

# Jurnal TEKNIK SIPIL

Suyadi

Perilaku Jembatan Bentang Menerus  
Akibat Beban Gempa Rencana SNI-1726-2002  
Dengan Peta Gempa 2010

Theresita Herni Setiawan

Studi Penelitian Pembangunan Rumah Walet  
Studi Kasus Rumah Walet Rawaluku  
Propinsi Bandar Lampung

Yosafat Aji Pranata,  
Bambang Suryoatmono,  
Johannes Adhijoso Tjondro

Penelitian Eksperimental Kuat  
Leleh Lentur ( $F_{yb}$ ) Baut

Yoyong Arfiadi

Implikasi Penggunaan Peta Gempa 2010  
Pada Perencanaan Gedung  
di Kota Yogyakarta

Jf. Soandrijanie L

Pengaruh Penambahan Minyak Pelumas Bekas  
dan *Styrofoam* Pada Beton Aspal

Nectaria Putri Pramesti

Hubungan Gaya Kepemimpinan  
Manajemen Proyek, Kepercayaan  
dan Keberhasilan Proyek Konstruksi

Soewignjo Agus Nugroho,  
Gunawan Wibisono,  
Fidal Kasbi

Analisa Peningkatan Kekuatan Tanah  
Yang Diperkuat Serat dan Bahan Stabilitas  
Pada Sisi Kering dan Sisi Basah

Imam Suprayogi,  
Trimaijon,  
Nurdin,  
Rio Saputra

Pola Pengoperasian Pintu Pembilas  
Terhadap Laju Sedimentasi Tahunan  
Pada Bendung Sei Tibun,  
Kabupaten Kampar, Provinsi Riau

# Jurnal **TEKNIK SIPIL**

Volume 12 Nomor 2, April 2013

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama kali Oktober tahun 2000 dengan frekuensi terbit dua kali setahun pada bulan Oktober, April. (ISSN 1411-660X)

## **Pemimpin Redaksi**

Agatha Padma L, S.T., M.Eng

## **Anggota Redaksi**

Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.

Ir. Pranawa Widagdo, M.T.

Ferianto Raharjo, S.T., M.T.

## **Mitra Bebestari**

Ir. A. Koesmargono, MCM, Ph.D

Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng

Dr. Ir. Imam Basuki, M.T

Ir. Peter F. Kaming, M.Eng, Ph.D

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D

## **Tata Usaha**

Hugo Priyo Nugroho

---

### **Alamat Redaksi dan Tata Usaha:**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 487711 (hunting) Fax (0274) 487748

Email : [jurnalsipil@mail.uajy.ac.id](mailto:jurnalsipil@mail.uajy.ac.id)

---

Redaksi menerima sumbangan artikel terpilih di bidang Teknik Sipil pada Jurnal Teknik Sipil.  
Naskah yang dibuat merupakan pandangan penulis dan tidak mewakili Redaksi

**Jurnal Teknik Sipil** diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pelindung: Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Penanggung Jawab: Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

# Jurnal TEKNIK SIPIL

Volume 12 Nomor 2, April 2013

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait.

## DAFTAR ISI

PERILAKU JEMBATAN BENTANG MENERUS AKIBAT BEBAN GEMPA RENCANA SNI-1726-2002 DENGAN PETA GEMPA 2010 <i>Suyadi</i>	75-85
STUDI PENELITIAN PEMBANGUNAN RUMAH WALET STUDI KASUS RUMAH WALET RAWALUKU PROPINSI BANDAR LAMPUNG <i>Theresita Herni Setiawan</i>	86-97
PENELITIAN EKSPERIMENTAL KUAT LELEH LENTUR ( $F_{yb}$ ) BAUT <i>Yosafat Aji Pranata, Bambang Suryoatmono, Johannes Adhijoso Tjondro</i>	98-103
IMPLIKASI PENGGUNAAN PETA GEMPA 2010 PADA PERENCANAAN GEDUNG DI KOTA YOGYAKARTA <i>Yoyong Arfiadi</i>	104-116
PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK PELUMAS BEKAS DAN <i>STYROFOAM</i> PADA BETON ASPAL <i>Jf. Soandrijanie L</i>	117-127
HUBUNGAN GAYA KEPEMIMPINAN MANAJEMEN PROYEK, KEPERCAYAAN DAN KEBERHASILAN PROYEK KONSTRUKSI <i>Nectaria Putri Pramesti</i>	128-136
ANALISA PENINGKATAN KEKUATAN TANAH YANG DIPERKUAT SERAT DAN BAHAN STABILITAS PADA SISI KERING DAN SISI BASAH <i>Soewignjo Agus Nugroho, Gunawan Wibisono, Fidal Kasbi</i>	137-144
POLA PENGOPERASIAN PINTU PEMBILAS TERHADAP LAJU SEDIMENTASI TAHUNAN PADA BENDUNG SEI TIBUN, KABUPATEN KAMPAR, PROVINSI RIAU <i>Imam Suprayogi, Trimaijon, Nurdin, Rio Saputra</i>	145-154

## PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK PELUMAS BEKAS DAN *STYROFOAM* PADA BETON ASPAL

JF. Soandrijanie L

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
Jl. Babarsari 44, Yogyakarta, 55281  
email: jose@staff.uajy.ac.id

**Abstract:** Damage of road surfaces layer like crack before the end service time, make necessary brainstorming to find solution by using additive add to asphalt concrete that reduce stiffness of road surface layer, so that be able to road surface layer more flexible. The value of additive was expensive, to appear rise idea to use oil residu and styrofoam ex-electronic packing to be additive. Additional oil residu and styrofoam to concrete asphalt mixing hope can be increase mixing fleksibilitas. The result of this research that additional oil residu and 0.03% styrofoam to concrete asphalt can increase dencity value, Void Fill With Asphalt (VFWA) and flow, also decrease Void In The Mix (VITM) value, stability, and Marshall Quotient (QM). The optimum content of asphalt that obtained at mixture of 0.03% styrofoam with additional 5% oil residu is 6.5% and in additional 10% and 12,5% oil residu is 7%. Additional oil residu with 0.03% can decrease stiffness and fix mixture flexibility and road surface can't be crack easily.

Key word : concrete asphlat, crack, marshall characteristic, oil residu, styrofoam

**Abstrak:** Seringnya terjadi kerusakan lapis permukaan jalan berupa retak-retak sebelum masa layan berakhir, menimbulkan suatu pemikiran perlunya dicarikan solusi penggunaan bahan tambah pada beton apal yang dapat menurunkan tingkat kekakuan lapis perkerasan jalan tersebut, sehingga diperoleh lapis permukaan jalan yang lebih fleksibel. Harga bahan tambah yang mahal menimbulkan pemikiran untuk memanfaatkan minyak pelumas bekas (MPB) dan limbah *styrofoam* bekas pengepakan barang elektronik sebagai bahan tambah. Penambahan minyak pelumas bekas dan *styrofoam* dalam campuran beton aspal diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas campuran. Dari hasil penelitian diketahui bahwa penambahan minyak pelumas bekas dan 0,03% *styrofoam* pada beton aspal dapat meningkatkan nilai density, *Void Fill With Asphalt* (VFWA) dan *flow*, serta menurunkan nilai *Void In The Mix* (VITM), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (QM) dalam campuran. Kadar aspal optimum diperoleh pada campuran 0,03% *styrofoam* dengan penambahan 5% minyak pelumas bekas yaitu sebesar 6.5% dan pada penambahan 10% dan 12,5% yaitu sebesar 7%. Jadi penambahan minyak pelumas bekas dengan 0,03% *styrofoam* dapat menurunkan kekakuan dan memperbaiki fleksibilitas campuran, sehingga lapis permukaan jalan tidak mudah mengalami keretakan.

Kata kunci : beton aspal, retak, karakteristik marshall, minyak pelumas bekas, *styrofoam*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Iklim yang tidak menentu, khususnya musim hujan yang terkadang turun tiada henti serta musim kemarau yang melampaui batas waktu dapat mempengaruhi kondisi perkerasan jalan yang berakibat dapat mempercepat terjadinya kerusakan jalan.

Peningkatan stabilitas perkerasan jalan untuk meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan

bukanlah merupakan hal yang bijaksana. Perencanaan dan pelaksanaan pembuatan lapis perkerasan lentur yang baik, guna meningkatkan kualitas jalan dapat dilakukan dengan mengganti bahan dasarnya dengan bahan sejenis, mengganti sebagian bahan dasarnya dengan bahan lain atau dengan memberikan bahan tambah/*additive* yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap kualitas jalan.

Penambahan minyak pelumas bekas (MPB) pada campuran beton aspal menyebabkan

campuran terlalu lunak, sehingga lapis keras terlalu lentur. Dengan penambahan *styrofoam* pada campuran beton aspal menyebabkan perkerasan menjadi lebih kaku. Untuk itu perlu dilakukan penelitian bagaimana jika kedua bahan tersebut digunakan bersama-sama

### Rumusan Masalah

Stabilitas yang tinggi pada suatu perkerasan jalan bukan merupakan jaminan bahwa jalan tersebut akan lebih baik daripada yang lebih rendah stabilitasnya. Sering dijumpai lapis perkerasan lentur jalan yang mengalami retak-retak atau membentuk cekungan kecil akibat tekanan dari roda kendaraan, padahal jalan tersebut masih terhitung baru. Untuk itu perlu dicarikan solusinya agar perkerasan yang dibuat lebih baik mutunya.

### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian untuk mengetahui sejauh mana perubahan karakteristik marshall beton aspal yang menggunakan minyak pelumas bekas (MPB) dan *styrofoam* bila dibandingkan dengan beton aspal normal, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh penambahan minyak pelumas bekas (MPB) dan *styrofoam* terhadap kualitas beton aspal tersebut.

Manfaat penelitian diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan solusi meningkatkan fungsi minyak pelumas bekas dan *styrofoam* sekaligus mengurangi jumlah limbah minyak pelumas bekas dan *styrofoam*.

### Batasan Masalah

Batasan-batasan sebagai berikut; (1) aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 40/50 produksi PT. Pertamina; (2) agregat yang digunakan adalah gradasi tipe IV; (3) minyak pelumas bekas diperoleh dari bengkel servis kendaraan bermotor di daerah Yogyakarta; (4) *styrofoam* yang digunakan adalah *styrofoam* bekas pengganjal barang elektronik atau bekas pengepakan buah; (5) pengujian karakteristik campuran menggunakan standar Bina Marga 1987; (6) kandungan kimia minyak pelumas

bekas dan *styrofoam*, serta reaksi kimia yang terjadi pada campuran diabaikan.

## TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### Lapis Aspal Beton ( Laston)

Menurut Sukirman (2003), lapis aspal beton digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton, yaitu: stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah dilaksanakan.

Spesifikasi campuran yang berbeda-beda dalam Sukirman (1999), dipengaruhi oleh: (1) perencanaan tebal perkerasan yang dipengaruhi oleh macam metode yang digunakan; (2) ekspresi gradasi agregat, yang dinyatakan dalam nomor saringan. Nomor-nomor saringan mana saja yang dipergunakan dalam spesifikasi; (3) kadar aspal yang umum dinyatakan dalam persen terhadap berat campuran seluruhnya; (4) komposisi dari campuran, meliputi agregat dengan gradasi yang bagaimana yang akan digunakan; (5) sifat campuran yang diinginkan dinyatakan dalam nilai stabilitas, *flow*, VITM, VMA, tebal film aspal; (6) metode rencana campuran yang digunakan.

### Agregat

Ukuran agregat untuk perkerasan jalan dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987, dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu: (1) agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan pada saringan No.8 (2,38 mm), (2) agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No.8 (2,38 mm), (3) Bahan pengisi/*filler*, yaitu bahan berbutir halus yang lolos saringan No.30, dimana persentase berat butir yang lolos ayakan No.200 minimum 65%.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 1.** Spesifikasi Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (PB-0206-76)	Max 40	%
2.	Kelekatan dengan aspal (PB-0205-76)	>95	%
3.	Penyerapan terhadap air (PB-0202-76)	<3	%
4.	Berat jenis semu (PB-0202-76)	>2,5	gr/cc

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26. 1987

**Tabel 2.** Spesifikasi Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1.	<i>Sand Equivalent</i>	Min.50	%
2.	Penyerapan terhadap air (PB-0202-76)	<3	%
3.	Berat jenis semu (PB-0202-76)	>2,5	gr/cc

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26. 1987

**Tabel 3.** Grading IV Agregat Campuran

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos
Inch, #	mm	
1"	25,4	-
¾"	19,1	100
½"	12,7	80-100
3/8"	9,52	70-90
# 4	4,76	50-70
# 8	2,38	35-50
# 30	0,59	18-29
# 50	0,279	13-23
# 100	0,149	8-16
# 200	0,075	4-10

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26. 1987.

### Aspal

Aspal semen dengan penetrasi rendah untuk daerah yang ber cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi untuk daerah yang ber cuaca dingin atau lalu lintas dengan volume

rendah. Untuk Indonesia pada umumnya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Meningkatnya suhu udara di Indonesia beberapa tahun terakhir ini, maka dalam penelitian ini digunakan aspal penetrasi 40/50.

**Tabel 4.** Persyaratan Pemeriksaan Aspal Penetrasi 40/50

No	Jenis Pengujian	Syarat
1.	Penetrasi (25 °C, 5 detik ) (0,1 mm)	40 – 59
2.	Titik lembek (°C)	51 – 63
3.	Titik nyala dan titik bakar (°C)	min 200
4.	Kehilangan berat (%)	maks 0,4
5.	Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub> (%)	min 99
6.	Daktilitas (cm)	min 75
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat (%)	min 75
8.	Berat jenis (gr/cc)	min 1

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26. 1987.

## Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan suatu komponen/ bahan diluar komponen/bahan utama dalam aspal beton (aspal dan baham batuan) yang dicampurkan ke dalam campuran beton aspal.

Menurut Sholihah (2010), penggunaan campuran residu oli memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall pada campuran HRS-WC. Hasil tes dengan kadar campuran 5% dan 10% diperoleh nilai stabilitas dan QM berada di atas syarat minimum yang telah ditetapkan. Kadar optimum residu oli yang boleh dicampur berdasarkan nilai stabilitas yaitu 13,8%, sedangkan untuk QM 11,5%.

*Styrofoam* merupakan salah satu jenis polimer plastik yang memiliki sifat thermoplastik, yaitu menjadi lunak saat dipanaskan dan mengeras kembali setelah dingin. Selain itu juga memiliki sifat tahan terhadap asam, basa, dan sifat korosif lainnya seperti garam. *Styrofoam* juga sangat stabil dan tidak mudah terurai dalam waktu lama (Mujiarto, 2005)

## Sifat-sifat Marshall

Menurut Roberts (1991) sifat-sifat Marshall meliputi: (1) stabilitas, (2) *flow*/kelelahan plastis, (3) *density*/kepampatan, (4) *void filled with asphalt* (VFWA)/persen rongga terisi aspal, (5) *void in the mix* (VITM)/persen rongga

terhadap campuran, (6) *marshall quotient* (QM).

## METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: (1) tiap benda uji dibuat duplo, (2) melakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan susun, yaitu agregat, aspal, dan *filler*, (3) melakukan penimbangan untuk masing-masing bahan sesuai kebutuhan, (4) tahap pertama pembuatan benda uji campuran beton aspal tanpa minyak pelumas bekas dan tanpa *styrofoam* dengan 5 variasi kadar aspal, (5) tahap kedua membuat benda uji dengan 8 variasi kadar minyak pelumas bekas ( 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%) dengan 1 variasi kadar *Styrofoam* (0,03%). Pengujian marshall terhadap benda uji untuk mendapatkan *Marshall properties* yang terdiri dari : nilai *density*, stabilitas, *flow*, *Void In The Mix* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), dan *Marshall Quotient* (QM), (6) Tahap ketiga membuat grafik untuk mendapatkan kadar aspal optimum dari hasil pengujian marshall.

## HASIL PENELITIAN

Hasil pemeriksaan agregat dan aspal dapat dilihat pada Tabel 5, 6, dan 7 sedangkan hasil pengujian marshall ditampilkan pada Tabel 8 sampai dengan Tabel 16.

**Tabel 5.** Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Keausan dalam mesin <i>Los Angeles</i> (%)	maks 40	30,94	Memenuhi
2	Kelekatan terhadap aspal (%)	min 95	95	Memenuhi
3	Berat jenis semu (gr/cc)	min 2,5	2,72	Memenuhi
4	<i>Soundness Test</i> agregat (%)	maks 10	3,84	Memenuhi

**Tabel 6.** Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	<i>Sand Equivalent</i> (%)	min 50	85,88	Memenuhi
2	Berat jenis semu (gr/cc)	min 2,5	2,72	Memenuhi
3	<i>Soundness Test</i> agregat (%)	Maks 12	3,84	Memenuhi

**Tabel 7.** Hasil Pemeriksaan Aspal

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Penetrasi aspal (25°C, 5 detik) (0,1 mm)	40-59	47,27	Memenuhi
2	Titik Lembek (°C)	51-63	44,5	Memenuhi
3	Titik Nyala (°C)	Min 200	303	Memenuhi
4	Kehilangan Berat (%)	Maks 0,4	0,21	Memenuhi
5	Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub> (%)	Min 99	99	Memenuhi
6	Daktalitas (cm)	Min 75	100	Memenuhi
7	Berat Jenis Aspal (gr/cc)	Min 1	1,06	Memenuhi

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Marshall Beton Aspal Normal

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	55,13	8,49	1399,28	2,53	554,96	2,32
5,5	62,89	6,81	1434,81	2,34	613,02	2,34
6	77,70	3,72	1534,54	2,50	615,00	2,41
6,5	78,15	3,86	1491,62	2,31	645,42	2,39
7	82,28	3,20	1450,60	2,77	524,59	2,39

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% *Styrofoam* + 2,5% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	49,56	10,54	1243,71	3,1	401,92	2,27
5,5	56,26	8,9	1303,33	2,95	443,91	2,29
6	64	7,12	1344,31	2,75	488,84	2,32
6,5	74,5	4,87	1363,91	2,9	470,94	2,37
7	76,78	4,57	1288,96	2,92	448,7	2,36

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 10.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% *Styrofoam* + 5% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	55,26	8,64	1364,28	3	456,5	2,32
5,5	60,21	7,79	1345,28	2,72	497,81	2,33
6	73,69	5,05	1371,46	2,62	532,88	2,38
6,5	78,7	4,03	1157,79	3,48	341,33	2,39
7	80,35	3,91	1330,95	3,02	446,93	2,36

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 11.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 7,5% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	63,71	6,42	1451,35	2,95	505,56	2,38
5,5	72,09	4,96	1289,38	2,69	485,71	2,4
6	80,68	3,49	1396,09	2,58	541,34	2,42
6,5	87,24	2,47	1436,6	2,85	513,41	2,43
7	86,55	2,76	1243,02	2,98	421,44	2,41

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 12.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 10% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	58,77	7,79	1512,51	2,2	726,01	2,35
5,5	65,8	6,5	1532,21	2,51	630,62	2,36
6	74,44	4,9	1409,86	2,8	548,97	2,39
6,5	79,54	4,09	1231,78	3,15	390,16	2,4
7	85,64	3,08	1158,72	3,65	317,93	2,41

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 13.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 12,5% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	59,61	7,68	1337,01	2,3	608,22	2,35
5,5	72,05	5,17	1421,08	2,27	632,71	2,4
6	78,77	4,1	1517,99	2,58	592,73	2,41
6,5	81,69	3,78	1317,82	3	442,25	2,41
7	85,89	3,17	1164,73	3,66	320,39	2,41

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 14.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 15% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	41,23	14,46	667,41	3,12	216,75	2,18
5,5	54,92	10,02	692,52	2,95	242,27	2,28
6	55,87	10,83	605,9	3,63	174,06	2,25
6,5	61,09	9,07	1069,75	2,68	408,6	2,28
7	67,29	7,68	1015,12	2,94	345,01	2,3

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 15.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 17,5% MPB

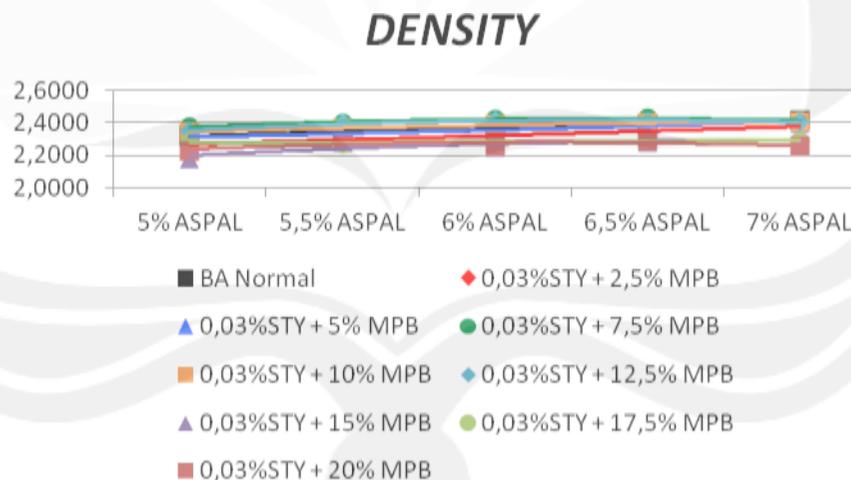
Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	50,86	10,6	1166,73	2,4	486,75	2,28
5,5	53,41	10,45	985,18	2,46	400,86	2,27
6	58	9,59	1005,08	2,64	386,77	2,28
6,5	63,26	8,57	925,03	2,73	348,26	2,29
7	65,73	8,26	784,9	3,83	204,72	2,29

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).

**Tabel 16.** Hasil Pengujian Marshall dengan 0,03% Styrofoam + 20% MPB

Kadar Aspal (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	QM (kg/mm)	Density (gr/cc)
5	45,26	12,8	974,7	2,57	383,73	2,23
5,5	55,38	9,89	1047	2,55	433,92	2,29
6	54,74	10,79	744,32	2,68	286,73	2,25
6,5	62,01	9,01	774,22	3,04	255,37	2,29
7	61,45	9,72	867,83	3,4	255,84	2,26

Keterangan: yang diarsir adalah hasil yang memenuhi syarat Bina Marga, MPB (Minyak Pelumas Bekas).



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Density* dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dengan 0,03% Styrofoam

**PEMBAHASAN**

**Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam terhadap nilai *density***

Density menunjukkan tingkat kerapatan bahan susun dalam campuran yang telah dipadatkan. Semakin banyak kadar aspal yang digunakan dalam campuran menyebabkan tingkat kerapatan semakin meningkat. Penambahan 7,5%, 10%, dan 12,5% minyak pelumas bekas

dengan 0,03% styrofoam menghasilkan nilai *density* yang lebih besar daripada nilai *density* pada campuran beton aspal normal. (Gambar 1)

**Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam pada nilai VITM**

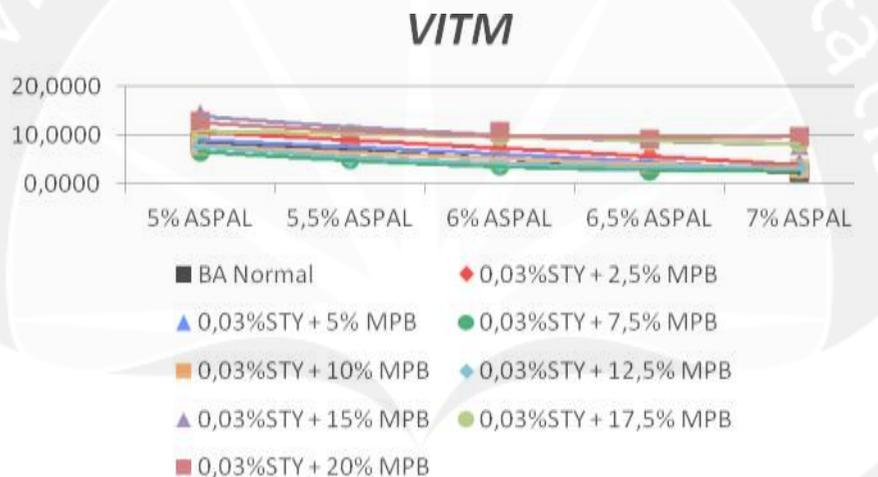
Penambahan 7,5%, 10%, dan 12,5% minyak pelumas bekas dengan 0,03% styrofoam pada 5%-6,% aspal dan 7,5% dan 12,5% minyak pelumas bekas dengan 0,03% styrofoam pada

6,5% aspal dapat mengurangi rongga-rongga dalam campuran beton aspal normal, sehingga membuat nilai VITMnya lebih kecil daripada nilai VITM beton aspal normal. Tetapi semakin banyak penambahan minyak pelumas bekas pada campuran dapat menghalangi butir-butir agregat mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga nilai VITM yang dihasilkan jauh melebihi persyaratan (3-5%) dapat dilihat dalam Gambar 2.

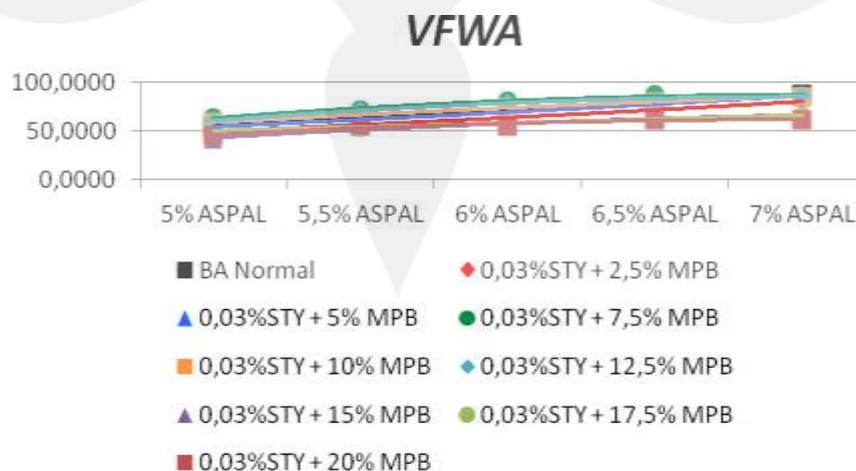
**Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam pada nilai VFWA**

Kadar minyak pelumas yang berlebihan dapat menghalangi aspal mengisi rongga-rongga dalam campuran. Sebaliknya kadar yang terlalu

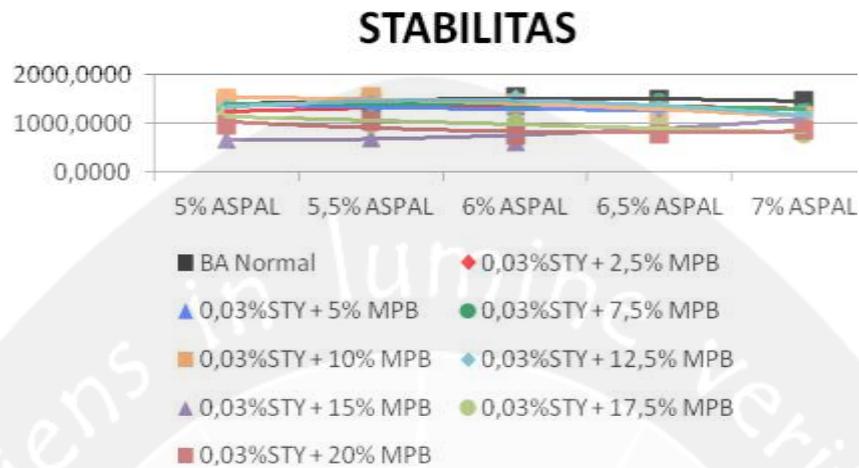
sedikit kurang membantu aspal dalam mengisi rongga-rongga. Penambahan 7,5%, 10%, dan 12,5% minyak pelumas bekas dengan 0,03% styrofoam pada campuran beton aspal dapat menyatu dengan baik dengan seluruh variasi aspal sehingga memudahkan aspal dalam mengisi rongga-rongga dalam campuran. Akibatnya nilai VFWA beton aspal pada penambahan 7,5%, 10%, dan 12,5% minyak pelumas bekas dengan 0,03% styrofoam nilainya lebih besar dari VFWA beton aspal normal. Penambahan minyak pelumas bekas lebih dari 12,5% dapat menghalangi aspal mengisi rongga-rongga pada campuran, sehingga nilai VFWA yang dihasilkan akan semakin kecil dari syarat yang ditentukan (>65%) dapat dilihat dalam Gambar 3/



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VITM dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dan 0,03% Styrofoam



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VFWA dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dan 0,03% Styrofoam

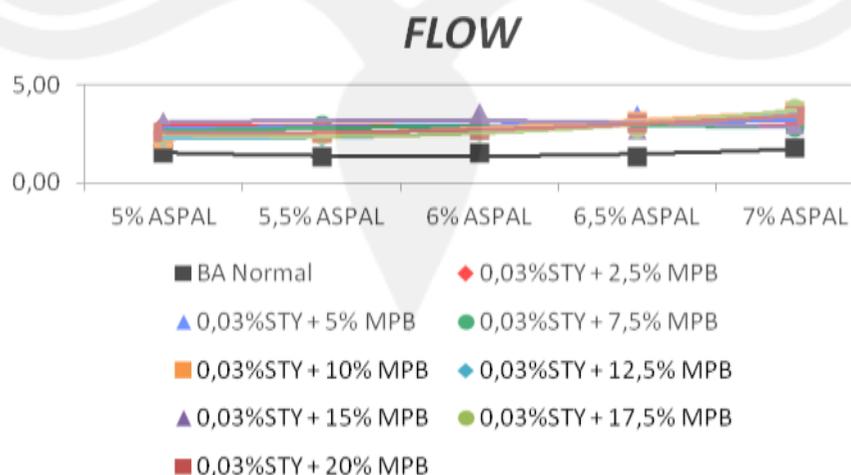


**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dan 0,03% Styrofoam

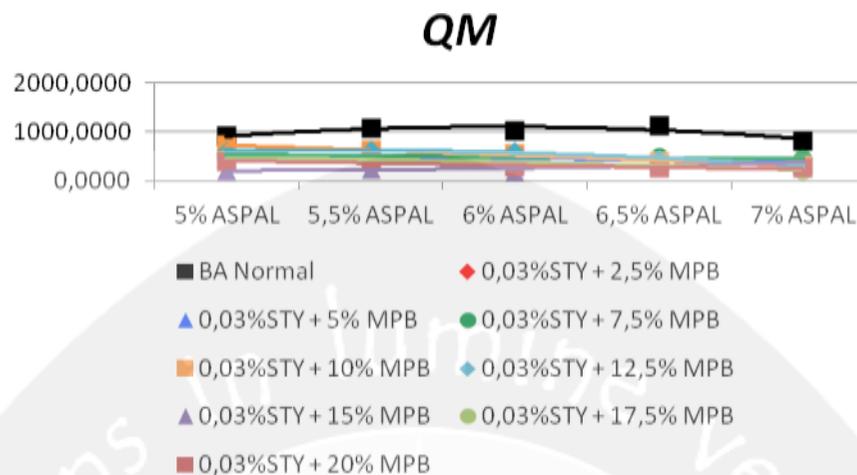
#### Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam pada nilai stabilitas

Hampir semua nilai stabilitas campuran beton aspal dengan berbagai variasi penambahan minyak pelumas bekas dan 0,03% styrofoam nilainya lebih kecil dari beton aspal normal, kecuali pada penggunaan 7,5% minyak pelumas bekas pada kadar aspal 5% dan 10% minyak pelumas bekas pada kadar aspal 5% dan 5,5%. Penambahan minyak pelumas bekas dengan 0,03% styrofoam sebesar 7,5%, 10%, dan 17,5% menyebabkan nilai stabilitas

cenderung turun, penambahan 15% nilai stabilitas cenderung naik, penambahan 5%, dan 20% cenderung turun kemudian mulai meningkat pada kadar aspal 6,5%, sedangkan penambahan 2,5% dan 12,5% minyak pelumas bekas nilai stabilitas cenderung meningkat seiring penambahan kadar aspal dalam campuran dan mulai menurun pada penggunaan kadar aspal 6,5%. Namun demikian seluruh nilai stabilitas yang dihasilkan masih berada di atas nilai yang disyaratkan oleh Bina Marga (>550 kg) dapat dilihat dalam Gambar 4.



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Flow dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dan 0,03% Styrofoam



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Marshall Quotient* dari Berbagai Variasi Penambahan Minyak Pelumas Bekas dan 0,03% *Styrofoam*

**Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam pada nilai flow**

Nilai *flow* menunjukkan deformasi yang terjadi pada suatu campuran. Dengan nilai *flow* yang tinggi, campuran akan bersifat lebih plastis dan lebih mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalu lintas, tetapi bila melampaui batas yang ditentukan dapat menurunkan tingkat kestabilan suatu perkerasan jalan. Penambahan berbagai variasi minyak pelumas bekas dengan 0,03% *styrofoam* pada campuran beton aspal menyebabkan *viscositas* campuran jauh lebih rendah daripada beton aspal normal sehingga dapat meningkatkan nilai *flow* campuran, meskipun demikian semua nilai *flow* yang dihasilkan memenuhi persyaratan dari Bina Marga yaitu 2,0–4,0. dapat dilihat dalam Gambar 5.

**Pengaruh penambahan MPB dan 0,03% styrofoam pada nilai QM**

Kekakuan campuran beton aspal normal jauh lebih tinggi daripada beton aspal yang menggunakan berbagai variasi minyak pelumas bekas dan 0,03% *styrofoam*. Hal ini menunjukkan bahwa beton aspal dengan penambahan berbagai variasi minyak pelumas bekas dan 0,03% *styrofoam* memiliki fleksibilitas yang jauh lebih baik daripada beton aspal normal. Nilai *Marshall Quotient* yang memenuhi syarat Bina Marga (200-350 kg/mm) terdapat pada campuran 0,03% *styrofoam* dengan penambahan 5% minyak pelumas bekas

pada kadar aspal 6,5%, penambahan 10% dan 12,5% minyak pelumas bekas pada kadar aspal 7%, penambahan 15% minyak pelumas bekas pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 7%, penambahan 17,5% minyak pelumas bekas pada 6,5% dan 7%, penambahan 20% minyak pelumas bekas pada 6%-7%. (Gambar 6)

**KESIMPULAN**

Penambahan minyak pelumas bekas pada beton aspal dapat meningkatkan nilai density, *Void Fill With Asphalt* ( VFWA) dan *flow*, serta menurunkan nilai *Void In The Mix* (VITM), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (QM) dalam campuran. Kadar aspal optimum diperoleh pada campuran 0,03% *styrofoam* dengan penambahan 5% minyak pelumas bekas yaitu sebesar 6.5% dan pada penambahan 10% dan 12,5% yaitu sebesar 7%. Secara keseluruhan penambahan minyak pelumas bekas dan 0,03% *styrofoam* pada beton aspal memberikan hasil yang positif, yaitu menurunkan kekakuan dan memperbaiki fleksibilitas campuran beton aspal, sehingga lapis keras tidak mudah mengalami keretakan dan tetap mampu menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk karena nilai stabilitasnya masih di atas nilai yang disyaratkan.

**SARAN**

Dari keseluruhan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan: (1) penelitian sejenis dapat dilanjutkan dengan menggunakan

berbagai variasi kadar *styrofoam*, (2) mencari bahan lain yang dapat lebih memperbaiki nilai *Marshall Quotient* (QM) tapi tetap menghasilkan nilai karakteristik marshall lainnya sesuai persyaratan yang ditentukan oleh Bina Marga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1987) *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Keras Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Sholihah, A.B. (2010) *Pengaruh Nilai Penetrasi Kombinasi Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Residu Oli Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*, <http://digilip.un.ac.id/upload/dokumen/172311512201011471.pdf>
- Roberts, FL, et al, 1991, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixtures Design and Construction*, Napa Education Foundation, Lanham, Maryland.
- Sukirman, Silvia, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Nova, Bandung
- Mujiarto, L, 2005, *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Additif*, Traksi Vol 3 No.2 Desember 2005
- Lisna, S, 2010, *Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Beton Aspal*, Tugas Akhir Strata Satu, UAJY
- Wijaya, Y.A.W, 2011, *Pengaruh Minyak Pelumas Bekas Pada Beton Aspal*, Tugas Akhir Strata Satu, UAJY