

PENGARUH STYROFOAM TERHADAP STABILITAS DAN NILAI MARHALL BETON ASPAL

JF Soandrijanie L*)

*) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl Babarsari 44 Yogyakarta
Email: jose@staff.uajy.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas menuntut adanya peningkatan kualitas lapis perkerasan. Untuk itu perlu adanya bahan tambah, salah satunya adalah *styrofoam*. *Styrofoam* yang selama ini sering digunakan sebagai kemasan bahan elektronik, bila menjadi sampah akan sulit terurai. Pemanfaatan *styrofoam* diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton aspal sekaligus dapat mengurangi jumlah timbulan sampah.

Penelitian ini untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall dengan menggunakan metode Marshall berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987. Variasi yang digunakan untuk kadar *styrofoam* adalah 0%, 0,01%, 0,015%, 0,02%, 0,025% dan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%

Hasil penelitian menunjukkan penambahan kadar *styrofoam* seiring dengan penambahan kadar aspal dapat menurunkan nilai stabilitas, sedangkan nilai Marshall mencapai optimal pada kadar aspal 6%. Campuran yang memenuhi syarat adalah komposisi *styrofoam* 0,01% dengan kadar aspal 5%.

Kata kunci : Beton aspal, karakteristik Marshall, *styrofoam*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan nasional, baik di sektor ekonomi, sosial budaya, politik, industri, maupun pertahanan dan keamanan sangat membutuhkan jalan sebagai prasarana penghubung. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, peran jalan sebagai prasarana penghubung menjadi sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari.

Pada umumnya volume lalu lintas yang melalui suatu jalan selalu meningkat. Kendaraan yang lalu lalang memiliki karakteristik yang berbeda-beda, terkadang bebannya melebihi kemampuan jalan yang dilalui, akibatnya sering terjadi kerusakan jalan berupa gelombang, alur, maupun retak sebelum mau layan berakhir. Hal ini menjadi suatu tantangan sendiri untuk melakukan inovasi-inovasi baru dalam meningkatkan kualitas lapis keras jalan, yang tentu saja tetap memperhitungkan cara yang efisien dan biaya yang ekonomis mungkin namun tetap memberikan hasil yang optimal.

Berbagai cara telah dilakukan untuk menaikkan mutu aspal, baik dari sisi penggantian bahan maupun teknik pelaksanaan. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu aspal adalah dengan memberikan bahan tambah (*additive*), baik tambahan terhadap aspalnya maupun pada proses pencampurannya.

Styrofoam merupakan suatu bahan sintesis yang lebih dikenal dengan nama gabus putih. *Styrofoam* banyak digunakan sebagai bahan pengganjal pada kemasan/pengepakan barang-barang elektronik. Pada umumnya setelah tidak terpakai, *styrofoam* ini dibuang begitu aja di tempat sampah. Penumpukan limbah *styrofoam* di Tempat Pembuangan Akhir akan menimbulkan masalah yang baru, karena limbah ini sulit didaur ulang. *Styrofoam* adalah salah satu jenis polimer plastik yang bersifat termoplastik yang mana jika dipanaskan akan menjadi lunak dan mengeras kembali jika telah dingin. Bila dicampur dengan bensin, *styrofoam* akan melunak dan dapat berfungsi sebagai perekat. Selain itu juga memiliki sifat tahan terhadap asam, basa, dan sifat korosif lainnya seperti garam. l (Mujiarto, 2005) dan memiliki sifat mudah larut dalam *hidrokarbon aromatik* (Dharma Giri, 2008).

Melihat adanya beberapa kelebihan yang dimiliki *styrofoam* dan aspal juga terdiri dari senyawa hidrokarbon, diharapkan *styrofoam* dapat digunakan sebagai alternatif bahan tambah pada campuran beton aspal yang dapat meningkatkan daya rekat antara agregat dan aspal sehingga dapat meningkatkan kualitas perkerasan beton aspal.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara cukup aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Menurut Sukirman (2003).

Aspal adalah sejenis mineral yang umumnya digunakan untuk konstruksi jalan, khususnya perkerasan lentur. Aspal merupakan material organik (*hydrocarbon*) yang kompleks, yang diperoleh langsung dari alam atau dengan proses tertentu. Aspal berbentuk cair, semipadat dan padat pada suhu ruang (25°C). (Sulaksono, 2001)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Berdasarkan besar ukuran ayakan agregat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- Agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan No.8 atau 2,38 mm.
- Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan No.8 atau 2,38 mm.
- Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan No.30 dimana persentase berat butir yang lolos ayakan No.200 minimum 65%.

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat dengan gradasi menerus tipe IV dengan batasan seperti yang ditunjukkan Tabel 1

Tabel 1. Batas-batas gradasi menerus agregat campuran

No. Campuran	IV
Gradasi/tekstur	Rapat
Tebal padat (mm)	25-50
Ukuran ayakan	% BERAT YANG LOLOS AYAKAN
1½ " (38,1 mm)	-
1 " (25,4 mm)	-
¾" (19,1 mm)	100
½" (12,7 mm)	80-100
⅜" (9,52 mm)	70-90
No.4 (4,76 mm)	50-70
No.8 (2,38 mm)	35-50
No.30 (0,59 mm)	18-29
No.50 (0,279 mm)	13-23
No.100 (0,149 mm)	8-16
No.200 (0,074 mm)	4-10

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton, SKBI-2.4.26.1987

Dalam penelitiannya, Mujiarto (2005) menyebutkan sifat-sifat umum dari *styrofoam/polystyrene* adalah:

- Sifat mekanis
Sifat-sifat mekanis yang menonjol dari bahan ini adalah kaku, keras, mempunyai bunyi seperti metallic bila dijatuhkan.
- Ketahanan terhadap bahan kimia
Ketahanan *polystyrene* terhadap bahan kimia tidak sebaik *polypropylene*. *Polystyrene* larut dalam eter, *hydrocarbon*. *Polystyrene* juga mempunyai daya serap air yang rendah dibawah 0,25%.
- Abration Resistance*
Polystyrene mempunyai kekuatan permukaan relatif lebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik yang lain. Meskipun demikian, bahan ini mudah tergores.
- Transparansi
Mempunyai derajat transparansi yang tinggi dan dapat memberikan kilauan yang baik yang tidak dimiliki oleh jenis plastik lain.
- Sifat elektrik
Karena mempunyai daya serap air yang rendah maka *polystyrene* digunakan untuk keperluan alat-alat listrik.
- Ketahanan panas
Polystyrene mempunyai softening point yang rendah (90°C), sehingga tidak digunakan untuk pemakaian pada suhu tinggi. Selain itu polimer ini mempunyai sifat konduktivitas panas yang rendah.

Styrofoam merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100° C menurut Billmeyer (1984) dalam Dharma Giri (2008). *Styrofoam* ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0,99 GN/m², angka poisson 0,33 menurut Crawford (1998) dalam Dharma Giri (2008).

Pengujian kinerja beton aspal dilakukan melalui pengujian Marshall. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji

Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90 atau ASTM D 1559-76 (Sukirman 2003)

Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, dan *flowmeter* untuk mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Angka stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas dan alat tekan Marshall. Angka ini dikonversikan dalam satuan kilogram (kg) dengan menggunakan angka kalibrasi pada Tabel 2, kemudian hasilnya dikalikan dengan angka koreksi tebal benda uji yang tercantum pada Tabel 3. Nilai stabilitas dihitung dengan rumus :

$$S = p * q \quad (1)$$

dengan S = angka stabilitas, p = pembacaan arloji * kalibrasi alat, q = angka koreksi tebal benda uji.

Nilai Marshall / *Marshall Quotient (QM)* merupakan hasil bagi stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai ini digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Semakin tinggi nilai *QM* suatu perkerasan menunjukkan bahwa semakin kaku lapis keras tersebut Nilai *QM* dapat diperoleh dengan rumus :

$$QM = \frac{S}{r} \quad (2)$$

Dengan S= nilai stabilitas (kg), r = nilai kelelahan (mm)

Tabel 2. Persyaratan campuran lapis aspal beton

Persyaratan	DPU 1987
Stabilitas (kg)	550
Kelelahan (mm)	2,0 – 4,0
Stabilitas/Kelelahan (kg/mm)	200 – 350

Tabel 3. Angka kalibrasi alat

Stabilitas hasil pembacaan arloji	Angka kalibrasi (kg)
0	0
100	446,2956
150	668,8092
200	891,6399
250	1113,1569
300	1326,7464
350	1530,0981
400	1739,8371
450	1953,4719
500	2166,2007
550	2373,2670
600	2578,1589
650	2790,7065

Sumber: Petunjuk Praktikum Bahan Lapis Keras UAJY.

Tabel 4. Angka koreksi tebal benda uji

Isi Benda Uji (cm) ³	Tebal Benda Uji		Angka Korelasi
	ln	mm	
200 - 213	1	25,4	5,56
214 - 225	1 1/16	27,0	5,00
226 - 237	1 1/8	28,6	4,55
238 - 250	1 3/16	30,2	4,17
251 - 264	1 1/4	31,8	3,85
265 - 276	1 5/16	33,3	3,57
277 - 289	1 3/8	34,9	3,33
290 - 301	1 7/16	36,5	3,03
302 - 316	1 1/2	38,1	2,78
317 - 328	1 9/16	39,7	2,50
329 - 340	1 5/8	41,3	2,27
341 - 353	1 11/16	42,9	2,08
354 - 367	1 3/4	44,4	1,92

368 - 379	1 13/16	46,0	1,79
380 - 392	1 7/8	47,6	1,67
393 - 405	1 15/16	49,2	1,56
406 - 420	2	50,8	1,47
421 - 431	2 1/6	52,4	1,39
432 - 443	2 1/8	54,0	1,32
444 - 456	2 3/16	55,6	1,25
457 - 470	2 1/4	57,2	1,19
471 - 482	2 5/16	58,7	1,14
483 - 495	2 3/8	60,3	1,09
496 - 508	2 7/16	61,9	1,04
509 - 522	2 1/2	63,5	1,00
523 - 535	2 9/16	64,0	0,96
536 - 546	2 5/8	65,1	0,93
547 - 559	2 11/16	66,7	0,89
560 - 573	2 3/4	68,3	0,86
574 - 585	2 13/16	71,4	0,83
586 - 598	2 7/8	73,0	0,81
599 - 610	2 15/16	74,6	0,78
611 - 625	3	76,2	0,76

3. METODE PENELITIAN

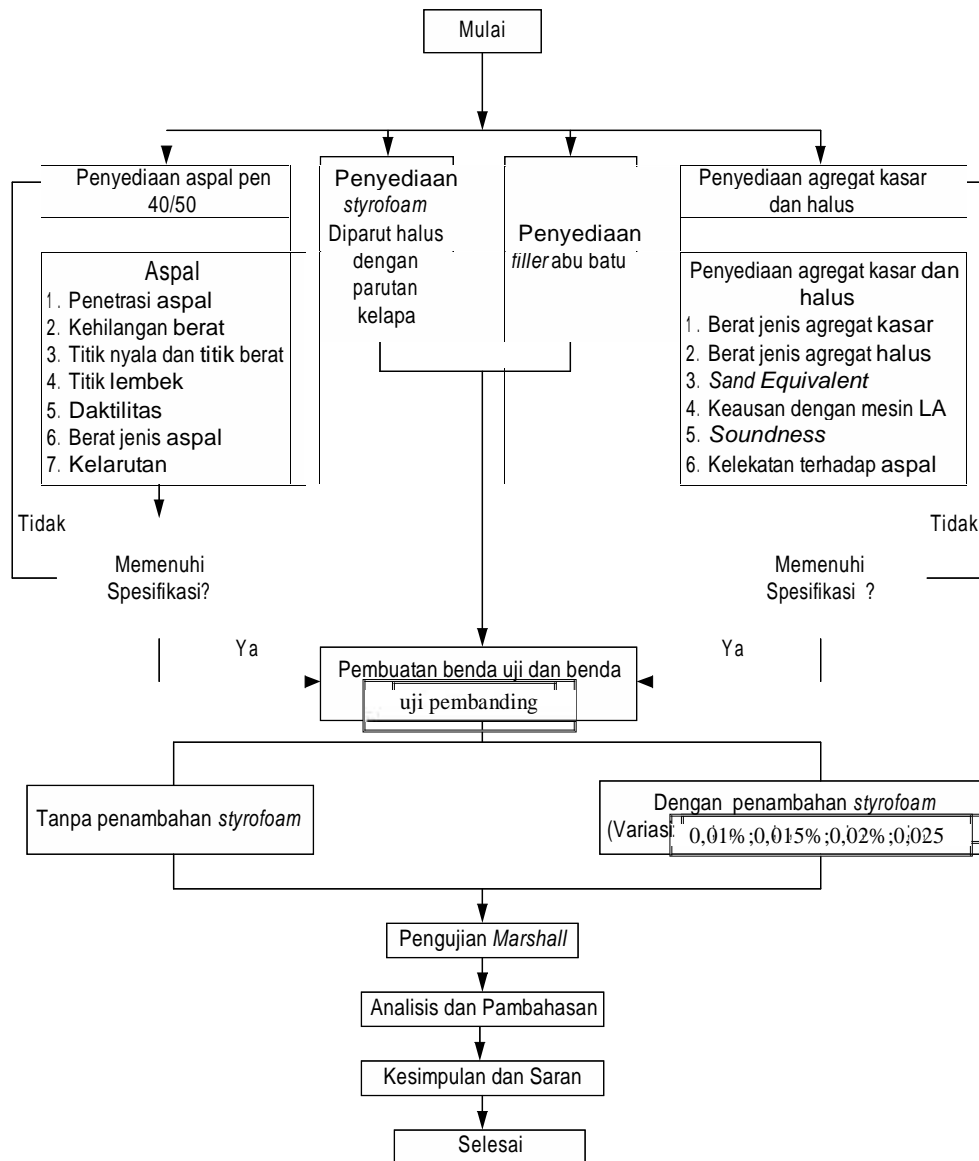
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Agregat, berupa batu pecah dari hasil mesin pemecah batu dari PT. Perwita Karya.
- Aspal, yang digunakan adalah aspal penetrasi 40/50 produksi PT. Pertamina.
- Bahan pengisi atau *filler*, yang digunakan adalah abu batu.
- Styrofoam / polystyrene* yang digunakan adalah gabus putih yang biasa digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik.

Campuran yang dibuat untuk lalu lintas berat dengan menggunakan standar Bina Marga

Variasi kadar *styrofoam* yang digunakan yaitu: 0% (tanpa penambahan *styrofoam*); 0,01%; 0,015%; 0,02%; 0,025% dengan kadar aspal optimum terhadap campuran 5%; 5,5%, 6%; 6,5% dan 7% . Benda uji untuk *Marshall Test* dibuat *duplo*, sehingga total benda uji sebanyak $2 \times 5 \times 5 = 50$ buah. Penelitian dilakukan di Laboratorium Transportasi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran beton aspal yang dipadatkan. Tujuan dari pengujian Marshall adalah untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beton aspal. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, dan aspal dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan hasil pengujian Marshall untuk berbagai variasi kadar aspal dan kadar *styrofoam* ditampilkan Tabel 6

Tabel 5. Persyaratan dan hasil pemeriksaan bahan

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
Agregat Kasar					
1.	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks 40	27,86	%	memenuhi
2.	<i>Soundness</i> terhadap larutan Na_2SO_4	Maks 12	1,96	%	memenuhi
3.	Berat jenis <i>bulk</i>	Maks 2,5	2,577	-	memenuhi
4.	Kelekatan terhadap aspal	Min 95	95	%	memenuhi
5.	Penyerapan terhadap air	Maks 3	1,1	%	memenuhi

Lanjutan Tabel 5.

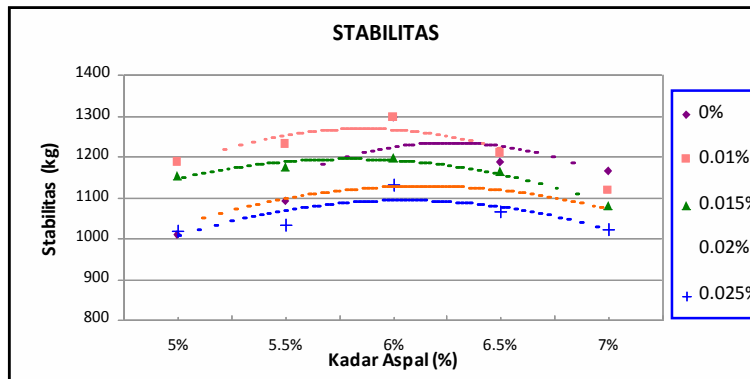
No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
Agregat Halus					
1.	Soundness terhadap larutan Na ₂ SO ₄	Maks 10	7,36	%	memenuhi
2.	Nilai Sand Equivalent	Min 50	84,4	%	memenuhi
3.	Berat jenis bulk	Min 2,5	2,645	-	memenuhi
4.	Penyerapan terhadap air	Maks 3	0,2	%	memenuhi
Aspal					
1.	Penetrasi aspal 25°C	Min 40, Maks 59	44,7	0,1 mm	memenuhi
2.	Titik lembek	Min 51, Maks 63	54	°C	memenuhi
3.	Titik nyala dan titik bakar	Min 200	326 & 338	°C	memenuhi
4.	Kehilangan berat 163°C	Maks 0.4	0,513	% berat	memenuhi
5.	Kelarutan dalam CCl ₄	Min 99	99	% berat	memenuhi
6.	Daktilitas 25°C, 5 cm/menit	Min 75	130	cm	memenuhi
7.	Berat jenis aspal 25°C	Min 1	1.05	-	memenuhi

Tabel 6. Hasil pemeriksaan Marshall

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal(%)	Kadar Styrofoam (%)				
		0	0.01	0.015	0.02	0.025
Stabilitas (kg)	5	1007.09	1184.96	1151.42	1038.10	1017.03
	5.5	1092.57	1228.79	1176.00	1075.26	1033.95
	6	1238.64	1295.55	1196.61	1148.19	1130.20
	6.5	1178.59	1205.82	1162.89	1112.72	1064.19
	7	1162.75	1117.54	1080.47	1071.53	1023.09
Flow (mm)	5	3.90	3.55	2.78	2.60	2.40
	5.5	3.75	3.30	2.55	2.40	2.25
	6	3.50	3.10	2.10	2.10	2.05
	6.5	3.40	3.25	2.40	2.50	2.20
	7	3.67	3.50	2.60	2.55	2.50
QM (kg/mm)	5	258.23	333.82	414.92	399.27	423.76
	5.5	291.19	372.36	460.53	448.02	459.83
	6	353.90	460.46	569.82	546.76	551.65
	6.5	344.29	370.94	484.54	445.09	483.72
	7	316.86	319.30	415.56	420.41	409.24

*yang diarsir memenuhi persyaratan DPU 1987 dan Binamarga 1983

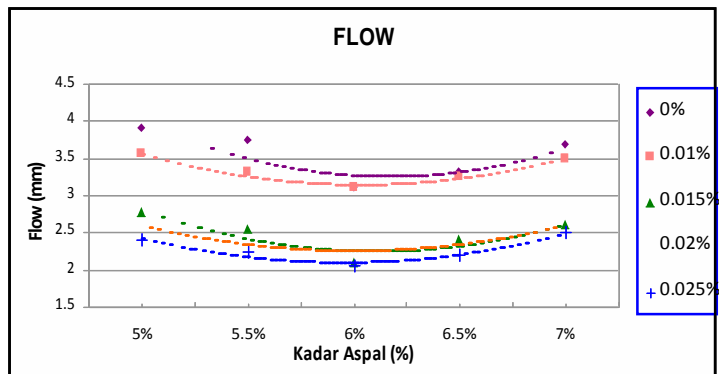
Pengaruh penggunaan styrofoam dengan berbagai kadar aspal terhadap nilai stabilitas



Gambar 2. Hubungan stabilitas dengan kadar aspal pada berbagai variasi penambahan styrofoam

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas dari berbagai variasi penambahan styrofoam cenderung meningkat sampai pada campuran dengan kadar aspal 6%. Hal ini menunjukkan kadar aspal optimum yang dapat meningkatkan nilai stabilitas adalah 6%. Apabila ditinjau dari variasi styrofoam, semakin banyak styrofoam dalam campuran, nilai stabilitasnya semakin kecil. Sifat dasar styrofoam yang kaku dan keras menyebabkan campuran menjadi lebih getas, sehingga nilai stabilitasnya turun. Penambahan styrofoam 0,01% menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada beton aspal normal. Semua nilai stabilitas dari berbagai variasi kadar aspal dan styrofoam di atas memenuhi syarat yang ditentukan. Nilai optimum dicapai pada campuran dengan komposisi kadar aspal 6% dan styrofoam 0,01%

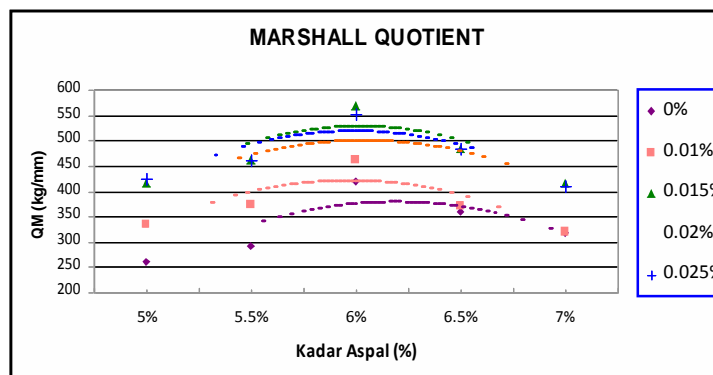
Pengaruh penggunaan styrofoam dengan berbagai kadar aspal terhadap nilai flow



Gambar 3. Hubungan *flow* dengan kadar aspal pada berbagai variasi *styrofoam*

Nilai *flow*/kelehan plastis cenderung turun sampai kadar aspal 6% yang mana menunjukkan terjadinya peningkatan viskositas campuran sampai pada batas ini. Penambahan *styrofoam* dalam campuran juga menyebabkan peningkatan viskositas campuran. Semakin banyak *styrofoam* dalam campuran, maka viskositas campuran akan semakin tinggi sehingga dapat mengurangi kelenturan/fleksibilitas suatu perkerasan lentur yang berakibat mudah mengalami retakan bila menerima beban yang melampaui daya dukungnya. Bila dibandingkan dengan beton aspal normal, nilai *flow* beton aspal dengan *styrofoam* nilainya lebih rendah. Nilai *flow* seluruh variasi penambahan kadar aspal maupun *styrofoam* memenuhi syarat yang ditentukan.

Pengaruh penggunaan *styrofoam* dengan berbagai kadar aspal terhadap nilai Marshall



Gambar 4. Hubungan nilai Marshall dengan kadar aspal pada berbagai variasi penambahan *styrofoam*

Nilai Marshall/*Marshall Quotient* merupakan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran, yang merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai *flow* (kelehan). Peningkatan jumlah *styrofoam* dalam campuran menyebabkan nilai Marshall semakin tinggi, bahkan jauh lebih tinggi daripada beton aspal normal. Tingginya nilai Marshall ini diakibatkan stabilitas yang sangat tinggi dengan *flow* yang rendah. Beton aspal dengan *styrofoam* memiliki kekakuan yang tinggi dan fleksibilitasnya rendah. Nilai Marshall campuran yang menggunakan *styrofoam* yang memenuhi syarat adalah campuran dengan *styrofoam* 0,01% dengan kadar aspal 5% dan 7%

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

- Stabilitas beton aspal dengan *styrofoam* 0,1% pada kadar aspal 5%-6% dan 0,15% pada kadar aspal 5% dan 5,5% lebih tinggi daripada beton aspal normal. Hal ini menunjukkan bahwa *styrofoam* dapat memberikan daya rekat yang baik dalam campuran sehingga perkerasan tidak mudah mengalami deformasi.
- Penambahan *styrofoam* dalam campuran meningkatkan nilai Marshall. Nilai Marshall beton aspal dengan *styrofoam* lebih tinggi daripada beton aspal normal dan hampir semua variasi melebihi batas yang disyaratkan, kecuali campuran dengan kadar aspal 5% dan *styrofoam* 0,01% .
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa *styrofoam* dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan mutu beton aspal. Komposisi yang baik untuk campuran adalah 5% kadar aspal dengan kadar *styrofoam* 0,01%.

Saran

- a. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jalan dengan beban lalu lintas yang lebih ringan.
- b. Perlunya penambahan bahan *additive* lain dalam campuran yang dapat meningkatkan fleksibilitas lapis perkerasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2001). Petunjuk Praktikum Rekayasa Jalan Raya, Laboratorium Rekayasa Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (1983). Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya, Yayasan badan penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (1987). Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26, Yayasan badan penerbit PU, Jakarta.
- Dharma Giri, I.B, dkk. (2008). Kuat Tekan Modulus Elastisitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon), Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.12, No.1, Januari 2008, diakses tanggal 7 September 2010, <http://ejournal.unud.ac.id/?module=detailpenelitian&idf=31&idv=207&idi=227&idr=1344>
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Additif, Traksi Vol.3 No.2 Desember 2005, diakses tanggal 7 September 2010, <http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/02/sifat-karakteristik-material-plastik.pdf>
- Roberts, FL, et al. (1991) Hot Mix Asphalt Materials, Mixtures Design and Construction, Napa Education Foundation, Lanham, Maryland.
- Sukirman, S. (1992). Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas, Penerbit Granit, Bandung.
- Sulaksono, S. (2001). Rekayasa Jalan Raya, Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- The Asphalt Institute (1983). Asphalt Technology and Construction Practices, Maryland, USA.
- Wikipedia, Styrofoam, The Free Encyclopedia, diakses tanggal 8 September 2010, <http://en.wikipedia.org/wiki/Styrofoam>