

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BUBUTAN BAJA PADA LAPIS TIPIS CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP KARAKTERISTIK KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG, KUAT TEKAN BEBAS DAN PERMEABILITAS

Adhe Pramudya I¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Djoko Sarwono³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : adhe.pramudya@yahoo.com

Abstract

The demand for decent road infrastructure caused by economic growth has increased. The pavement condition continued to decline over. Periodic maintenance is needed to maintain a proper pavement condition.. Maintenance of the road surface layer is generally done when the thickness was high enough , it raises new issues . So, it is required the innovation with a thin layer of hot mix asphalt which is one of the environmentally sound technologies and Safety Road. This research used waste of latbesteel materials to improve preformance of the thin layer. This research is experimental laboratory based on National Asphalt Pavement Association (NAPA) for the method and North Carolina. for the mixture. The mixture was tested with indirect tensile strenght test, unconfined compressive strength test and permeability test on an optimum bitument content obtained from Marsball testing. The addition of wastelatbe steel is between 1 % to 5 % of the total weight of the mixture. After analysis using regreition analysis method, we obtained the effect of adding waste of latbesteel optimum on indirect tensile strength testing of 3.79 % , with the value of ITS 670.111 kPa or a reduction 25.13 % from normal specimens with the value of $R^2=0,728$. In the unconfined compressive strength test,we obtained the optimum additon of waste of latbesteel at 3,17%, with the value of UCS 783.389 kPa an enbancement of 20.25 % from the normal specimen with the value of $R^2=0,620$. In Permeability test the addition of waste of latbesteel by 5 % yielded permeability coefficient at $6.040 \times 10^{-5} \text{ cm / sec}$ or increased by 26.70 % from the normal specimen with the value of $R^2=0,892$.

Keyword : *Thin Surface, Wastelatbe Steel, Indirect Tensile Strength, Unconfined Compressive Strength, Permeability*

Abstrak

Pertumbuhan ekonomi menyebabkan permintaan terhadap infrastruktur jalan yang layak meningkat. Sementara kondisi perkerasan jalan terus menurun dari waktu ke waktu, sehingga perlu adanya pemeliharaan secara berkala untuk mempertahankan kondisi perkerasan yang layak. 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 limbah bubutan baja untuk meningkatkan performa lapis tipis. Penelitian ini bersifat eksperimental di laboratorium dengan metode yang mengacu pada *National Asphalt Pavement Association* (NAPA), serta pembuatan campuran menggunakan gradasi *North Carolina*. Pengujian campuran meliputi pengujian kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas dan permeabilitas pada kondisi kadar aspal optimum. Penambahan limbah bubutan baja antara 1% sampai 5 % dari berat total campuran. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode analisis regresi didapatkan pengaruh penambahan limbah bubutan baja optimum pada pengujian kuat tarik tidak langsung sebesar 3,79%, menghasilkan nilai ITS 670,111 KPa atau mengalami penurunan sebesar 25,13% dari benda uji normal dengan nilai $R^2=0,728$. Pada pengujian kuat tekan bebas didapatkan penambahan limbah bubutan baja optimum sebesar 3,17%, menghasilkan nilai UCS sebesar 783,389 KPa atau mengalami peningkatan sebesar 20,25% dari benda uji normal dengan nilai $R^2=0,620$. Pengujian permeabilitas penambahan limbah bubutan baja sebesar 5% menghasilkan koefisien permeabilitas sebesar $6,040 \times 10^{-5} \text{ cm/detik}$ atau mengalami peningkatan kekedapan sebesar 26,70% dari benda uji normal dengan nilai $R^2=0,892$.

Kata Kunci : Lapis Tipis, Limbah Bubutan Baja, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Permeabilitas

PENDAHULUAN

Kondisi perkerasan jalan terus menurun dari waktu ke waktu akibat adanya beban lalu lintas dan faktor lingkungan, untuk itu perlu adanya pemeliharaan secara berkala untuk mempertahankan kondisi perkerasan yang layak. Pemeliharaan lapis permukaan jalan pada saat ini umumnya dikerjakan dengan ketebalan yang cukup tinggi. Selain membutuhkan anggaran yang besar, *overlay* dengan ketebalan yang relatif tinggi juga berdampak pada berbagai aspek, baik dari segi lingkungan sekitar jalan dan dari segi penggunaan material yang cukup banyak. Dari uraian tersebut maka dibutuhkan adanya inovasi pada pekerjaan *overlay*, yang salah satunya mulai dikembangkan adalah dengan *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* yang merupakan salah satu teknologi berwawasan lingkungan (*Greenroad*) dan jalan berkeselamatan (*Safety Road*). Kinerja lapis tipis ini diharapkan dapat mengatasi masalah mengenai perkerasan jalan seperti *fretting* (pelepasan agregat), memelihara kekedapan terhadap penetrasi air (*impermeability*) dan meningkatkan *skid resistance* (*safety*).

Untuk meningkatkan performa lapis tipis yang nantinya akan dihamparkan digunakan bahan tambah berupa limbah bubutan baja, limbah bubutan baja memiliki permukaan kasar dengan bentuk yang tidak beraturan

sehingga diharapkan dapat meningkatkan friksi pada campuran lapis perkerasan. Pengujian yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dan performa perkerasan pada penelitian ini meliputi pengujian kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas dan permeabilitas.

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

Limbah Bubutan Baja

Limbah bubutan baja diharapkan memiliki fungsi yaitu meningkatkan performa pada campuran karena memiliki permukaan yang kasar sehingga friksi yang ditimbulkan cenderung besar. Menurut *Virginia Department of Transportation* penambahan bahan baja (bahan yang terbuat dari bahan *metal*) maksimum yang diijinkan sebagai bahan tambah adalah 5% dari berat total campuran. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Purnomo Anggoro dari hasil perhitungan dengan kondisi lalu lintas tertentu pelat kombinasi mortar serutan baja dan beton dapat mengurangi tebal pelat dari beton sebesar 20%.

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:

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_{ca}}{SG_{ca}} + \frac{\%W_{fa}}{SG_{fa}} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b} + \frac{\%W_{bj}}{SG_{bj}}} \dots\dots\dots [2]$$

Dimana:

SG_{mix} = *Specific Gravity* Campuran (gr/cm^3)

%W = % berat tiap komponen pada campuran

SG = *Specific Gravity* tiap komponen (gr/cm^3)

(*ca* = *course aggregate*, *fa* = *fine aggregate*, *f* = *filler*, *b* = *bitumen*, *bj* = *baja*)

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

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

Dimana:

P = Porositas benda uji (%)

D = Densitas benda uji yang dipadatkan (gr/cm^3)

SG_{mix} = *Specific gravity* campuran (gr/cm^3)

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 :

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

Dimana:

ITS = Nilai kuat tarik secara tidak langsung (N/mm^2).

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. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang mampu diterima oleh lapis perkerasan.

Rumus perhitungan kuat tekan bebas dapat dilihat sebagai berikut :

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

Dimana:

F = Kuat desak (N/mm^2).

P_u = Nilai beban (N).

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

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. Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan lapis perkerasan mengalirkan zat alir (air maupun udara), Semakin kedap lapis perkerasan berarti semakin baik karena air tidak dapat masuk ke dalam rongga pada lapis perkerasan. 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 :

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

Dimana:

K = koefisien permeabilitas ($cm/detik$)

V = volume rembesan (cm^3)

γ = berat jenis zat alir (gr/cm^3)

L = Tebal benda uji (cm)

T = lama waktu rembesan terukur (detik)

P = tekanan air pengujian ($dyne/cm^2$)

A = luas penampang benda uji yang dilalui (cm^2)

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

Pengujian	1%	2%	3%	4%	5%
ITST	3	3	3	3	3
UCST	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	3	3	3	3

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada benda uji meliputi pengujian volumetrik yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah bubutan baja 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 limbah bubutan baja. Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mendapatkan koefisien permeabilitas yaitu kemampuan lapisan aspal dalam mengalirkan zat alir (*fluida*). Hasil pengujian tersaji pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 2. Hasil Pengujian Volumetrik Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum

Kode Benda Uji	Densitas (gr/cm ³)	Specific Gravity (gr/cm ³)	Porositas (%)
1%	2,279	2,452	4,30
2%	2,290	2,473	4,67
3%	2,330	2,489	3,65
4%	2,370	2,488	2,02
5%	2,421	2,511	0,81

Indirect Tensile Strength Test digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik pada benda uji. Pengujian kuat tarik tidak langsung juga menghasilkan nilai regangan. Data yang diperlukan untuk mendapatkan nilai regangan adalah diameter benda uji dan deformasi horisontal. Deformasi horisontal dicari dengan mengalikan deformasi vertikal yang didapatkan dari pengujian dengan angka *poisson ratio* campuran. Modulus elastisitas didapatkan dengan membagi regangan dengan tegangan,

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS, Regangan dan Modulus Elastisitas

Kode Benda Uji	ITS (KPa)	Deformasi Vertikal (mm)	Deformasi Horisontal (mm)	Regangan (ε)	Modulus Elastisitas (KPa)
ITS 1%	592,587	1,53	0,537	0,00529	121609,57
ITS 2%	597,196	1,60	0,560	0,00552	108899,87
ITS 3%	864,850	2,17	0,758	0,00747	92875,68
ITS 4%	675,485	2,50	0,875	0,00862	79370,13
ITS 5%	646,316	2,73	0,957	0,00943	70757,56

Perbandingan benda uji sebelum dan setelah diuji pada Gambar 2, dimana terlihat setelah proses pengujian, benda uji mengalami keretakan searah dengan arah pembebanan.



Gambar 2. Proses Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

Pengujian benda uji dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) sehingga didapat kuat desak dengan satuan kN, kemudian dilakukan penghitungan nilai kuat tekan dengan satuan Kpa.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian UCS

Kode Benda Uji	Kuat Tekan Terkalibrasi (N)	UCS (KPa)	Def. Vertikal (mm)
UCS 1%	5766,67	713,758	0,847
UCS 2%	6000	742,639	0,667
UCS 3%	6600	816,902	1,2
UCS 4%	6033,33	746,746	2,447
UCS 5%	5966,67	738,513	1,127

Pengujian kuat tekan tidak langsung dilakukan dengan menggunakan alat UTM terhadap benda uji sampai benda uji tersebut tidak memberi perlawanan terhadap gaya tekan yang diberikan oleh alat uji UTM. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah pengujian benda uji tidak terlalu banyak berubah, hal ini disebabkan karena penurunan yang terjadi setelah pengujian hanya sekitar 1 mm.

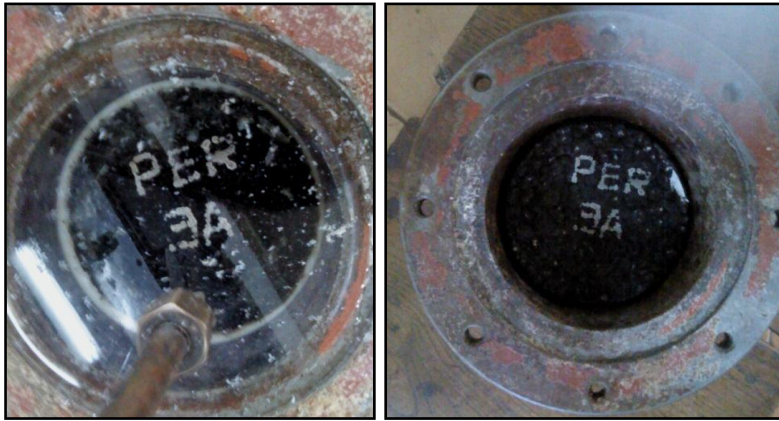


Gambar 3. Proses Pengujian Kuat Tekan Bebas

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas

Kode Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (cm/dt)
PER 1%	1,092E-04
PER 2%	1,152E-04
PER 3%	9,441E-05
PER 4%	7,198E-05
PER 5%	6,040E-05

Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mendapatkan koefisien permeabilitas yaitu kemampuan lapisan aspal dalam mengalirkan zat alir (*fluida*). Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air bertekanan tertentu melewati benda uji, waktu yang diperlukan untuk melewati air dalam volume merupakan salah satu variabel dalam menentukan besarnya koefisien permeabilitas.



Gambar 4. Proses Pengujian Permeabilitas

Kadar limbah bubutan baja optimum adalah berapa besar penambahan limbah bubutan baja yang dapat menghasilkan sifat-sifat campuran dengan nilai ITS *properties*, UCS dan permeabilitas paling baik. Hasil rekapitulasi penambahan limbah bubutan baja optimum pada pengujian kuat tarik tidak langsung, pengujian kuat tekan bebas dan pengujian permeabilitas disajikan dalam Tabel 6 sampai Tabel 7.

Tabel 6. Nilai ITS *Properties* pada Kadar Limbah Bubutan Baja Optimum

Karakteristik	Nilai	Satuan
Limbah Bubutan Baja	3,79	%
ITS	670,111	KPa
Def. Vertikal	2,37	mm
Def. Horisontal	0,79	mm
Regangan	0,00679	ϵ
Modulus Elastisitas	84335,08	KPa

Tabel 7. Nilai UCS *Properties* pada Kadar Limbah Bubutan Baja Optimum

Karakteristik	Nilai	Satuan
Limbah Bubutan Baja Optimum	3,17	%
UCS	783,389	KPa
Def. Vertikal	1,3	mm

Pengujian permeabilitas didapatkan pengaruh penambahan limbah bubutan baja pada benda uji yaitu penambahan kadar limbah bubutan baja berpengaruh benda uji menjadi semakin kedap atau benda uji memiliki koefisien permeabilitas yang semakin kecil. Hal ini disebabkan hubungan antar ruang pada campuran yang dibentuk oleh agregat terisi limbah bubutan baja, sehingga campuran menjadi semakin kedap dengan penambahan limbah bubutan baja. Nilai koefisien permeabilitas maksimal dengan penambahan limbah bubutan baja sebesar 5% dari campuran adalah $6,040 \times 10^{-5}$ cm/detik.

Perbandingan dengan Pengujian Terdahulu

Penelitian tentang *Thin Surfacing HMA* sebelumnya telah diteliti oleh Anang Prasetyo, 2013 dari penelitian tersebut didapat nilai karakteristik Marshall, nilai kuat tarik tidak langsung, nilai kuat tekan bebas dan nilai koefisien permeabilitas. Pengujian *Thin Surfacing HMA* normal digunakan sebagai pembandingan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah bubutan baja pada campuran.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Thin Surfacing HMA*

No.	Jenis Pengujian	<i>Thin Surfacing HMA</i> normal*)	<i>Thin Surfacing HMA</i> dengan penambahan limbah bubutan baja
1	ITS (KPa)	895,02	670,111
2	Regangan	0.0028	0,00679
3	Modulus elastisitas (KPa)	334694,09	84335,08
4	UCS (KPa)	624,7372	783,389
5	Permeabilitas (cm/detik)	8.240E-05	6,040 E-05

*) Anang Prasetyo,2013

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis *Thin Surfacing HMA* dengan penambahan limbah bubutan baja dan *Thin Surfacing HMA* normal adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan limbah bubutan baja antara 1% sampai dengan 5% dari berat campuran pada *Thin Surfacing HMA* pada pengujian kuat tarik tidak langsung adalah penambahan limbah bubutan baja optimum pada campuran yaitu sebesar 3,79 %. Dengan penambahan limbah bubutan baja sebesar 3,79 % pada *Thin Surfacing HMA* menghasilkan kuat tarik tidak langsung sebesar 670,111 KPa atau mengalami penurunan sebesar 25,13% jika dibandingkan dengan *Thin Surfacing HMA* normal.
2. Pengaruh penambahan limbah bubutan baja antara 1% sampai dengan 5% dari berat campuran pada *Thin Surfacing HMA* pada pengujian kuat tekan bebas adalah penambahan limbah bubutan baja optimum pada campuran yaitu sebesar 3,17 %. Dengan penambahan limbah bubutan baja sebesar 3,17 % pada *Thin Surfacing HMA* menghasilkan kuat tekan bebas sebesar 783,389 KPa atau mengalami peningkatan sebesar 20,25% jika dibandingkan dengan *Thin Surfacing HMA* normal.
3. Pengaruh penambahan limbah bubutan baja antara 1% sampai 5% dari berat campuran pada pengujian permeabilitas mengakibatkan penurunan nilai koefisien permeabilitas pada campuran. Penambahan limbah bubutan baja sebesar 5% pada *Thin Surfacing HMA* memiliki nilai koefisien permeabilitas sebesar $6,040 \times 10^{-5}$ cm/detik. Sehingga pada penambahan limbah bubutan baja sebesar 5% campuran memiliki tingkat kededapan terhadap air sebesar 26,70% lebih tinggi dibandingkan dengan *Thin Surfacing HMA* normal.

REKOMENDASI

Rekomendasi yang dapat kami berikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini adalah

1. Penelitian lebih lanjut disarankan mencari penggunaan bahan tambah yang dapat meningkatkan nilai ITS pada *Thin Surfacing HMA* agar dapat meningkatkan performa lapis tipis
2. Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan pengujian terhadap *skid resistance* untuk mengetahui karakteristik *Thin Surfacing HMA* yang lebih detail.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terseselaikannya 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 Tora, Sadu dan Petrich 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.
- California Department of Transportation, 2007. *MTAG Volume I Flexible Pavement Preservation 2nd Edition*, Sacramento, California.
- Hossain, Mustaque.2010. *Extending Pavement Life Using Thin Surfacing To Counter the Effect of Increased Truck Traffic Due to Freight Movements on Highways*. Kansas:Kansas State University.
- Newcomb, D. E., and Hansen, K. R. 2006. *Mix Type Selection for Perpetual Pavements. International Conference on Perpetual Pavements*. Columbus, Ohio.

- Prasetyo, Anang.2013.*Karakteristik Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas*.Universitas Sebelas Maret.Skripsi.
- Purnomo,Anggoro.2006. *Pemanfaatan Limbah Serutan Baja pada Kombinasi Mortar dan Beton Tidak Bertulang untuk Rigid Pavement*. Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.
- 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*.