

SIFAT-SIFAT MARSHALL DAN RESILIENT MODULUS PADA THIN SURFACING HOT MIX ASPHALT DENGAN POLYMER MODIFIED BITUMEN

Indra W. N. Iskandar¹⁾, Ary Setyawan²⁾, S. J. Legowo³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : indra_wni@live.com

Abstract

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt (TSHMA) is one of the developed technology that can be preventive and resurfacing for road pavement. This thin surfacing hot mix asphalt (TSHMA) can be modifieds, one of them is the using of polymer and hoped will be ability of high elastic recovery so it can capable of high traffic loading and has resilience without damaged. The objective of the researchs are to find the optimum bitumen content and characteristics of Marshall of Polymer Modified Bitumen and then compare it with 60/70 Penetration Asphalt. In addition, to determine the characteristics of resilient modulus of Polymer Modified Bitumen then compare it with 60/70 Penetration Asphalt.

This research using Marshall Test method to find the optimum bitumen content, then specimens with the optimum bitumen content tested by the indirect tensile resilient modulus test method to determine the characteristics of resilient modulus.

From the results of the research showed that thin surfacing hot mix asphalt with polymer modified bitumen has 5,53% of optimum bitumen content with stability value 1,024,5995 kg compared with penetration asphalt 60/70's 5,84% of optimum bitumen content which is has higher flow, higher marshall quotient, higher void ratio, lower the density value, and higher resilient modulus value. From the mentioned data, it can be concluded that the characteristic of polymer modified bitumens are more resistance from loading, less density and more porous that it can be advantage for substances of pavement has a space to be more elasticity, more resistance at various temperature and deformation, which is reinforced with the characteristics of polymer of elastomer type that it's high visco-elastic and high recovery elastic so it's all can improving the characteristic is high resilient modulus or it can resistance from deformation and return back to it's initial form

Keywords: Resilient Modulus, Thin Surfacing Hotmix Asphalt (TSHMA), Polymer Modified Bitumen, Marshall, Indirect Tensile Resilient Modulus Test.

Abstrak

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt (TSHMA) merupakan salah satu teknologi yang sedang dikembangkan sebagai usaha preventif dan resurfacing untuk perkerasan jalan. Thin Surfacing Hot Mix Asphalt (TSHMA) dapat dimodifikasi, salah satunya adalah menggunakan polimer yang diharapkan dapat memiliki kemampuan elastic recovery yang tinggi sehingga mampu menahan beban lalu lintas berat dan dapat resilience tanpa terjadi kerusakan. Penelitian yang akan dilakukan memiliki tujuan untuk mencari kadar aspal optimum dan sifat Marshall dari Polymer Modified Bitumen yang dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70. Selain itu juga untuk mengetahui sifat Resilient Modulus dari Polymer Modified Bitumen yang dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70.

Metodologi penelitian ini menggunakan metode Marshall Test untuk mendapatkan kadar aspal optimum, lalu benda uji dengan kadar aspal optimum diuji menggunakan metode Indirect Tensile Resilient Modulus Test untuk mengetahui sifat Resilient Modulus.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Thin Surfacing Hotmix Asphalt dengan Polymer Modified Bitumen memiliki kadar aspal optimum 5,53% dengan nilai stabilitas 1.024,5995 kg yang dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 dengan kadar aspal optimumnya 5,84% memiliki nilai stabilitas 782,1766 kg serta memiliki nilai flow yang lebih tinggi, marshall quotient yang lebih tinggi, angka pori yang lebih tinggi, nilai densitas yang lebih rendah, dan resilient modulus yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70. Dari data tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa sifat-sifat dari polymer modified bitumen lebih kuat menahan pembebanan, kurang padat dan lebih porous guna pergerakan elastis unsur-unsur campuran, lebih tahan terhadap suhu dan deformasi, serta diperkuat dengan sifat visco-elastic dan high recovery elastic dari polimer tipe elastomer yang mana ini menjadi satu kesatuan sifat yaitu high resilient modulus atau mampu menahan deformasi dan dapat kembali ke bentuk semula.

Kata Kunci: Resilient Modulus, Thin Surfacing Hotmix Asphalt (TSHMA), Polymer Modified Bitumen, Marshall, Indirect Tensile Resilient Modulus Test.

PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang mempunyai peranan penting untuk memperlancar kegiatan perekonomian dan pemerataan pembangunan. Di Indonesia jalan merupakan prasarana yang sangat vital bagi kelancaran kegiatan yang ada. Oleh karena itu kerusakan pada jalan dikarenakan sifat aspal yang kurang efektif meskipun hanya kecil akan berimbas pada tidak lancarnya roda kegiatan yang ada di Indonesia dan perlu dilakukan *maintenance*.

Salah satu metode yang sering dipakai untuk *maintenance* pada jalan adalah dengan cara *overlay* (lapis ulang). *Overlay* umum digunakan sebagai *maintenance* pada jalan-jalan di Indonesia. Namun dengan *overlay* yang terus menerus dilakukan akan membentuk ketebalan lapisan permukaan jalan yang semakin tinggi, sehingga akan menimbulkan beberapa dampak terhadap lingkungan baik dari segi ekonomi maupun segi yang lain, serta sifat-sifat dari material sangat penting guna menaikan mutu jalan di Indonesia.

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt ini merupakan salah satu teknologi dan alternatif yang dapat digunakan untuk mengantisipasi masalah ketebalan itu sendiri yang juga sedang dikembangkan sebagai usaha preventif dan resurfacing untuk perkerasan jalan.

Gilbert et al, (2004) menyatakan bahwa tujuan utama penggunaan Lapis Tipis HMA (Thin Surfacing Hot Mix Asphalt) adalah untuk perawatan permukaan perkerasan jalan. Lapis tipis HMA dapat memperpanjang masa layan dan meningkatkan kinerja perkerasan seperti kelancaran, kenyamanan, kekesatan, mengurangi kebisingan. Keunggulan dari Thin Asphalt Overlays yaitu umur masa layan yang panjang, permukaan yang halus, mampu menahan lalu lintas yang berat dan tegangan geser yang besar, skid resisten yang tinggi, dan mudah perawatannya (Newcomb, 2009)

Aspal yang berfungsi sebagai pengikat merupakan material penting dalam konstruksi jalan. Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, atau material organik lainnya. Pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat diatas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal (Silvia Sukirman, 2007). Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak (Krebs, RD & Walker, RD.,1971).

Karakteristik aspal mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Oleh karena itu, aspal dengan kualitas yang baik akan menghasilkan campuran perkerasan dengan kinerja yang baik. Penggunaan lapis tipis campuran aspal sangat diperlukan sebagai alternatif atau inovasi ramah lingkungan pada pembuatan atau perawatan jalan di Indonesia.

Polymer Modified Bitumen merupakan aspal yang dimodifikasi dengan polimer tipe Sarbit E-55 yang diproduksi oleh PT. Bintang Jaya. Dengan mengembangkan produk Starbit E-55, dari berbagai penelitian *Polymer Modified Bitumen* dapat melayani lalu lintas tinggi, meningkatkan kestabilan, ketahanan fatigue dan kerekatan akibat suhu, kekuatan adesi dan kohesi yang tinggi, daya tahan terhadap air, usia pelayanan yang lebih lama, sehingga biaya pemeliharaan murah, mudah digunakan seperti aspal biasa, stabilitas Marshall yang tinggi, serta kemampuan fatigue yang tinggi. Dalam penelitian ini akan di uji pengaruh penggunaan aspal untuk lapis tipis dengan menggunakan aspal yang telah tersedia di Indonesia yaitu: *Polymer Modified Bitumen* dan aspal penetrasi biasa (Pen.60/70).

GRADASI AGREGAT

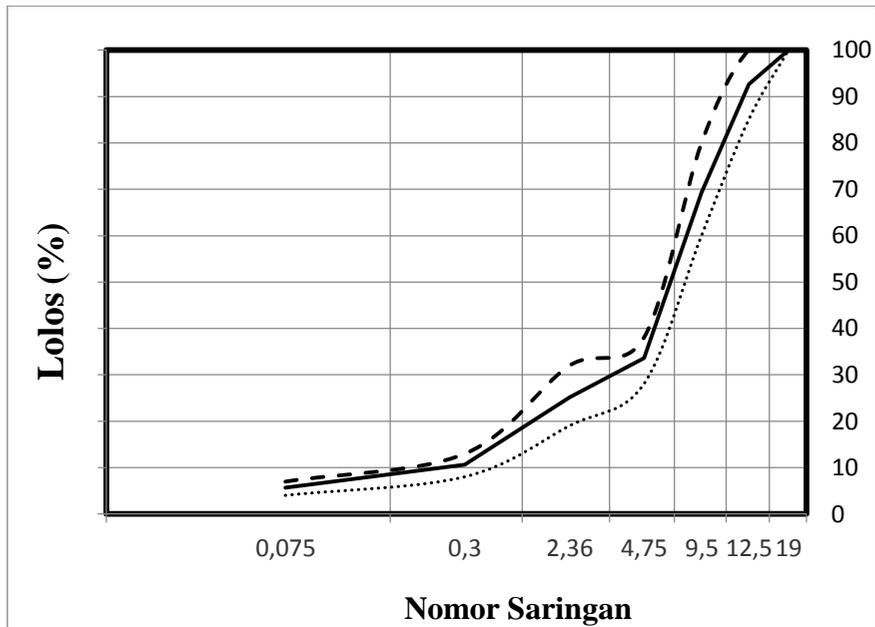
Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

Perencanaan gradasi campuran berdasarkan pada *National Asphalt Pavement Association* (NAPA), *North Carolina*. Rencana gradasi yang digunakan disajikan pada tabel sebagai berikut ini :

Tabel 1. Perencanaan gradasi

Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi	Median	Gradasi Pilihan
3/4" (19 mm)	100		100
1/2" (12,7 mm)	85 - 100	92,5	92,65
3/8" (9,51 mm)	60 - 80	70	69,3
No.4 (4,76 mm)	28 - 38	33	33,62
No.8 (2,38 mm)	19 - 32	25,5	25,16
No.50 (0,297 mm)	8 - 13	10	10,6
No.200 (0,074 mm)	4 - 7	5,5	5,68

Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Anang Prasetyo, 2013, tentang “Karakteristik *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* Ditinjau Dari Nilai *Marshall*, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas” dengan menggunakan gradasi dan agregat yang sama diperoleh pada gradasi pada nilai tengah menunjukkan nilai stabilitas yang tertinggi pada metode marshall.



Gambar 1 Gradasi Agregat Pilihan Untuk Campuran *Thin Surfacing*
HMA National Asphalt Pavement Association, North Carolina

PERSAMAAN

Berdasarkan Pedoman Teknik No.028 / T / BM / 1999, kadar aspal optimum rencana (Pb) diperoleh persamaan sebagai berikut ini:

..... [1]

Dengan:

- P = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran.
- CA = Persen agregat tertahan saringan no.8 .
- FA = Persen agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 .
- Filler = Persen agregat minimal 75% lolos saringan no.200.
- K = Konstanta (0,5 – 1 untuk laston; 2 – 3 untuk lataston; 1 – 2,5 untuk campuran lain).

_____ [2]

Dengan:

- D = Densitas
- W_{dry} = Berat benda uji di udara
- W_{ssd} = Berat benda uji SSD
- W_w = Berat benda uji di air

$$SG_{ag} = \left(\frac{100}{\frac{\%W_{ca}}{SG_{ca}} + \frac{\%W_{fa}}{SG_{fa}} + \frac{\%W_{filler}}{SG_{filler}}} \right) \dots\dots\dots [3]$$

Dengan:

- SG_{ag} = Specific gravity agregat
- W_{ca} = Prosentase berat agregat CA dalam campuran
- W_{fa} = Prosentase berat agregat FA dalam campuran
- W_{filler} = Prosentase berat *filler* dalam campuran
- SG_{ca} = Specific gravity agregat CA
- SG_{fa} = Specific gravity agregat FA
- SG_{filler} = Specific gravity *filler*

_____ [4]

Dengan:

SG_{mix} = Specific gravity campuran

Pag = Prosentase agregat

Pas = Prosentase aspal

SGag = Berat jenis agregat

SGas = Berat jenis aspal

..... [5]

Dengan

P = Porositas

D = Densitas

SG_{mix} = Spesifik gravity campuran

..... [6]

S = Stabilitas

q = Angka yang didapatkan dari dial stabilitas uji *marshall*

k = Angka kalibrasi cincin *marshall*

H = Tebal koreksi benda uji

- [7]

:

MQ = *Marshall Quotient*

S = Stabilitas

f = *Flow*

KADAR ASPAL OPTIMUM DENGAN UJI *MARSHALL*

Kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan melakukan uji *Marshall* atau yang sering disebut dengan metode Asphalt Institute. Pengujian *Marshall* dilakukan berdasarkan perkiraan kadar aspal sementara dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, (Job Mix Design dapat dilihat pada Lampiran). Sebelum uji *Marshall* dilakukan, terlebih dahulu dilakukan uji Volumetrik meliputi pengukuran diameter, tebal dan berat di udara, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai densitas, SG_{mix} , dan porositas. Kemudian baru dilakukan pengujian *Marshall* dan didapatkan nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Dari nilai – nilai tersebut dapat ditentukan sifat campuran yang terbaik atau kadar aspal optimum yang kemudian dijadikan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji berikutnya.

Dari hasil pengujian *marshall* didapatkan parameter-parameter berupa nilai *flow*, stabilitas dan *Marsabll Quotient*, dari data tersebut akan didapatkan nilai kadar aspal optimum dari aspal yang digunakan.

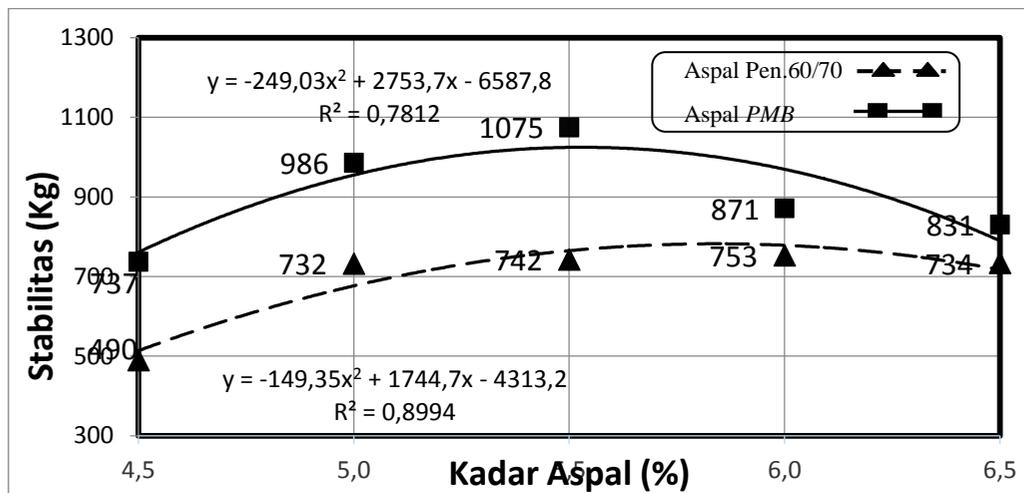
Tabel 2. Hasil Pengujian *Marshall*

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)		<i>Flow</i> (mm)		<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	
	PMB	Pen.60/70	PMB	Pen.60/70	PMB	Pen.60/70
4.5	664.363	465.054	2.20	2.21	301.983	210.432
4.5	761.834	483.977	2.19	2.21	347.869	218.994
4.5	785.649	520.042	2.19	2.22	358.744	234.253
	737.282	489.691	2.19	2.21	336.199	221.226
5	961.265	665.491	2.30	2.20	417.941	302.496
5	962.827	730.016	2.30	2.20	418.620	331.825
5	1033.527	800.893	2.00	2.20	516.763	364.042
	985.873	732.134	2.20	2.20	451.108	332.788

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)		Flow (mm)		Marshall Quotient (kg/mm)	
	PMB	Pen.60/70	PMB	Pen.60/70	PMB	Pen.60/70
5.5	1078.514	712.637	2.22	2.26	485.817	315.326
5.5	1026.884	691.632	2.21	2.19	464.653	315.814
5.5	1119.657	823.110	2.19	2.22	511.259	370.770
	1075.018	742.460	2.21	2.22	487.243	333.970
6	828.599	730.115	2.37	2.19	349.620	333.386
6	872.646	829.676	2.25	2.28	387.843	363.893
6	912.845	699.120	2.04	2.18	447.473	320.697
	871.363	752.970	2.22	2.22	394.978	339.325
6.5	817.911	716.499	2.22	2.16	368.429	331.713
6.5	811.662	702.017	2.25	2.25	360.739	312.007
6.5	862.090	783.370	2.21	2.19	390.086	357.703
	830.554	733.962	2.23	2.20	373.084	333.808

STABILITAS - (KADAR ASPAL OPTIMUM)

Dari hasil pengujian Marshall didapatkan parameter stabilitas dan dari data tersebut akan didapatkan nilai kadar aspal optimum menggunakan analisa regresi.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Stabilitas Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

Dari gambar grafik di atas diperoleh garis persamaan tiap-tiap aspal yaitu

Polymer Modified Bitumen :

$$y = -249.03 x^2 + 2753.7 x - 6587.8$$

Dengan :

$$R^2 = 0.7812$$

$$Y_{max} = 1024.5995$$

$$X = 5.53$$

Aspal penetrasi 60/70 ;

$$y = -149.35 x^2 + 1744.7 x - 4313.2$$

Dengan :

$$R^2 = 0.8994$$

$$Y_{max} = 782.1766$$

$$X = 5.84$$

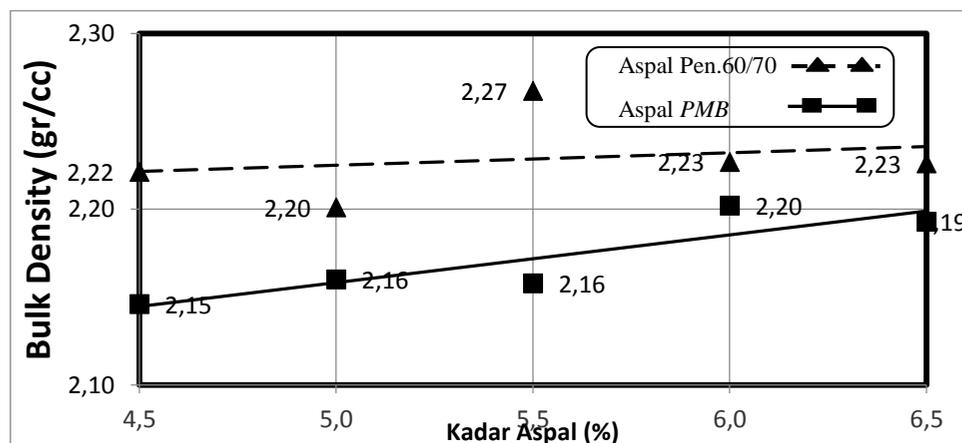
Polymer Modified Bitumen di dapatkan kadar aspal optimum sebesar 5.53% dengan nilai stabilitas sebesar 1.024,5995 kg, sedangkan untuk Aspal Pen.60/70 didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5.84% dengan nilai stabilitas 782,1766 kg. Hal ini menunjukkan bahwa *Polymer Modified Bitumen* memiliki keunggulan dibandingkan dengan Aspal Pen.60/70 yaitu pada ketahanannya.

Stabilitas juga dapat dipengaruhi oleh nilai penetrasi aspal dan gaya adhesi dari agregat dan aspal, *Polymer Modified Bitumen* menggunakan polimer yang menjadikan sifat aspal menjadi sangat lengket sehingga *Polymer Modified Bitumen* memiliki gaya adhesi yang tinggi dan nilai penetrasi yang lebih rendah sehingga akan memiliki stabilitas yang tinggi dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70.

DENSITAS

Densitas adalah perbandingan antara berat dengan volume (menunjukkan kepadatan dari suatu campuran). Densitas pada umumnya dipengaruhi oleh suhu pemadatan, proses pemadatan, dan gradasi (termasuk di dalamnya bentuk agregat yang digunakan). Kandungan kadar aspal yang berbeda maka volume campuran berbeda pula, peningkatan kadar aspal sampai kadar tertentu mengakibatkan campuran lebih mudah dipadatkan dan berat isi curah campuran makin meningkat serta dalam rongga dalam campuran makin menurun. Meningkatnya rongga dalam agregat pada kadar aspal tertentu dikarenakan rongga dalam agregat yang makin padat diisi oleh aspal yang kemudian aspal mendorong butir – butir agregat.

Polymer Modified Bitumen memiliki nilai densitas lebih rendah dibandingkan Aspal Pen.60/70 yang berarti *Polymer Modified Bitumen* kurang padat dibandingkan dengan Aspal Pen.60/70. Dengan gradasi, berat jenis agregat, dan proses pemadatan serta jumlah tumbukan yang sama, didapati nilai densitas dari Aspal Penetrasi 60/70 lebih padat dari *Polymer Modified Bitumen*. Maka hal ini dapat disimpulkan bahwa sifat dari polimer pada aspal yang dimodifikasi ini menjadi kurang padat karena membutuhkan suhu yang lebih tinggi dan karena aspal penetrasi 60/70 memiliki kadar aspal optimum yang lebih tinggi maka campuran akan lebih padat dikarenakan banyaknya aspal yang menyelimuti agregat akan menjadikan campuran menjadi lebih padat sehingga sangat dimungkinkan apabila *Polymer Modified Bitumen* akan bersifat kurang padat jika dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Densitas Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

POROSITAS

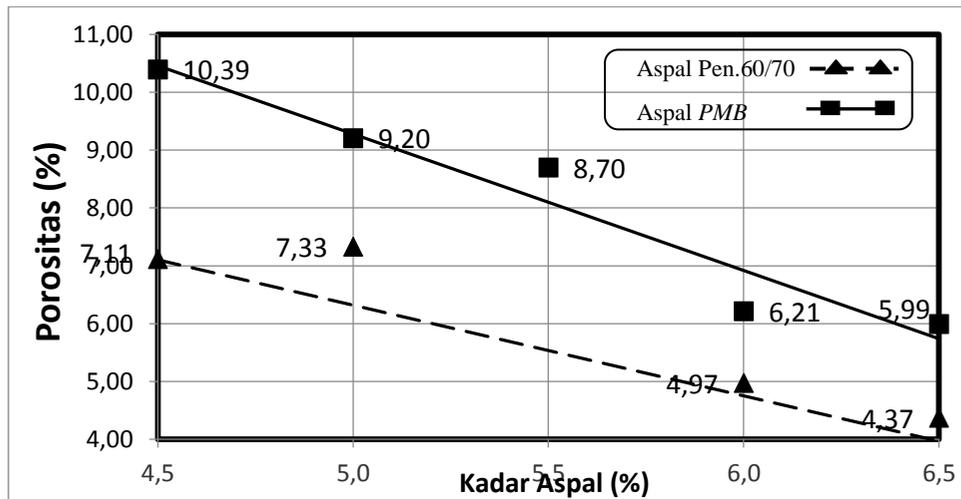
Porositas merupakan prosentase pori atau rongga udara yang terdapat dalam suatu campuran. Porositas dipengaruhi oleh densitas dan *specific gravity*. Penurunan prosentase pori ini disebabkan karena bertambahnya kadar aspal yang menutupi pori dalam campuran, sehingga prosentasi pori atau rongga udara dalam campuran semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

Dari grafik dapat di lihat bahwa baik *Polymer Modified Bitumen* maupun Aspal Pen.60/70 memiliki nilai garis regresi porositas yang menurun seiring dengan penambahan kadar aspal dan Aspal Pen.60/70 lebih sedikit porositasnya dibanding dengan *Polymer Modified Bitumen*.

Aspal yang dimodifikasi oleh polimer, tentu akan mengikuti sifat polimer yang salah satu nya adalah membutuhkan porositas, dimana porositas ini sangatlah penting guna tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya.

Berdasarkan parameter porositas ini, dapat diambil kesimpulan bahwa sifat dari *Polymer Modified Bitumen* akan memiliki porositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Aspal Pen.60/70 karena hal ini sangat berkaitan dengan sifat polimer tipe elastomer yang sangat elastis sehingga dengan spesifikasi dan metode pembuatan benda uji

yang sama, aspal yang dimodifikasi polimer akan memiliki rongga yang lebih tinggi guna pergerakan unsur-unsur campuran yang mengikuti sifat dari elastisitas bahan polimer.

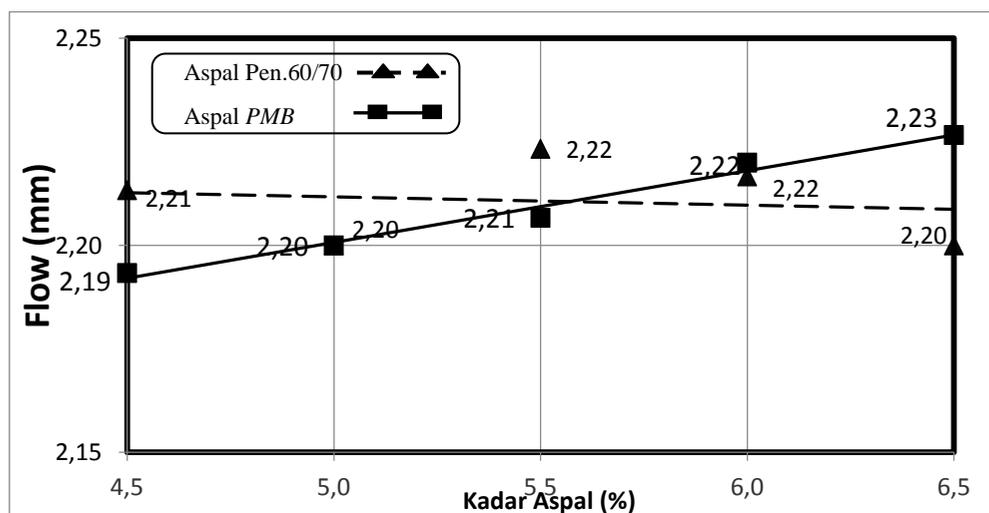


Gambar 4. Grafik Perbandingan Porositas Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

FLOW

Flow merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh. Nilai *flow* menunjukkan tingkat kelenturan atau kekakuan campuran. Nilai *flow* pada umumnya dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi, suhu dan jumlah tumbukan. Nilai *flow* yang tinggi menunjukkan tingkat kelenturan yang tinggi, dan sebaliknya apabila nilai *flow* yang rendah menunjukkan tingkat kelenturan yang rendah pula. Meningkatnya kadar aspal campuran akan bertambah pula jumlah aspal yang menyelimuti agregat, *fatigue life* nya bertambah panjang sehingga pada saat pembebanan akan lebih mampu mengikuti perubahan bentuk.

Hasil penelitian yang disajikan pada gambar menunjukkan bahwa nilai *flow* pada Aspal Pen.60/70 cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal, namun berbeda dengan nilai *flow* pada *Polymer Modified Bitumen* yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal serta sifat *Polymer Modified Bitumen* jika dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 cenderung memiliki sifat yang sensitif, terbukti bahwa garis regresi yang menaik cukup tajam membuktikan bahwa polimer memberikan kontribusi yang tinggi dengan sifat aspal yang mampu menahan deformasi dan sifat elastisitas yang tinggi karena memiliki visco-elastisitas yang tinggi dari polimer tipe elastomer. Hal ini juga dapat didukung berdasarkan nilai stabilitas yang tinggi dan bersama dengan porositas tinggi, maka sifat dari *Polymer Modified Bitumen* akan memiliki *Resilient Modulus* yang tinggi.



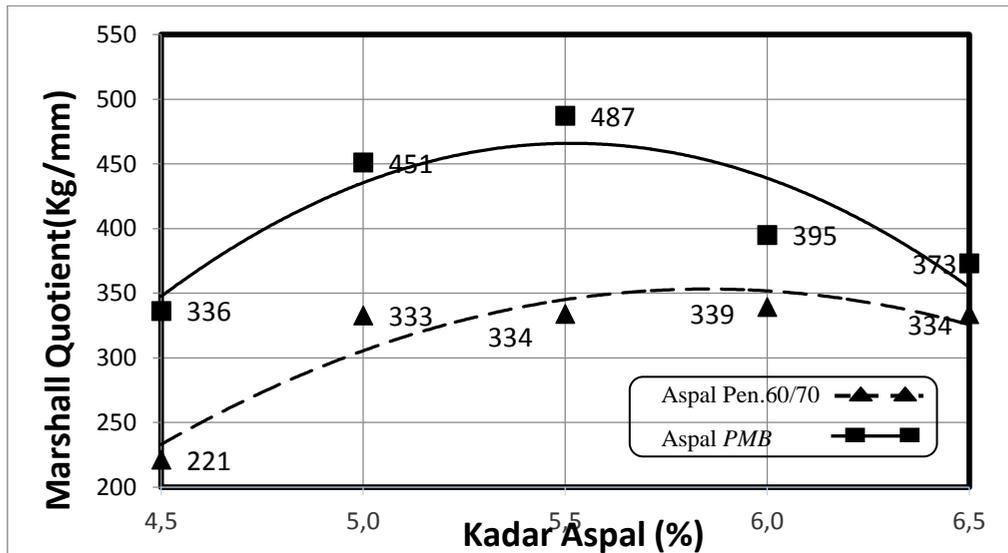
Gambar 5. Grafik Perbandingan *Flow* Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

MARSHALL QUOTIENT

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan semakin kaku, demikian sebaliknya jika semakin kecil nilai MQ maka akan semakin lentur.

Dari grafik dapat di lihat bahwa nilai MQ *Polymer Modified Bitumen* lebih tinggi dibandingkan dengan MQ Aspal Pen.60/70 yang berarti bahwa *Polymer Modified Bitumen* lebih kenyal dibandingkan dengan Aspal Pen.60/70.

Sifat dari *Polymer Modified Bitumen* didukung pula oleh data stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 dikarenakan stabilitas dan MQ memiliki persamaan yang linier. Dari data *flow* diatas juga menjadi dukungan bahwa sifat dari *flow* yang lebih mampu menahan deformasi dan diimbangi dengan data MQ ini yang menyatakan bahwa aspal yang dimodifikasi polimer menjadi lebih kenyal, maka sifat dari *resilient modulus* nya akan menjadi lebih tinggi dari Aspal Penetrasi 60/70.



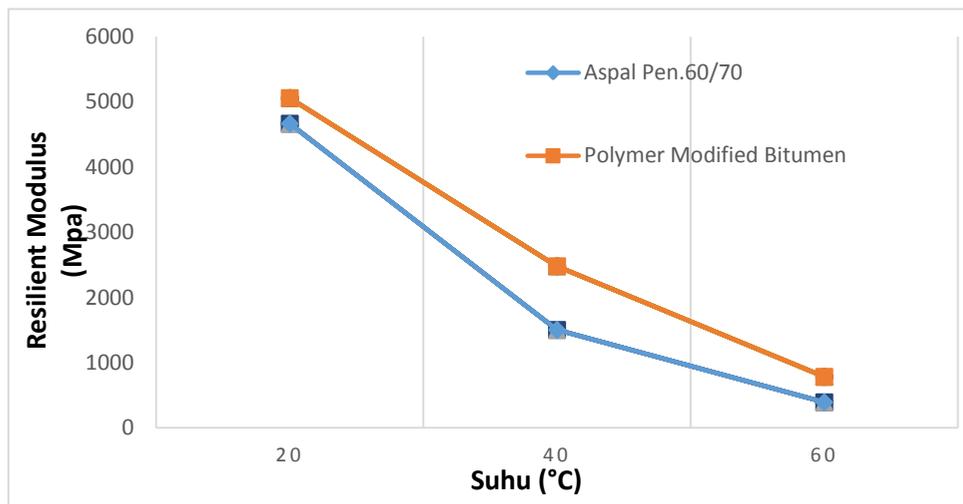
Gambar 6. Grafik Perbandingan *Marshall Quotient* Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

INDIRECT TENSILE RESILIENT MODULUS TEST

Uji *Resilient Modulus* pada 2 jenis aspal dengan 3 temperatur berbeda (20°C, 40°C dan 60°C). Pada temperatur yang rendah akan menimbulkan *Resilient modulus* yang sangat tinggi sehingga semakin kuat ketahanan menahan deformasi, namun dengan temperatur yang tinggi atau lamanya pembebanan akan menurunkan nilai *Resilient modulus*. Dari grafik menunjukkan bahwa *Polymer Modified Bitumen* lebih tinggi nilai *Resilient modulus* nya dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70.

Berdasarkan hasil Pengujian Aspal, hasil pengujian titik lembek, titik nyala dan titik bakar dari *Polymer Modified Bitumen* lebih tinggi daripada Aspal Penetrasi 60/70 menunjukkan bahwa aspal yang dimodifikasi polimer lebih tahan deformasi pada suhu yang tinggi, yang terbukti dalam pengujian *Indirect Tensile Resilient Modulus Test* dengan variasi pengujian suhu 20°C, 40°C dan 60°C memiliki *Resilient Modulus* yang lebih tinggi. Hal ini juga diperkuat pada pengujian daktilitas pada *Polymer Modified Bitumen* lebih rendah dan sifat polimer tipe elastomer yang lebih kental dan visco-elastic sehingga memiliki *Resilient Modulus* yang lebih tinggi.

Hal ini juga didukung oleh sifat-sifat *marshall* yaitu bahwa *Polymer Modified Bitumen* memiliki stabilitas dan *marshall quotient* yang lebih tinggi sehingga lebih dapat menahan beban yang memungkinkan terjadinya deformasi, juga didukung oleh densitas rendah dan porositas yang tinggi sehingga meskipun pada *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* jika dipadukan dengan *Polymer Modified Bitumen* maka campuran akan lebih elastis dan dapat kembali ke bentuk semula dikarenakan sifat polimer jenis elastomer yang memiliki *high elastic recovery* dan memiliki pori yang cukup untuk bersifat elastis kembali ke bentuk semula yang mana sifat ini juga diperkuat oleh nilai *flow* yang lebih tinggi maka dapat disimpulkan bahwa sifat *Resilient Modulus* yang lebih mampu menahan beban dan lebih mampu kembali ke bentuk semula dari *Polymer Modified Bitumen* pada *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt*.



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Resilient Modulus* Aspal Pen.60/70 Dengan PMB

SIMPULAN

- 1). Karakteristik *Marshall* dari campuran *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* menggunakan *Polymer Modified Bitumen* didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,53%. Sedangkan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimumnya lebih besar yakni sebesar 5,84% yang artinya bahwa *Polymer Modified Bitumen* membutuhkan lebih sedikit kuantitas aspal dibandingkan dengan aspal penetrasi 60/70 untuk mendapatkan kondisi yang optimum dan perbandingan sifat *marshall* dari *polymer modified bitumen* dengan aspal penetrasi 60/70 adalah:
 - a. *Polymer modified bitumen* lebih kuat menerima beban jika dibandingkan dengan aspal penetrasi 60/70 ditinjau dari segi stabilitas dikarenakan memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah.
 - b. *Polymer modified bitumen* memiliki titik lembek dan titik nyala yang lebih tinggi sehingga membutuhkan suhu pemadatan yang lebih tinggi serta kadar aspal optimum dari *Polymer modified bitumen* lebih rendah, maka sangat dimungkinkan apabila *Polymer Modified Bitumen* akan bersifat kurang padat jika dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70.
 - c. *Polymer modified bitumen* bersifat lebih porus dikarenakan memiliki densitas lebih rendah sehingga mempunyai rongga yang lebih besar yang menyebabkan adanya ruang antar agregat yang tidak terisi sehingga agregat mudah terlepas dan turunnya nilai karakteristik salah satunya kemampuan memikul beban (*stability*). Berdasarkan parameter porositas ini, dapat diambil kesimpulan bahwa sifat dari *Polymer Modified Bitumen* akan memiliki porositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Aspal Pen.60/70 karena hal ini sangat berkaitan dengan sifat polimer tipe elastomer yang sangat elastis sehingga dengan spesifikasi dan metode pembuatan benda uji yang sama, aspal yang dimodifikasi polimer akan memiliki rongga yang lebih tinggi guna pergerakan unsur-unsur campuran yang mengikuti sifat dari elastisitas bahan polimer.
 - d. Sifat *Polymer Modified Bitumen* jika dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 cenderung memiliki sifat *flow* yang sensitif, terbukti bahwa garis regresi yang naik membuktikan bahwa polimer memberikan kontribusi yang tinggi dengan sifat aspal yang mampu menahan deformasi dan sifat elastisitas nya yang tinggi karena memiliki visco-elastisitas yang tinggi dari polimer tipe elastomer. Hal ini juga dapat didukung berdasarkan nilai stabilitas yang tinggi dan bersama dengan porositas tinggi, maka sifat dari *Polymer Modified Bitumen* akan memiliki *Resilient Modulus* yang tinggi.
 - e. Nilai *Marshall Quotient* dari *Polymer Modified Bitumen* lebih tinggi dibandingkan dengan *Marshall Quotient* Aspal Penetrasi 60/70 yang berarti bahwa *Polymer Modified Bitumen* lebih kenyal dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70. Sifat dari *Polymer Modified Bitumen* didukung pula oleh data stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 dikarenakan stabilitas dan MQ memiliki persamaan yang linier. Dari data *flow* diatas juga menjadi dukungan bahwa sifat dari *flow* yang lebih mampu menahan deformasi dan diimbangi dengan data MQ ini yang menyatakan bahwa aspal yang dimodifikasi polimer menjadi lebih kenyal, maka sifat dari *resilient modulus* nya akan dapat menjadi lebih tinggi dari Aspal Penetrasi 60/70.
- 2). Sifat-sifat *Resilient Modulus* dari *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* menggunakan *Polymer Modified Bitumen* dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 berdasarkan metode *Indirect Tensile Resilient Modulus Test* didapatkan nilai *Resilient modulus* dari *Polymer Modified Bitumen* lebih tinggi dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70 yang berarti bahwa *Polymer Modified Bitumen* lebih kuat menahan pembebanan yang dapat berdampak pada kerusakan dan lebih dapat kembali ke bentuk semula dibandingkan dengan Aspal Penetrasi 60/70. Hal ini juga diperkuat pada pengujian

daktilitas pada *Polymer Modified Bitumen* lebih rendah dan sifat polimer tipe elastomer yang lebih kental dan *visco-elastic* sehingga memiliki *Resilient Modulus* yang lebih tinggi.

Hal ini juga didukung oleh sifat-sifat *marshall* yaitu bahwa *Polymer Modified Bitumen* memiliki stabilitas dan *marshall quotient* yang lebih tinggi sehingga lebih dapat menahan beban yang memungkinkan terjadinya deformasi, juga didukung oleh densitas rendah dan porositas yang tinggi sehingga meskipun pada *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* jika dipadukan dengan *Polymer Modified Bitumen* maka campuran akan lebih elastis dan dapat kembali ke bentuk semula dikarenakan sifat polimer jenis elastomer yang memiliki *high elastic recovery* dan memiliki pori yang cukup untuk bersifat elastis kembali ke bentuk semula yang mana sifat ini juga diperkuat oleh nilai *flow* yang lebih tinggi maka dapat disimpulkan bahwa sifat *Resilient Modulus* yang lebih mampu menahan beban dan lebih mampu kembali ke bentuk semula dari *Polymer Modified Bitumen* pada *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt*.

SARAN

Saran-saran yang dapat disampaikan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1). Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mengganti bahan aspal dan agregat yang digunakan.
- 2). Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mengganti jenis gradasi yang akan di gunakan.
- 3). Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap kemungkinan menggunakan variasi temperatur seperti pada keadaan dilapangan dan benda uji yang lebih banyak agar lebih akurat pada pengujian *Resilient Modulus*.

REFRENSI

- 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.
- British Standards Institution. 1992. *Hot Rolled Asphalt for Roads and Other Paved Area Part 1, Specification for Constituent Materials and Asphalt Mixtures*. London.
- Edison, Bambang. 2010. *Karakteristik Campuran Aspal Panas (Asphalt Concrete-Binder Course) Menggunakan Aspal Polimer*. Jurnal APTEK, Vol.2 (60-71)
- Febrianto, Nugroho. 2014. *Sifat-Sifat Marshall Pada Lapis Tipis Campuran Aspal Panas Dengan Penambahan Crumb Rubber*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- 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.
- Kabbash, Omar. 2014. *The Design Of Hot Mixture Thin Surfacing Containing Asbuton Modified Bitumen For Hot And Arid Region*. Post Graduate Civil Engineering Programs Sebelas Maret University.
- Kementrian Pekerjaan Umum Ditjen Bina Marga. 1999. *Pedoman Pelaksanaan Campuran Beraspal Dingin untuk Pemeliharaan*. Pedoman Teknik No: 023/ T / BM / 1999.
- Nashir, Muhammad. 2013. *Kinerja Campuran Aspal Berpori Dengan Menggunakan Aspal Polimer Starbit Jenis E.55*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makasar.
- 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.
- Pangaraya, Damianus. 2014. *Kajian Laboratorium Penggunaan Aspal Starbit E-55 Modifikasi Polimer Pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Ditinjau Dari Durabilitas Dan Indirect Tensile Strength*. Yogyakarta.
- Pangestu, Tino. 2012. *Karakteristik Aspal Modifikasi Polimer AC 50/70 Menggunakan Agregat Lokal Bantak Pada Lalu Lintas Berat*. Yogyakarta.
- Pradani, Novita. 2012. *Analisis Kelelahan (Fatigue) Pada Hotmix Recycled Asphalt (HMRA)*. Jurnal Transportasi Vol. 11 No. 3 (163-172)

- Pradani, Novita. 2011. *Kinerja Kelelahan Campuran Beton Aspal Lapis Aus Menggunakan Material Hasil Daur Ulang Dan Polimer Styrene-Butadiene-Styrene*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportas. Volume II No. 1 (1-7)
- Prasetyo Anang, 2013. *Karakteristik Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Purnomo, Hafid. 2013. *Karakteristik Ultra Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. *Kajian dan Pengawasan Uji Coba Skala Penuh Recycling lapisan Beraspal dengan Campuran Berasapal Panas*. Bandung.
- Riskianto, Tito. 2015. *Pengaruh Pengisian Rongga Pada Campuran Aspal Porus Menggunakan Aspal Polimer Starbit E-55 Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan, Kuat Tekan dan Kuat Tarik*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Setyawan, Ary. 2007. *Handout Mata Kuliah Perkerasan Jalan*. Bahan Ajar. Surakarta: Program S1 Jurusan Teknik Sipil UNS.
- Subagio, Bambang dkk. 2003. *Development of Laboratory Performance of Indonesian Rock Asphalt (Asbuton) in Hot Rolled Asphalt Mix*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4 (436-449).
- Sukirman, Silvia. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukmana, Salvatore. 2014. *Sifat-Sifat Marshall Pada Lapis Tipis Campuran Aspal Panas Dengan Penggunaan Retona Blend 55*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Uzarowski, Ludomir. 2005. *Thin Surfacing - Effective Way of Improving Road Safety within Scarce Road Maintenance Budget*. Annual Conference of the Transportation Association of Canada.