,814	20	9,072E-04	Poor Drainage
PER 0,5% C	2,91	78,814	20	9,215E-04	Poor Drainage
				9,061E-04	Poor Drainage



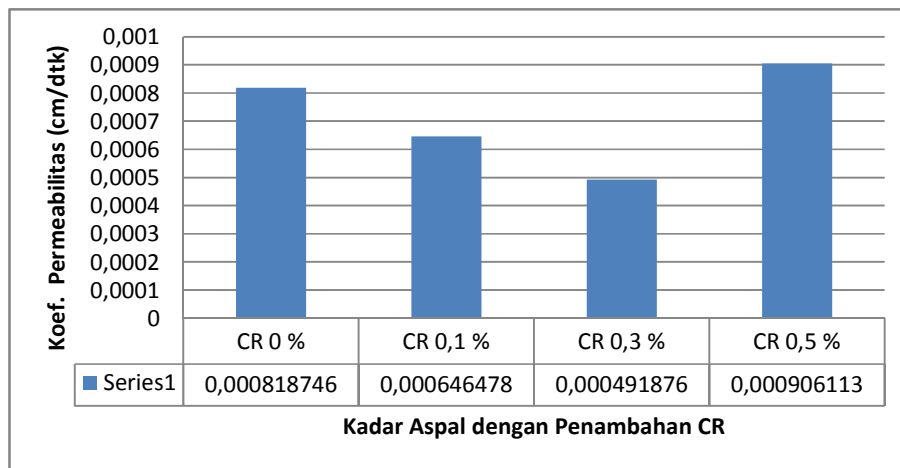
Gambar 2. Perbandingan Nilai ITS

Gambar 2 menunjukkan benda uji yang menggunakan aspal crumb rubber nilai kuat tarik tidak langsung jika dibandingkan dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Semakin tinggi kohesi maka daya lekat antar agregat semakin tinggi sehingga campuran aspal akan semakin kuat. Semakin lemah kohesi aspal maka akan semakin mudah agregat melepaskan diri dari agregat yang lain sehingga campuran aspal akan semakin mudah retak demikian pula sebaliknya.



Gambar 3. Perbandingan Nilai UCS

Gambar 3. menunjukkan dengan penggunaan aspal *crumb rubber* nilai kuat tekan bebas jika dibandingkan dengan *Thin Surfacing* HMA yang menggunakan aspal penetrasi 60/70. Semakin besar nilai UCS maka kemungkinan terjadinya deformasi semakin kecil. Semakin lemah kohesi aspal maka akan semakin mudah agregat melepaskan diri dari agregat yang lain sehingga campuran aspal akan semakin mudah retak demikian pula sebaliknya.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas

Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai permeabilitas dari dari campuran *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* yang menggunakan crumb rubber lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan aspal penetrasi 60/70. Pengaruh dari besarnya nilai permeabilitas benda uji adalah kepadatan benda uji, jumlah tumbukan, porositas, dan kelekatan aspal terhadap agregat. Semakin kecil nilai permeabilitas suatu benda uji aspal, maka semakin bagus. Berdasarkan klasifikasi nilai permeabilitas yang dikemukakan oleh Mullen (1967) dan Suparman (1997) tentang penetapan pembagian campuran berdasarkan permeabilitas, maka hasil uji permeabilitas dari campuran *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* dengan penggunaan *crumb rubber* termasuk dalam kategori “*poor drainage*”.

SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *crumb rubber* pada lapis tipis campuran aspal panas dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Perilaku Karet Remah dalam Kuat Tarik Lapis Tipis Campuran Aspal Panas yang menunjukkan nilai paling bagus dan efektif pada semua variasi suhu (30°, 40°, dan 60°) adalah pada kadar 0.1% dibandingkan dengan kadar lain yang diteliti (0%, 0.3%, dan 0.5%)
2. Perilaku Karet Remah dalam Kuat Tekan Lapis Tipis Campuran Aspal Panas yang menunjukkan nilai paling bagus dan efektif adalah pada kadar 0.1% dibandingkan dengan kadar lain yang diteliti (0%, 0.3%, dan 0.5%)
3. Perilaku Karet Remah dalam Ketahanan Lapis Tipis Campuran Aspal Panas yang menunjukkan nilai efektif adalah pada kadar 0.1% dan 0.3% dibandingkan dengan kadar lain yang diteliti (0% dan 0.5%)

REKOMENDASI

Rekomendasi yang dapat kami berikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini adalah

1. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan bahan tambah dapat meningkatkan nilai ITS pada *Thin Surfacing HMA*.
2. Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan pengujian terhadap *skid resistance* untuk mengetahui karakteristik *Thin Surfacing HMA* yang lebih detail.
3. Perbaikan dan penambahan alat yang ada di laboratorium perlu dilakukan sehingga kegiatan penelitian dapat berjalan lebih lancar dan efisien.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesainya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Ir. Ary Setyawan, MSc, PhD dan Ir. Djoko Sarwono, MT, selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan khusus untuk Febri, Galih, Tore, dan Omar selaku tim kerja yang pantang menyerah. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak

yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2009.

REFERENSI

- Anonim. 1997. *The Asphalt Institute, Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*, Superpave Series No.1 (SP-1). Kentucky.
- Anonim. 1998. *Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi*. Jakarta.
- Anonim. 2005. *Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Aprina, Wiwin dan Silfiani, 2005, *Karakteristik Marshall dan Evaluasi kadar Aspal Optimum Campuran Hot Rolled Sheet dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah*, Skripsi, Program Strata 1, Program Studi Teknik Sipil ITB.
- Bowles, Joseph E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils: Solutions Manual*
- Darunifah, N. 2007, *Influence of research Mixture HRS-WC with the addition of solid rubber against Marshall Test*.
- Epps, J. A. 1994. *Uses of Recycled Rubber Tires in Highways- A Synthesis of Highway Practice*. NCHRP Report No, 198.
- Gilbert, T.M., Olivier, P. A., and Gale, N. E. 2004. *Ultra Thin Friction Course: Five Years on in South Africa. Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa*. Afrika Selatan.
- Harold N. Atkins. 1997. *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall*, New Jersey.
- Heitzman, M. 1992. *State of the Practice-Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier. Research Report No. FHWA A-SA-92-022. Federal Highway Administration, Washington, D.C.*
- Mullen, WG. 1967. *Beam Flexure and Permeability Testing of Bituminous Pavement Samples Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologies*, Ann Arbor MI, 36, pp615-631.
- National Asphalt Pavement Association (NAPA). (1999). *Designing and Constructing SMA Mixtures: State-of-the-Practice*. Quality Improvement Series 122.
- National Asphalt Pavement Association (NAPA). (2000). *HMA Pavement Mix Type Selection Guide*. Information Series 128.
- Newcomb, D. E., and Hansen, K. R. 2006. *Mix Type Selection for Perpetual Pavements. International Conference on Perpetual Pavements*. Columbus, Ohio.
- Nicholls, J. C., Carswell, I., and Williams, J. T. 2002. *Durability of Thin Asphalt Surfacing Systems: Part 1 Initial Findings*. United Kingdom.
- Rahaman, F., Musty, H., and Hossain, M. (2010) *Evaluation of Recycled Asphalt Pavement Materials from Ultra-Thin Bonded Bituminous Surface*.
- Rachman, Md. Shaidur. 2010. *Effectiveness of thin surface treatment in Kansas*
RSNI 03-1737-1989. *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.
- Sartono, W. 2004, *Perancangan Prasarana Transportasi, Bahan Kuliah, MSTT UGM. Yogyakarta.*
- Shell Bitumen .1990. The Shell Bitumen Hand Book*, Shell Bitumen UK, UK.
- Sukirman, Silvia. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Uzarowski, Ludomir. 2005. *Thin Surfacing - Effective Way of Improving Road Safety within Scarce Road Maintenance Budget. Annual Conference of the Transportation Association of Canada*.