

SIFAT-SIFAT MARSHALL DAN RESILIENT MODULUS PADA CAMPURAN LAPIS TIPIS DENGAN PENGGUNAAN POLYMER MODIFIED BITUMEN E60

*“The Characteristic of Marshall and Resilient Modulus on
Thin Surfacing Hot Mix Asphalt with Polymer Modified Bitumen E60”*

Verry Maenkar¹⁾, Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D²⁾, Ir. Suryoto, MT.³⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp.0271647069.

Email: verrymaenkar111@gmail.com

Abstract

These days, highway is one of important factors that support economic growth. High rate of economic growth may lead high traffic volume in a country. High traffic volume encourages the need of a good highway infrastructure planning and maintenance program so the highway can withstand the loads of traffic that passing by. In Indonesia, excessive traffic loads (over-loading) and high temperatures are main factors that cause structural and functional damages of highway. One way to repairs the functional damages is to do overlay. Overlay is a method of resurfacing existing pavement with a new mix to improve the quality life of pavement. The use of thin layer of asphalt as an alternative and innovative road maintenance plan is indispensable, but it is still considered can't withstand the loads that pass through and then leads the occurrence of permanent deformation. The objective of this study is to provides a solution in the form of replacing the 60/70 penetration bitumen into Starbit E-60. Starbit E-60 is a product of Polymer Modified Bitumen asphalt formulated for transportation needs improvemen purposes. There is no study about Starbit E-60 durability, so writer presents a research that inspects its durability using Indirect Tensile Modulus Stiffness (ITSM) test. The results of Marshall tests show that starbit's optimum level is 5.53% and asphalt bitumen 60/70's optimum level is 5.84%. ITSM test get resilient modulus value of 5060,05 MPa at a temperature of 20°C and 2479,78 MPa at 40°C, while a mixture of penetration bitumen 60/70 obtain resilient modulus value of 4667,32 MPa at a temperature of 20°C and 1502,78 MPa at 40°C.

Keywords: *Starbit E-60, marshal properties, characteristic marshall thin surfacing hot mix asphalt.*

Abstrak

Lapis tipis campuran aspal panas (*Thin Surfacing Hot Mix Asphalt*) merupakan salah satu alternatif yang dapat mengantisipasi masalah ketebalan perkerasan jalan, salah satu teknologi yang sedang dikembangkan sebagai usaha ramah lingkungan untuk perkerasan jalan, namun penggunaan lapis tipis aspal dianggap masih belum maksimal dengan beberapa kelemahan yang masih terdapat pada lapisan ini. Penggunaan lapis tipis aspal, daya lekat aspal yang semakin sedikit juga harus dipertimbangkan. Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas aspal adalah dengan menggunakan bahan modifikasi yang telah tersedia di pasaran. Suatu bahan baru yang tersedia di pasaran adalah *Starbit E-60*. *Starbit E-60* adalah sebuah produk aspal *Polymer Modified Bitumen* yang di formulasikan untuk memenuhi kebutuhan perkembangan kebutuhan transportasi. Jadi perlu adakan penelitian tentang berapa kadar aspal optimum lapis tipis aspal panas dan sifat karakteristik aspal dengan menggunakan *starbit E-60* dan aspal penetrasi 60/70 optimum pada campuran aspal dengan metode *Marshall*. Dengan metode eksperimental menggunakan metode *Marshall* dapat ditentukan nilai stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), berat volume (*density*), persen rongga, *Marshall Quotient* (MQ) pada campuran lapis tipis denwtgan *starbit E-60* dan aspal penetrasi 60/70, selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum, serta mengetahui sifat karakteristik *marshall*. Hasil test *Marshall* dari lapis tipis campuran aspal panas didapatkan kadar *starbit* optimum sebesar 5,53%, dengan menggunakan gradasi yang sama didapatkan kadar aspal optimum aspal penetrasi 60/70 sebesar 5,84%. Pada uji ITSM campuran aspal *starbit E-60* mendapatkan nilai resilient modulus sebesar 5060,05 Mpa pada suhu 20°C dan 2479,78 Mpa pada suhu 40°C, sedangkan campuran aspal Penetrasi 60/70 mendapatkan nilai resilient modulus sebesar 4667,32 Mpa pada suhu 20°C dan 1502,78 Mpa pada suhu 40°C.

Kata Kunci: *Starbit E-60, Sifat-sifat marshal, Nilai Resilient Modulus Lapis tipis campuran aspal panas.*

PENDAHULUAN

Sistem transportasi, sarana transportasi dan terutama infrastruktur jalan raya merupakan salah satu alat terpenting untuk memperlancar kegiatan perekonomian dan pemerataan pembangunan. Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Di Indonesia sering terjadi beban lalu lintas yang berlebihan (*over loading*) dan temperatur udara yang tinggi, sehingga perlu pertimbangan dalam melakukan perencanaan campuran aspal. (Jhon, Fredy Philip, 2008).

Seiring dengan perkembangan jaman inovasi dan teknologi semakin di kembangkan dan di tingkatkan guna meminimalkan kerusakan dalam pembangunan jalan.

Thin Surfacing Hot Mix Asphalt ini merupakan salah satu teknologi yang sedang dikembangkan sebagai usaha preventif dan *resurfacing* untuk perkerasan jalan.

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).

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.

Starbit (Refined Buton Asphalt) merupakan hasil produksi ekstraksi aspal alam dari Pulau Buton. PT. Olah Bumi Mandiri mengembangkan produk *Starbit blend 55*, dari berbagai penelitian *Starbit blend 55* dapat melayani lalu lintas tinggi. Meningkatkan kestabilan, ketahanan fatigue dan kerekatan akibat suhu (*fatigue life ratio* 4,73-32,62 kali lebih besar menurut Tu Delft), kekuatan adesi dan kohesi yang tinggi, daya tahan terhadap air karena nitrogen base *Starbit 5,61* ($\pm 400\%$), usia pelayanan yang lebih lama (minimal dua kali), sehingga biaya pemeliharaan murah, mudah digunakan seperti aspal biasa, stabilitas *Marshall* naik hingga 30%, stabilitas dinamis naik sehingga 400% (rata-rata di atas 3000 lintasan/menit), stabilitas dinamis untuk jalan *heavy loaded* dan *heavy traffic* adalah minimum 3000 lintasan/menit. Dalam penelitian ini akan di uji pengaruh penggunaan aspal untuk lapis tipis dengan menggunakan aspal yang telah tersedia di Indonesia yaitu: aspal *Starbit blend 55* 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).

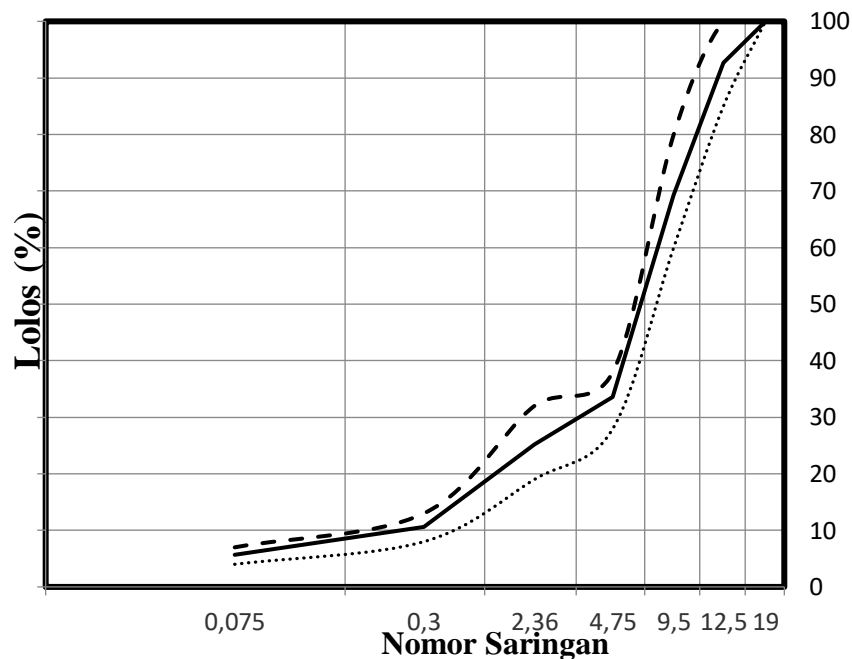
Perencanaan gradasi campuran berdasarkan pada *National Asphalt Pavement Association* (NAPA), *North Carolina*. Rencana gradasi yang digunakan disajikan pada tabel sebagai berikut ini :

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

Tabel 1 menunjukkan perencanaan gradasi agregat yang akan digunakan untuk mencari kadar aspal optimum serta *Resilent Modulus*.

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*.

Gambar 1 menunjukkan gradik Gradasi agregat untuk campuran lapis tipis aspal panas, sesuai dengan *standard 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:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \quad [1]$$

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).

$$D = \frac{W_{dry}}{V} \quad [2]$$

Dengan:

- D = Densitas
 W_{dry} = Berat benda uji di udara
V = Volume [$V_{jenuh} - V_{dalam\ air}$]

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

Dengan:

- SG_{ag} = *Specific gravity* agregat
 W_{ca} = Prosentase berat agregat CA dalam campuran
 W_{ma} = Prosentase berat agregat MA dalam campuran
 W_{fa} = Prosentase berat agregat FA dalam campuran
 W_{ns} = Prosentase berat agregat NS dalam campuran
 SG_{ca} = *Specific gravity* agregat CA
 SG_{ma} = *Specific gravity* agregat MA
 SG_{fa} = *Specific gravity* agregat FA
 SG_{ns} = *Specific gravity* agregat NS

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{P_{ag}}{SG_{ag}} + \frac{P_{as}}{SG_{as}}} \quad [4]$$

Dengan:

- SG_{mix} = *Specific gravity* campuran
 P_{ag} = Prosentase agregat
 P_{as} = Prosentase aspal
 SG_{ag} = Berat jenis agregat
 SG_{as} = Berat jenis aspal

$$P = 1 - \frac{D}{SG_{mix}} \quad [5]$$

Dengan

- P = Porositas
D = Densitas
 SG_{mix} = *Specific gravity* campuran

$$S = q \cdot k \cdot H \cdot 0,4536 \quad [6]$$

Dengan :

- S = Stabilitas
q = Angka yang didapatkan dari dial stabilitas uji *marshall*
k = Angka kalibrasi cincin *marshall*
H = Tebal koreksi benda uji

$$MQ = \frac{S}{f} \quad [7]$$

Dengan :

- 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, SGmix, 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.

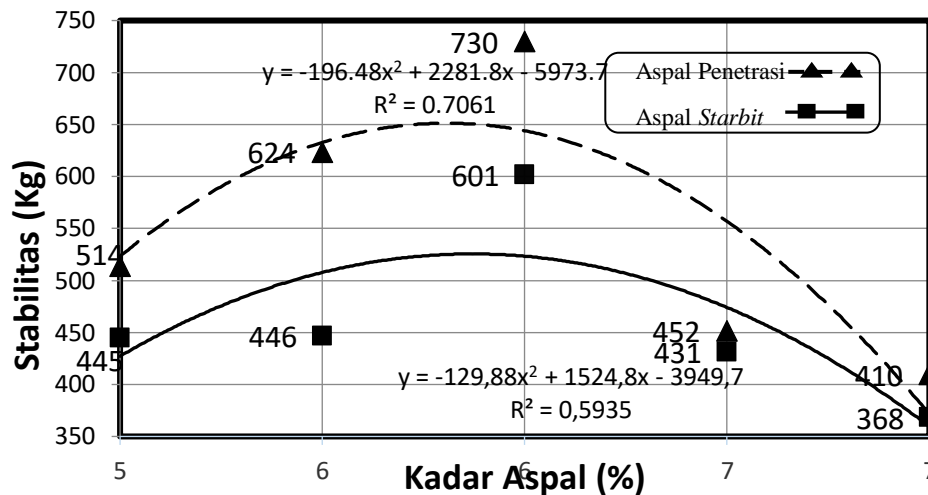
Tabel 2. Hasil Pengujian *Marshall*.

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)		Flow (mm)		Marshall Quotient (kg/mm)	
	Starbit	Penetrasi	Starbit	Penetrasi	Starbit	Penetrasi
5	552.76	460.69	2.3	3.25	240.33	141.75
5	462.64	592.98	2.1	2.1	220.31	282.37
5	319.18	487.43	2.75	1.65	116.06	295.41
	444.86	513.7	2.38	2.33	192.23	220.16
5.5	395.53	707.66	1.9	2.1	208.17	336.98
5.5	514.43	672.01	2.3	2.95	223.66	227.8
5.5	429.52	490.87	2.5	1.7	171.81	288.75
	446.49	623.51	2.23	2.25	201.22	277.12
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg) Starbit	Flow (mm) Penetrasi	Marshall Quotient (kg/mm) Starbit	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg) Starbit	Flow (mm) Penetrasi
6	568.38	743.86	2.1	2.1	270.66	354.22
6	573.42	760.59	1.9	2.8	301.8	271.64
6	662.43	684.74	2.3	1.65	288.01	414.99
	601.41	729.73	2.1	2.18	286.82	334.23
6.5	413.95	480.91	2	2.2	206.97	218.59
6.5	452.21	427.64	1.9	2.1	238.01	203.64
6.5	427.44	446.64	1.7	2.2	251.44	203.02
	431.2	451.73	1.87	2.17	232.14	208.49
7	361.66	334.5	1.8	2.1	200.92	159.28
7	431.52	454.92	1.7	2.3	253.84	197.79
7	311.15	440.05	1.9	2.1	163.76	209.55
	368.11	409.82	1.8	2.17	206.17	189.15

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *Marshall*, didapatkan nilai Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*. Data ini akan diolah sehingga diperoleh kadar aspal optimum campuran.

STABILITAS

Dari hasil tabel dapat dilihat pada kadar aspal *Starbit* 6% didapatkan angka stabilitas tertinggi yakni: 568.38kg ; 573.42kg ; 662.43kg dengan rata-rata sebesar 601.41 kg, sedangkan untuk aspal penetrasi dengan kadar aspal 6 % didapatkan angka stabilitas: 743.86kg ; 760.59kg; 684.74kg ; dengan rata-rata sebesar 729.73kg, namun jika di tampilkan dari hasil rata-rata tiap kadar aspal akan di dapatkan grafik:



Gambar 2. Grafik Perbandingan Stabilitas Aspal Penetrasi Dengan Aspal Starbit.

Dari gambar 2 grafik diperoleh garis persamaan tiap-tiap aspal yaitu Aspal Starbit blend 55 :

$$y = -129.88x^2 + 1524.8x - 3949.7$$

Dengan :

$$R^2 = 0.5935$$

$$Y_{\max} = 525.61$$

$$X_{\max} = 5.87$$

Aspal penetrasi ;

$$y = -196.48x^2 + 2281.8x - 5973.7$$

Dengan :

$$R^2 = 0.7061$$

$$Y_{\max} = 651.16$$

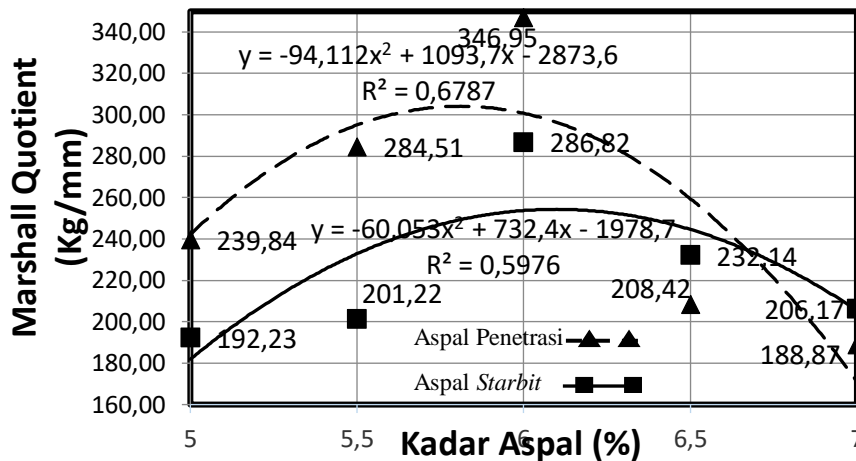
$$X = 5.80$$

Dari aspal Starbit E60 didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5.87% dengan nilai stabilitas sebesar 525.61kg, sedangkan untuk aspal penetrasi didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5.80% dengan nilai stabilitas 651.16kg.

MARSHALL QUOTIENT

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Hasil dari penelitian yang ditunjukkan pada gambar dapat diketahui bahwa nilai MQ semakin meningkat seiring dengan besarnya kadar aspal, namun akan sedikit menurun ketika mencapai kadar aspal $\pm 6\%$. Secara langsung nilai Marshall Quotient berkaitan dengan nilai stabilitas dan kelelahan.

Hasil dari penelitian yang disajikan pada gambar hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum dari campuran tersebut. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang akan menghasilkan sifat karakteristik terbaik pada suatu campuran aspal. Untuk mencari besarnya nilai kadar aspal optimum dilakukan perhitungan persamaan regresi hubungan kadar aspal dengan stabilitas.



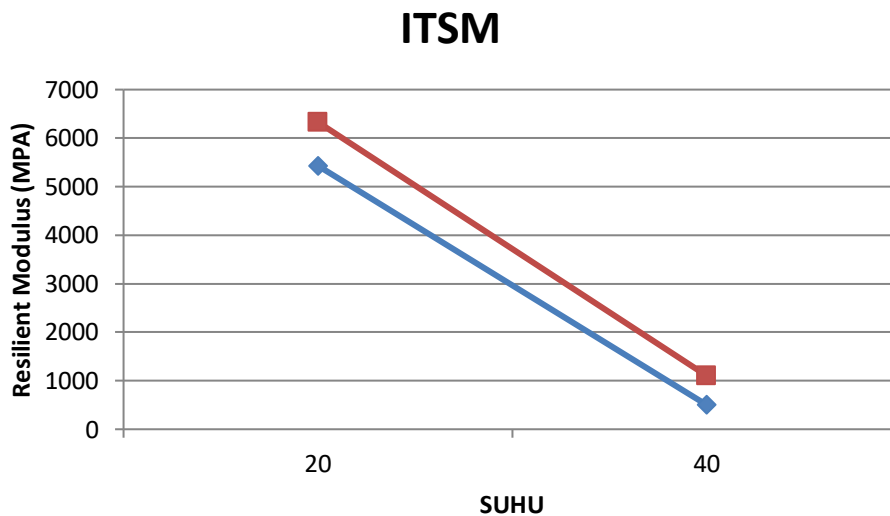
Gambar 3. Grafik Perbandingan *Marshall Quotient* Aspal Penetrasi Dengan Aspal *Starbit E60*.

Dari Gambar 3 didapatkan perbandingan *Marshall Quotient* Aspal Pen dan Aspal *Starbit* sebagai referensi kadar aspal optimum campuran Pen dan *Starbit*. Dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* dari aspal pen lebih besar dibanding aspal *Starbit Blend 55*

RESILIENT MODULUS

Resilient Modulus didapat dari hasil pengujian *Indirect Tensile Resilient Modulus* dilakukan untuk menghitung kemampuan ketahanan penyebaran pembebanan dari suatu campuran pada perkerasan dan kembali ke bentuk semula. Setelah pembuatan benda uji dengan Kadar Aspal Optimum (KAO), pengujian masing-masing tiga benda uji yang diuji pada suhu 20°C, dan 40°C.

Hasil pengujian ditampilkan dalam Gambar 4 menunjukkan bahwa *Starbit E60* lebih tahan terhadap tarik dan juga lebih tahan terhadap perubahan suhu.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Hasil Pengujian *Indirect Tensile Stiffness Modulus* Aspal Penetrasi Dengan Aspal *Starbit*.

Dari gambar 4 dapat di simpulkan bahwa Aspal *Starbit E60* lebih tahan terhadap deformasi permanen dan lebih tahan akan perubahan suhu ketimbang aspal Pen biasa. Hal ini membuat campuran aspal *Starbit E60*.

SIMPULAN

- 1). Karakteristik *Marshall* dari campuran *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* didapatkan kadar *Starbit* optimum sebesar 5,87%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan gradasi yang sama didapatkan kadar aspal optimum aspal *Starbit* lebih besar dari aspal penetrasi 60/70, Hal ini disebabkan karena aspal *Starbit* masih mengandung *filler* 2%, sehingga *filler* pada aspal *Starbit* yang digunakan lebih banyak dari aspal penetrasi, sifat

filler yang cenderung menyerap aspal menyebabkan penggunaan aspal *Starbit* cenderung lebih banyak dibandingkan aspal penetrasi yang kadar aspal optimumnya lebih kecil yakni sebesar 5,80%.

- 2). Dari pengujian *Marshall* didapatkan sifat aspal *Starbit* dengan hasil: Angka stabilitas aspal *Starbit* lebih rendah dari aspal penetrasi 60/70, nilai stabilitas aspal *Starbit* pada kadar aspal optimum 5,87% sebesar 525,61 kg, sedangkan pada kadar optimum aspal penetrasi 5,80% diperoleh nilai stabilitas 651,16 kg. Hal ini menggambarkan bahwa aspal *Starbit* cenderung lebih lemah menerima beban jika dibandingkan dengan aspal penetrasi.
- 3). Dari Pengujian ITSM didapatkan nilai *Resilient Modulus* dengan hasil: Angka *Resilient Modulus* aspal *Starbit* pada suhu 20°C adalah sebesar 6330,3333Mpa sedangkan aspal penetrasi 60/70 pada suhu yang sama memiliki *Resilient Modulus* sebesar 5431,3333Mpa. Nilai *Resilient Modulus* campuran aspal *Starbit* pada suhu 40°C adalah sebesar 1106,000 Mpa sedangkan aspal penetrasi 60/70 pada suhu yang sama memiliki *Resilient Modulus* sebesar 504,6667 Mpa. Dari hasil di atas menunjukkan bahwa aspal *Starbit blend* lebih tahan terhadap perubahan suhu

REFRENSI

- Aini N. Latifah 2010. *Perkiraan kinerja gabungan aspal concrete dengan aspal penetrasi 60/70 dan Aspal Starbit E 60*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Penggunaan Aspal Starbit E60 dalam Campuran Beraspal Panas*, No.010/BM/2008, Direktorat Jendral Bina Marga
- Friel, Shaun, Woodward, David and Woodside, Alan (2011) *Laboratory prediction of thin surfacing early life asphalt surfacing properties*. *The International Journal of Pavement Engineering and Asphalt Technology*, 12(2),pp.63-77.
- 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.
- <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/26167>
- http://www.asphaltpavement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=892:thinlays-for-pavement-preservation&catid=205:webinars&Itemid=100213
- http://www.asphaltpavement.org/PDFs/SR210-Thinlay_Position_Paper.pdf
- <http://www.asphaltpavement.org/ThinIsIn>
- <http://www.celibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412817.001>
- Jhon, Fredy Philip. 2008. *Kinerja Laboratorium dari Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Starbit Blend 55 dengan Modifikasi Filler*. Tesis Magister, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung
- Lia Anggreini, 2008. *Kinerja Laboratorium Campuran Lataston Lapis Aus (Hrs-Wc) Dengan Penggunaan Asbuton Granular Dan Starbitblend 55*.
- 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*.
- Online publication date: 1-Sep-2013.
- Prasetyo Anang, 2013. *Karakteristik Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Prasetyo Anang, 2013. *Karakteristik Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, Dan Permeabilitas*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Prieto-Muñoz, P., Yin, H., and Buttlar, W. (2013). "Two-Dimensional Stress Analysis of Low-Temperature Cracking in Asphalt Overlay/Substrate Systems." *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(9), 1228-1238.
- 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*