



## Pengaruh Penggunaan Styrofoam Terhadap Parameter Kinerja Perkerasan Campuran Aspal Porus

<sup>1</sup>Hermistanora, <sup>2</sup>Elsa Eka Putri, <sup>3</sup>Bayu Martanto Adji

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

<sup>1</sup>hermistanora2015@gmail.com, <sup>2</sup>elsaeka@eng.unand.ac.id, <sup>3</sup>bayu@eng.unand.ac.id

### Abstract

*Asphalt Porous is one type of open-graded pavement, where the percentage of coarse aggregate is large, and porous so that it can drain surface water, so that the water does not flood the surface of the road. Asphalt porous has low stability, so it needs good quality asphalt which serves as a binder in the mixture. One of the efforts to improve the quality of asphalt is by mixing added ingredients such as styrofoam into asphalt called asphalt modification. Styrofoam is a kind of plastic waste which is difficult to decompose, and cannot be easily recycled, so that Styrofoam waste will continue to mount and damage the environment, the use of Styrofoam waste as a substitution material for asphalt in the asphalt porous is expected to be improving the performance of asphalt pavement, can also protect the environment by reducing the amount of styrofoam waste. The purpose of this study is to determine the maximum asphalt and styrofoam levels that produce optimum asphalt pavement performance, as well as determine the permeability and durability values of asphalt porous at the best asphalt and styrofoam levels. The AAPA method is used in determining the KAO with three parameter values; Cantabro Loss (CL), Asphalt Flow Down (AFD) and Void in Mix (VIM) values. The results obtained KAO value of 5.65% with a maximum pavement performance value,; stability 555.75 kg, flow 5.46 mm, VIM 22.15%, MQ 101.89 kg / mm, CL 16% and AFD 0.29%. Substitution of Styrofoam Optimum was obtained at 10% at asphalt content of 5.65% with a stability value of 567.57 kg, CL 19.36%, AFD 0.16%, VIM 22.58%, flow 4.17 mm, and MQ 137.38 kg / mm. The permeability 0.0952 cm / sec and durability 80%, asphalt mixture is porous enough but not durable, because the durability value <90%.*

*Keywords: asphalt porous, Styrofoam, pavement performance*

### Abstrak

Campuran aspal porus merupakan salah satu jenis campuran perkerasan yang bergradasi terbuka, dimana persentase agregat kasar besar, dan berpori sehingga dapat mengalirkan air permukaan, dengan demikian air tidak menggenangi bagian permukaan jalan. Aspal porus memiliki stabilitas rendah, sehingga membutuhkan aspal dengan mutu yang baik yang berfungsi sebagai pengikat dalam campuran. Salah satu upaya dalam meningkatkan mutu aspal adalah dengan mencampurkan bahan tambah seperti styrofoam kedalam aspal yang disebut dengan aspal modifikasi. Styrofoam merupakan sejenis sampah plastik yang sulit terurai, dan tidak dapat dengan mudah untuk didaur ulang, sehingga limbah styrofoam akan terus menggenangi dan merusak lingkungan, pemanfaatan limbah styrofoam sebagai bahan substitusi sebagian aspal pada campuran aspal porus diharapkan diharapkan selain dapat meningkatkan kinerja perkerasan aspal porus, juga dapat menjaga lingkungan dengan mengurangi jumlah limbah styrofoam. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kadar aspal dan styrofoam maksimum yang menghasilkan kinerja perkerasan aspal porus optimum, serta menentukan nilai permeabilitas dan durabilitas campuran perkerasan aspal porus pada kadar aspal dan styrofoam terbaik. Metode AAPA digunakan dalam Penentuan nilai kadar aspal optimum dengan tiga parameter nilai yaitu; nilai Cantabro Loss (CL), Asphalt Flow Down (AFD) dan Void in Mix (VIM). Hasil penelitian diperoleh nilai KAO 5,65% dengan nilai kinerja perkerasan maksimum yaitu; stabilitas 555,75 kg, flow 5,46mm, VIM 22,15%, MQ 101,89 kg/mm, CL 16% dan AFD 0,29%. Substitusi kadar styrofoam optimum diperoleh sebesar 10% pada kadar aspal 5,65% dengan nilai stabilitas 567,57 kg, CL 19,36%, AFD 0,16%, VIM 22,58%, flow 4,17 mm, dan MQ 137,38 kg/mm. Nilai permeabilitas dan durabilitas pada kadar aspal dan styrofoam optimum diperoleh 0,0952 cm/dtk dan 80%, ini menunjukkan campuran aspal cukup berpori akan tetapi tidak durable (awet), karena nilai durabilitas yang diperoleh masih dari yang disyaratkan yaitu < 90%.

Kata kunci : aspal porus, Styrofoam, kinerja perkerasan

© 2020 Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

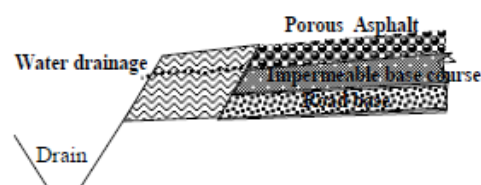
## 1. Pendahuluan

Campuran aspal porus merupakan jenis campuran perkerasan yang bergradasi terbuka, dengan persentase agregat kasar besar, dan berpori sehingga dapat mengalirkan air permukaan, dengan demikian air tidak menggenangi bagian permukaan jalan [4]. Aspal porus memiliki stabilitas rendah, sehingga membutuhkan aspal dengan mutu yang baik yang berfungsi sebagai pengikat dalam campuran. Aspal modifikasi merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan mutu aspal yaitu dengan mencampurkan bahan tambah kedalam aspal, dengan tujuan untuk memperbaiki sifat fisis dari aspal tersebut seperti penetrasi, titik lembek dan kekentalan. Pemanfaatan limbah dari bahan polimer merupakan salah satu teknik modifikasi aspal, hal ini diharapkan selain dapat meningkatkan mutu dari campuran aspal juga menjadi alternative solusi untuk mengurangi jumlah limbah, apalagi limbah yang tidak bisa terurai dalam tanah seperti limbah styrofoam.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal dan styrofoam optimum pada campuran perkerasan aspal porus yang menghasilkan nilai kinerja perkerasan optimum (stabilitas, flow, VIM, Marshall Quotient, Asphalt Flow Down dan Cantabro Loss) serta menentukan nilai Porositas dan keawetan campuran aspal porus pada KAO dan styrofoam Optimum. Manfaat penelitian ini yaitu menggunakan bahan limbah styrofoam sebagai bahan tambah untuk aspal porus, sehingga dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang

ke lingkungan, serta dapat memberikan saran bagi pihak terkait dalam upaya pemanfaatan limbah untuk pengembangan teknologi perkerasan jalan Indonesia.

Campuran aspal porus dikenal dengan campuran yang bergradasi terbuka dan memiliki 20% pori-pori udara setelah dipadatkan [3]. Aspal porus adalah jenis perkerasan jalan yang didesain untuk meningkatkan besar koefisien gesek pada permukaan perkerasan, sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat slipnya ban kendaraan.



Gambar 1. Sistem drainase asphalt porus (Sarwono, 2009)

Keuntungan penggunaan Asphalt Porous antara lain bisa meminimalisir terjadinya slip ban kendaraan pada saat hujan karena permukaan aspal berpori [5]. Asphalt Porous dapat meresap air dan mengalirkannya ke saluran samping. Dengan pori-pori yang dimiliki oleh Asphalt porous, campuran ini dapat meredam kebisingan kendaraan.

Tabel 1. Spesifikasi aspal porus.

Kriteria Perencanaan	Nilai
CL (%)	Maks 20
AFD(%)	Maks 0.3
Stabilitas (kg)	Min 500
Flow (mm)	2 – 6
Vim (%)	18-25
Mq (kg/mm)	Mak 400

Sumber: AAPA, 2004

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

Material campuran perkerasan Asphalt Porous terdiri dari agregat dan aspal yang berperan sebagai pengikat. Material aspal mencair/lunak apabila dipanaskan pada suhu tertentu, dan dapat menyelimuti dan mengikat agregat pada saat pembuatan campuran perkerasan, aspal akan kembali mengeras jika temperature mulai turun, sifat ini disebut dengan termoplastis [9].

Tabel 2. Persyaratan aspal penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Persyaratan
Penetrasi 25 °C	SNI 2456:2011	60 – 70
Titik Nyala	SNI 2433:2011	≥ 232
Daktalitas	SNI 2432:2011	≥ 100
Kelarutan dalam Trichloroethylene	SNI 2438:2015	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Viskositas Kinematis 135°C	ASTM D2170-10	≥ 300
Titik Lembek °C	SNI 2434 : 2011	≥ 48
Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
Daktalitas setelah kehilangan berat 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
Penetrasi, 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018

Agregat adalah butir-butir batu pecah dan kerikil, serta pasir, dan mineral lain, yang berasal dari alam maupun buatan [9]. Peraturan Bina Marga 2018 mensyaratkan supaya pekerjaan kontruksi jalan dan jembatan, penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk SMA dan 3% untuk yang lain. Selisih berat jenis agregat halus dan kasar maksimal 0,2.

Tabel 3. Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Metoda pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	SNI 3407 : 2008	Maks 12%
- Natrium sulfat - Magnesium sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417 : 2008	Maks 8%
- 100 Putaran - 500 Putaran		Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439 : 2011	Min 95%
Butir Pecah pada agregat kasar	SNI 7619 : 2012	95/90*)
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791-10	Maks 10%
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018

Aspal porus memiliki susunan agregat bergradasi terbuka terbuka (Open graded asphalt) [4].

Tabel 4. Ketentuan agregat kasar

Diameter saringan (mm)	Diameter agregat maksimum	
	10 mm	14mm
19,0	100	100
13,2	100	85 – 100
9,5	85 – 100	45 – 70
4,75	20 – 45	10 – 25
2,36	10 – 20	7 – 15
1,18	6 – 14	6 – 12
0,6	5 – 10	5 – 10
0,3	4 – 8	4 – 8
0,15	3 – 7	3 – 7
0,075	2 – 5	2 – 5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 - 6,5	4,5-6,0

Sumber: AAPA (2004)

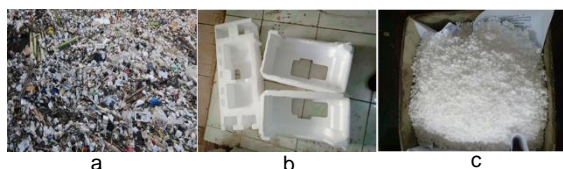
Styrofoam merupakan jenis plastik yang terbuat dari 90% -95% polystyrene dan 5%-10% gas seperti n-butana atau npentane, yang banyak digunakan sebagai pelindung dan mempertahankan item getaran seperti barang

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

elektronik [10]. Polistirena foam adalah bahan plastik dengan tingkat kerapatan yang rendah, berbobot ringan serta memiliki ruang antar butiran berisi udara sehingga tidak dapat menghantarkan panas (isolator panas yang sangat baik). Penggunaan styrofoam ternyata memiliki dampak yang tidak baik terhadap lingkungan. Styrofoam merupakan limbah yang sulit terurai secara alamiah karena perlu waktu yang sangat lama sampai ratusan tahun bahkan bisa tidak akan bisa terurai sampai kapanpun. Data dari EPA (Environmental Protection Agency) menyebutkan bahwa styrofoam ini adalah limbah berbahaya terbesar ke-5 di dunia [7].

Prinsip 3R (Reduse, Reuse dan Recycle) merupakan upaya untuk melindungi lingkungan dari bahaya limbah. Aplikasi dari prinsip ini salah satunya adalah Pemanfaatan limbah styrofoam sebagai bahan pengganti sebagian aspal pada campuran perkerasan jalan. Penggunaan styrofoam sebagai aditif adalah karena memiliki perilaku termoplastik, padat pada suhu kamar yang stabil dan meleleh jika dipanaskan di atas 100°C. Styrofoam menjadi kaku lagi ketika didinginkan [8].



Gambar 2. (a) Limbah Styrofoam dan Plastik di Sungai Indonesia; (b) Styrofoam dari Penyangga Alat Elektronik (c) Styrofoam Setelah Dihaluskan

[6] menyebutkan dalam hasil penelitiannya terhadap karakteristik dari campuran beton aspal yang dapat diperbaiki dengan adanya penambahan styrofoam kedalam campuran aspal beton tersebut. [8] melakukan penelitian yang berjudul the effect of styrofoam addition

into HRS-Base on Marshall Characteristics. Berdasarkan penelitian, didapat informasi bahwa penggunaan aspal dengan penambahan styrofoam sebanyak 0,5%, 1%, dan 1,5% berat aspal dalam campuran HRS-Base meningkatkan Stabilitas campuran. Parameter yang menunjukkan karakteristik campuran aspal porus antara lain stabilitas, flow, vim, mq, kecepatan aliran (permeability) dan keawetan (durability) (Diana, 2004).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dilaboratorium Teknis sipil unand dan laboratorium balai Pelaksanaan Jalan Nasional III Padang, Jl. Jati No.109, Alai Parak Kopi, Padang Utara Kota Padang, Sumatera Barat

Percobaan menggunakan gradasi campuran perkerasan aspal porus yaitu gradasi terbuka dengan ukuran agregat maksimum 14 mm, tipikal nilai tengah berdasarkan [1]. Variasi substitusi Styrofoam kedalam aspal pen 60/70 antara lain 0%, 10%, 15% dan 20%, dengan memanfaatkan Styrofoam yang biasa digunakan untuk penyangga alat elektronik. Campuran perkerasan aspal porus digunakan sebagai lapisan permukaan yang digunakan untuk melayani lalu-lintas ringan sampai sedang. Untuk menentukan nilai kadar aspal optimum digunakan metode [1] dengan parameter Cantabro Loss (CL), Asphal Flow Down (AFD) dan Voids in Mix (VIM).

Proses penelitian dimulai dari penyiapan bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan, kemudian melakukan pengujian sifat-sifat fisis material baik agregat maupun material aspal yang sesuai dengan spesifikasi, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

campuran aspal porus dengan menggunakan gradasi mengikuti gradasi terbuka sesuai spesifikasi dari Australian [1]. Kegiatan dilanjutkan dengan melakukan pengujian terhadap sample untuk melihat karakteristik campuran aspal porus dengan variasi substitusi styrofoam 0%, 5%, 10%, 15, dan 20% pada kadar aspal.

Total sample keseluruhan adalah sebanyak 159 sample dengan rincian; 45 sample untuk penetapan KAO masing-masing 15 sample untuk tes marshall, 15 sample untuk tes CL, dan 15 sample untuk tes nilai AFD. Untuk menguji kinerja campuran aspal porus dengan substitusi styrofoam 0%, 10%, 15% dan 20% pada kadar aspal optimum dan pada  $KAO \pm 0,5$ , maka dibuat sample sebanyak 108 sample yang digunakan untuk pengujian marshall 36 sample, pengujian CL 36 sample serta untuk pengujian nilai AFD sebanyak 36 sample. Dan untuk pengujian durabilitas dan Porositas dibutuhkan masing-masing 3 campuran aspal porus dengan kadar aspal dan Styrofoam optimum.

Tabel 5. Jumlah sample penentuan KAO.

Kadar Aspal Pen 60/70 (%)	Jumlah sample (tanpa substitusi styrofoam)		
	Jumlah Sample Marshall test (buah)	Jumlah Sample untuk Uji CL (buah)	Jumlah Sample Untuk Uji AFD (buah)
4,5	$X_{A11} X_{A12} X_{A13}$	$X_{B11} X_{B12} X_{B13}$	$X_{C11} X_{C12} X_{C13}$
5,0	$X_{A21} X_{A22} X_{A23}$	$X_{B21} X_{B22} X_{B23}$	$X_{C21} X_{C22} X_{C23}$
5,5	$X_{A31} X_{A32} X_{A33}$	$X_{B31} X_{B32} X_{B33}$	$X_{C31} X_{C32} X_{C33}$
6,0	$X_{A41} X_{A42} X_{A43}$	$X_{B41} X_{B42} X_{B43}$	$X_{C41} X_{C42} X_{C43}$
6,5	$X_{A51} X_{A52} X_{A53}$	$X_{B51} X_{B52} X_{B53}$	$X_{C51} X_{C52} X_{C53}$
Jumlah sample	15	15	15
	45		

Tabel 6. Jumlah sample dengan substitusi styrofoam.

Kadar Styrofoam (%)	Kadar Aspal (%)	Jumlah Sample		
		Marshall Tes	CL Tes	AFD Tes
0	KAO -0,5	3	3	3
	KAO	3	3	3
	KAO +0,5	3	3	3
10	KAO -0,5	3	3	3
	KAO	3	3	3
	KAO +0,5	3	3	3
15	KAO -0,5	3	3	3
	KAO	3	3	3
	KAO +0,5	3	3	3
20	KAO -0,5	3	3	3
	KAO	3	3	3
	KAO +0,5	3	3	3
Jumlah		36 Buah	36 Buah	36 Buah
Jumlah Total		108 Buah		

Pengujian porositas dan durabilitas dilakukan hanya untuk kadar aspal dan styrofoam terbaik dan untuk masing-masing pengujian dibuat sample sebanyak 3 (tiga) buah sample

Tabel 7. Sample Porositas dan durabilitas

Kadar styrofoam (%)	Pengujian Porositas	Durabilitas
Kadar aspal terbaik	3	3
Total sample	3 Buah sample	3 Buah sample

Uji Porositas campuran aspal porus dilaksanakan sebelum pengujian perendaman selama satu hari (24 jam), sampel yang sama digunakan untuk pengujian durabilitas.

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

Tabel 8. Rekapitulasi Jumlah Sample

Kelompok benda uji	Jumlah Total Benda Uji Kelompok A Dan Kelompok B			
	Tes marshall	CL	AFD	Pengujian permeabilitas dan durabilitas
A	15	15	15	-
B	36	36	36	6
Total	51	51	51	6
Total	159 benda uji			

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat	Standart pengujian	Persyaratan	Hasil
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar			
- Berat jenis (bulk)	SNI 1969-2008	Min 2.5%	2,62
- Berat jenis SSD		-	2,65
- Berat jenis semu		-	2,63
- Penyerapan agregat (%)		Mak 3%	1,134
Berat jenis dan penyerapan agregat halus			
- Berat jenis (bulk)	SNI 1970-2008	Min 2.5%	2,62
- Berat jenis SSD		-	2,69
- Berat jenis semu		-	2,83
- Penyerapan agregat (%)		Mak 5%	2,82
Berat isi			
- Isi lepas	ASTM C-29-71	-	1453,18
- Cara Penusukan		-	1531,96
Kelekatn agregat terhadap aspal (%)	SNI 2439-2011	Min 95%	95
Keausan agregat dengan mesin LA(%)	SNI 2417-2008	Maks 40%	25,058

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan aspal

Pemeriksaan	Aspal +0% styrof oam	Aspal +10% styrof oam	Aspal +15% styrof oam	Aspal +20% styrof oam	Spesifikasi
Kehilangan berat	0.477	0.35	0.23	0.117	≤ 0.8
Titik lembek	49.5	52.5	54.3	55.5	≥ 48
Berat jenis	1,03	1,029	1,027	1,02	≥ 1.0
Kelekatn terhadap batuan (%)	>95	>95	>95	>95	> 90%
Penetrasi aspal					
Tanpa kehilangan berat	68,8	65,4	63	61.5	60-70
Dengan kehilangan berat	63,4	60,2	57,5	55,4	≥ 54

Hasil pemeriksaan aspal dan agregat memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018.

Tabel 11. Hasil pengujian Marshall, CL dan AFD

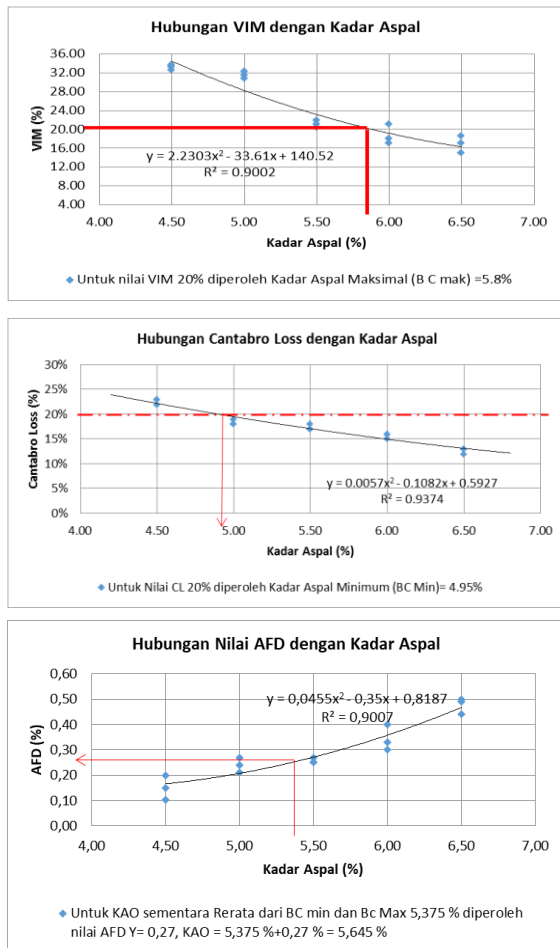
Karakteristik campuran	Kadar aspal (%)					Spesifikasi AAPA
	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
Stabilitas (kg)	539.96	573.64	581.36	497.65	140.99	Min 500
Flow (mm)	3.87	4.88	5.33	5.53	5.40	2 – 6
VIM (%)	33.15	31.82	21.04	18.67	16.87	18 – 25
MQ kg/mm	139.9	117.51	109.21	89.98	81.72	Mak 400
CL (%)	23	18	17	16	13	Maks 20
AFD (%)	0.151	0.240	0.257	0.343	0.477	Maks 0.3

Penentuan nilai KAO merujuk pada metode Australia [1] yang mensyaratkan tiga parameter dalam menentukan nilai KAO yaitu VIM, CL dan AFD, seperti yang terlihat pada

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

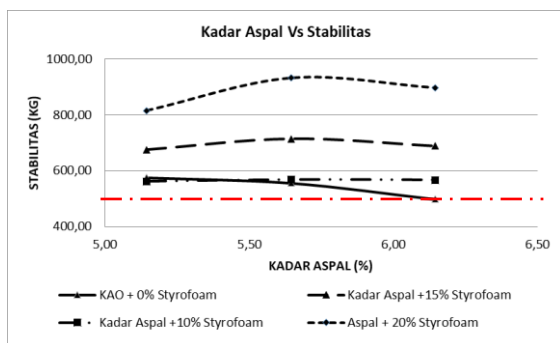
gambar 3, dimana Berdasarkan nilai VIM, CL dan AFD diperoleh nilai KAO sebesar 5,65 %.



Gambar 3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) metode AAPA

Penentuan Kadar Styrofoam Optimum berdasarkan parameter-parameter berikut:

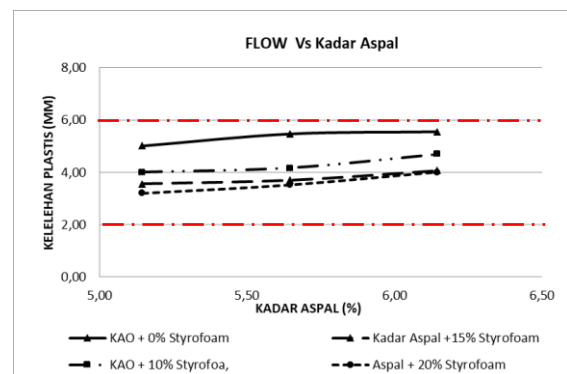
### Stabilitas



Gambar 4. Hubungan kadar aspal dengan stabilitas

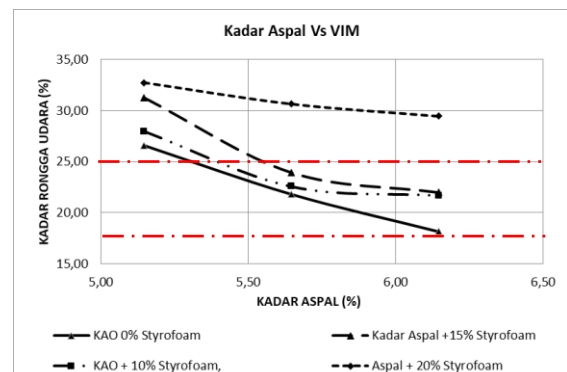
Campuran perkerasan dengan substitusi 20% styrofoam pada kadar aspal 5,65% memiliki nilai stabilitas paling tinggi yaitu 931,58 kg. Penambahan kadar aspal dan styrofoam meningkatkan nilai stabilitas sampai pada titik dimana nilai stabilitas menurun dengan penambahan kadar aspal dan styrofoam.

### Kelelahan Plastis (Flow)



Gambar 5. Hubungan kadar aspal dengan Flow  
 Nilai flow menurun dengan penambahan kadar styrofoam. Hal ini terjadi karena penambahan styrofoam kedalam aspal per 60/70 menyebabkan nilai penetrasinya menjadi lebih kecil dengan kata lain aspal menjadi lebih keras. Nilai flow pada seluruh variasi substitusi styrofoam pada kadar aspal masih memenuhi spesifikasi campuran aspal porus [1] 2mm-6mm.

### Rongga Dalam Campuran (VIM)



Gambar 6. Hubungan kadar aspal dengan VIM

### Informasi Artikel

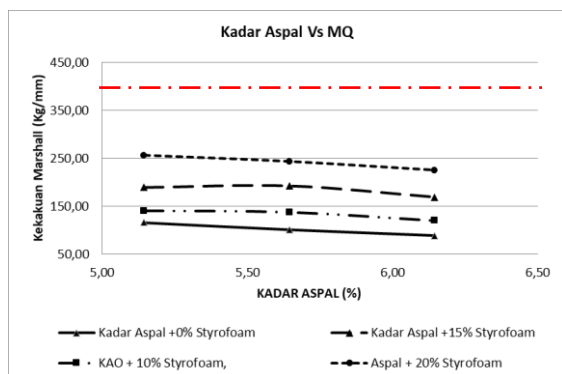
Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020



Nilai VIM menunjukkan banyaknya persentase rongga udara dalam campuran setelah pemadatan, secara umum semakin tinggi kadar aspal semakin kecil rongga udara dalam campuran. Substitusi styrofoam pada campuran aspal porus meningkatkan nilai VIM campuran, dimana semakin tinggi persentase styrofoam dalam campuran aspal porus nilai VIM semakin tinggi. Batas nilai VIM yang diizinkan menurut [1] adalah 18 – 25 %, sehingga berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium substitusi styrofoam yang memenuhi spesifikasi adalah substitusi styrofoam sebesar 0%, 10% dan 15 % sedangkan untuk kadar styrofoam 20% nilai VIM nya telah melampaui batas nilai VIM yang diizinkan menurut [1] seperti terlihat pada gambar 6.

VIM merupakan salah satu properties penting dalam desain campuran aspal porus. Jenis konstruksi ini direncanakan khusus supaya sesudah penghamparan dan pemadatan dilapangan masih mempunyai rongga yang besar sehingga jenis konstruksi ini memiliki sifat lolos air yang baik.

#### Marshall Quotient

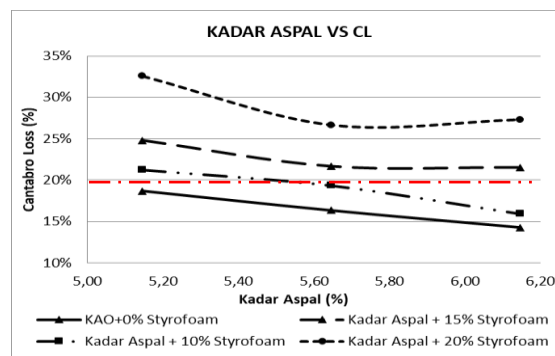


Gambar 7. Hubungan kadar aspal dengan MQ

MQ merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai flow, nilai MQ mengidentifikasi pendekatan kekakuan dan fleksibilitas, semakin rendah nilai MQ maka

campuran akan semakin fleksibel, sebaliknya nilai MQ yang tinggi menunjukkan kekakuan yang tinggi dari campuran tersebut. Batas nilai MQ campuran aspal porus yang diizinkan menurut [1] adalah 400 kg/mm. Dari gambar 7 terlihat secara keseluruhan nilai MQ pada campuran aspal porus dengan substitusi styrofoam 0%, 10%, 15%, dan 20% memenuhi batas nilai MQ yang disyaratkan. Nilai MQ meningkat dengan meningkatnya kadar styrofoam yang disubstitusikan pada aspal per 60/70.

#### Cantabro Loss



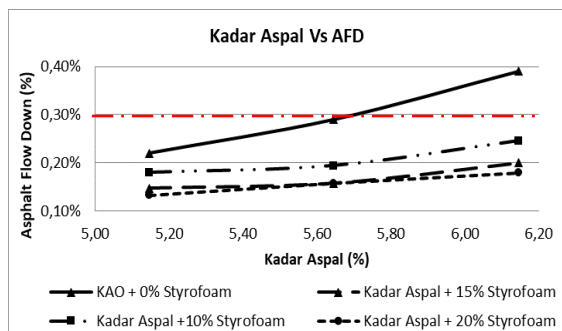
Gambar 8. Hubungan kadar aspal dengan CL

Nilai CL pada campuran perkerasan dengan variasi substitusi styrofoam ditampilkan pada gambar 8. Tingkat pelepasan butiran menurun dengan bertambahnya persentase aspal, ini berarti pengikatan terjadi lebih baik sehingga menurunkan persentase pelepasan butiran agregat. Pada kadar aspal 5,65% dan 6,15% dengan substitusi styrofoam 10% nilai CL masih di bawah 20% sesuai dengan batas nilai CL yang disyaratkan [1], sedangkan untuk variasi substitusi 15% dan 20% styrofoam nilai CL nya sudah melewati batas yang di izinkan.

#### Informasi Artikel



Asphalt Flow Down (AFD)



Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dengan AFD

Penambahan persentase asphalt turut meningkatkan nilai aliran asphalt, akan tetapi semakin tinggi kadar styrofoam pada campuran asphalt, nilai AFD semakin rendah artinya tingkat pemisahan asphalt akan menurun dengan bertambahnya persentase styrofoam sebagai pengganti sebagian asphalt dalam campuran, seperti terlihat pada gambar 9. Nilai AFD pada setiap variasi kadar styrofoam yang disubstitusikan pada asphalt secara keseluruhan memenuhi syarat nilai aliran asphalt yang ditetapkan [1] yaitu mak 0,3 %.

Rekapitulasi hasil pengujian laboratorium terhadap sample KAO ± 0,5 dengan substitusi variasi 4 (empat) kadar styrofoam yaitu 0%, 10%, 15%, dan 20%, diperoleh kadar asphalt terbaik 5,65%, pada kadar substitusi Styrofoam terbaik 10% dalam asphalt.

Porositas dan Durabilitas

Dengan menggunakan persentase kadar asphalt dengan substitusi styrofoam terbaik dibuat tiga buah sample untuk pengujian Porositas dan durabilitas. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 10, dimana berdasarkan hasil pengujian nilai Porositas yang dihasilkan 0,0952 cm/det, ini menunjukkan bahwa campuran cukup poros. spesifikasi nilai porositas yaitu 0,058 cm/det-

0,249 cm/det. Namun tingkat keawetan yang dimiliki hanya sebesar 80%, seharusnya ≥90% untuk campuran asphalt yang dikategorikan awet (durable).

Tabel 12. Hasil Hasil pengujian Porositas

Kadar Aspal (%)	Kadar Styrofoam (%)	Tebal Sample (cm)	Waktu Pengujian (dt)	Porositas (cm/dt)
5.65	10	7,27	29,91	0.0837
		7,23	27,47	0,0911
		7,37	22,67	0,1108
Rata-rata				0,0952

4. Kesimpulan

Penelitian ini memperlihatkan kinerja campuran perkerasan asphalt porous ketika asphalt disubstitusi dengan bahan polimer styrofoam. Nilai KAO yang diperoleh berdasarkan metode AAPA sebesar 5.65% dengan nilai kinerja perkerasan optimum yaitu stabilitas 555,76 kg, Flow 5,46 mm, VIM 22,15 %, MQ 101,89 kg/mm, CL 16% dan AFD 0,29 %. Substitusi kadar styrofoam optimum diperoleh sebesar 10% pada kadar asphalt 5,65%, dengan nilai stabilitas 567,57 Kg, CL 19,36%, AFD 0,19%, VIM, 22.58%, Flow 4,17 mm dan MQ 137,38 kg/mm. Nilai Porositas pada kadar asphalt dan styrofoam optimum memenuhi persyaratan 0,058 cm/det – 0,249 cm/det, yaitu sebesar 0.0952 cm/det, ini berarti campuran perkerasan cukup berpori. Tingkat durabilitas campuran dengan kadar asphalt dan substitusi styrofoam optimum diperoleh hanya 80%, untuk campuran asphalt yang dikategorikan awet (durable) nilai durabilitasnya seharusnya ≥90%, akan tetapi karena campuran cukup poros jadi nilai ini masih bisa digunakan.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

### Daftar Rujukan

- [1] Autralian Asphalt Pavement Association, 2004. National Asphalt Specifikation.
- [2] Bina Marga, Spesifikasi Umum, 2018. Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum
- [3] Cabrera, J.G & Hamzah, M.O., 1996. Aggregate Grading Design For Porous Asphalt. London.
- [4] Diana, 1995. Aspal Porus. Fakultas Teknik, UNILA, Bandar Lampung.
- [5] Jauhari, 2013. Karakteristik Marshall Test Pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang Dan Buton Natural Asphalt, Makasar.
- [6] Mashuri, 2010. Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Pengikat Yang Ditambahkan Styrofoam. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil SMARTek, ISSN 1693-0460, Vol. 8 No.1 Palu.
- [7] Putri, E.E. dan Syamsuwirman, 2016. Tinjauan Subtitusi Styrofoam Pada Aspal Pen.60/70 Terhadap Kinerja Campuran AsphaltConcrete - Wearing Course (AC-WC). Jurnal Teknik Sipil. ISSN 2088-9321, Volume 6, No. 1.
- [8] Putri, 2018. *The Effect Of Styrofoam Addition Into HRS-Base On Marshall Characteristics*. Jurnal Teknik Sipil. ISSN 2088-5334, Volume 8, No. 5.
- [9] Sukirman, S., 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Granit, Jakarta.
- [10] Saleh, S.M, Anggraini, R, Aquina, H., 2014. Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70. Jurnal Teknik Sipil, ISSN 0853-2982, Vol. 21 No. 3.

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 27-01-2020 | Selesai Revisi : 17-04-2020 | Diterbitkan Online : 28-04-2020

---