

“Perendaman Produk Minyak Bumi Terhadap Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan *Styrofoam* sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70”

Naura Shafiya Iswandi¹ Yusria Darna² Sofyan M. Saleh³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: shafiyanaura@gmail.com

Abstract

The use of materials by utilizing waste is an innovative method of pavement as the effort to increase the strength and durability of road construction. The durability of the asphalt mixture concerns its ability to withstand damage, one of them due to accidental spills of petroleum products, especially gasoline, diesel, oil, and aviation turbine (Avtur) which are transported by vehicles, thereby reducing the life span of the plan. The purpose of this research is to determine the characteristics of asphalt mixture penetration 60/70 which is substituted with 5% of styrofoam as a binder that can improve the quality of laston layer wear (AC-WC) mixture during the immersion period with petroleum products. The initial stage of this research is by searching for Optimum Asphalt Levels (KAO), then making test specimens with the addition of 5% of styrofoam to the asphalt weight by the dry mixing method. After the KAO is obtained at 6.05% then the test material is made with a gasoline, diesel, oil, and avtur soaking with an immersion duration of 3, 5, and 7 minutes which is tested through the Marshall Test. From the results of the research, the value of stability in normal mixed test specimens without immersion in petroleum products was 1165.05 kg. The lowest stability value obtained in the avtur soaked mixture for 7 minutes was 721.23 kg. There is a decrease in the value of stability with the duration of immersion.

Abstrak

Penggunaan material dengan memanfaatkan limbah merupakan metode inovasi perkerasan jalan dalam upaya peningkatan kekuatan dan keawetan pada konstruksi jalan. Keawetan campuran aspal menyangkut kemampuannya untuk bertahan terhadap kerusakan salah satunya akibat ketidaksengajaan tumpahan produk minyak bumi khususnya bensin, solar, oli dan avtur yang diangkut oleh kendaraan, sehingga dapat mengurangi umur rencana. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik campuran aspal penetrasi 60/70 yang disubstitusikan dengan styrofoam 5% selama masa perendaman dengan produk minyak bumi. Tahap awal penelitian ini dengan mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan penambahan styrofoam sebesar 5% terhadap berat aspal dengan metode pencampuran kering. Setelah KAO diperoleh sebesar 6,05% kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan rendaman bensin, solar, oli dan avtur dengan durasi perendaman 3 menit, 5 menit dan 7 menit yang di uji melalui Marshall Test. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas pada benda uji campuran normal tanpa perendaman produk minyak bumi sebesar 1165,05 kg. Nilai stabilitas terendah diperoleh pada campuran yang direndam avtur selama 7 menit adalah sebesar 721,23 kg. Terjadi penurunan nilai stabilitas dengan lamanya durasi perendaman.

Kata kunci : *Styrofoam 5%, Aspal Penetrasi 60/70, Perendaman Produk Minyak Bumi, (AC-WC).*

1. Pendahuluan

Jalan mempunyai peranan dalam pengembangan wilayah, baik nasional, regional, maupun kabupaten/kota sesuai dengan fungsi jaringan tersebut dan sangat penting bagi kebutuhan hidup masyarakat. Pada hakikatnya persyaratan suatu jalan dapat menyediakan konstruksi yang kuat serta lapisan permukaan yang selalu rata, sehingga bisa menjamin keamanan serta kenyamanan yang tinggi untuk pelayanan yang cukup lama. Salah satu penyebab utama penurunan kekuatan dan kerusakan pada perkerasan lentur jalan raya ialah rendahnya keawetan dan kekuatan pada lapisan aus (AC-WC).

Hal-hal yang dapat mempengaruhi keawetan konstruksi jalan adalah beban lalu lintas, material konstruksi, perubahan cuaca, serta ketidaksengajaan akibat tumpahan produk minyak bumi khususnya oli, bensin, dan solar yang berada pada tangki kendaraan yang tumpah ke permukaan jalan setiap harinya sehingga dapat

merusak permukaan jalan sehingga dapat mengurangi masa pelayanan jalan dan umur rencana.

Masuknya salah satu bahan produk minyak bumi yaitu bensin, solar maupun oli ke dalam suatu campuran aspal dalam keadaan tertentu bisa mengakibatkan hilangnya kelekatan antar agregat dan aspal sehingga terjadi proses pelepasan aspal dari permukaan agregat. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja perkerasan lentur serta durabilitas yang rendah. Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas campuran aspal yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan bahan tambah (*additive*) ke dalam aspal. Dengan menggunakan limbah *styrofoam* sebagai bahan pengikat diharapkan dapat meningkatkan stabilitas campuran lapisan perkerasan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran beton aspal yang memakai aspal penetrasi 60/70 dengan substitusi *styrofoam* selama masa perendaman minyak bumi (solar, bensin, avtur, dan oli)

dan untuk mengetahui waktu maksimum perendaman terhadap campuran beton aspal (AC-WC) pada aspal pen. 60/70 dengan substitusi *styrofoam* dalam produk minyak bumi yang masih memenuhi standar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada campuran beton lapis aus tanpa substitusi *styrofoam*, diperoleh kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,05%. Pada penggunaan *styrofoam* 5% sebagai substitusi aspal pen 60/70 didapat KAO terbaik dengan nilai stabilitas sebesar 1165,05 kg pada kadar aspal 6,05%. Hasil penelitian dengan rendaman produk minyak bumi menunjukkan bahwa nilai stabilitas menurun dari kondisi normal. Produk minyak bumi yang paling mempengaruhi penurunan nilai stabilitas adalah avtur yang direndam selama 7 menit sebesar 721,23kg dan mengalami penurunan dari kondisi normal sebesar 38,1%. Nilai durabilitas diperoleh dari rendaman produk minyak bumi tidak sesuai dengan syarat spesifikasi umum Bina Marga 2010 revisi 4 tahun 2018 yaitu $\geq 90\%$ maupun nilai durabilitas yang diisyaratkan oleh AASHTO[1] yaitu $\geq 75\%$.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Bahan Campuran Beton Aspal

2.1.1 Aspal

Aspal adalah senyawa hidrokarbon yang dibentuk dari unsur-unsur *resins*, *asphathenes*, dan *oils* yang berwarna coklat gelap atau hitam pekat. Aspal dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada lapis perkerasan antara agregat agar dapat membentuk suatu campuran yang padu, sehingga mampu memperkuat tiap-tiap agregat menurut *Kerbs and Walker*[2]. Aspal pada temperatur ruang bentuk padat sampai bersifat *termoplastis* dan sedikit padat. Maka dari itu aspal akan mencair jika temperatur menurun (Sukirman)[3].

2.1.2 Agregat

Definisi agregat berdasarkan ASTM (1974) merupakan bahan yang terdiri dari mineral padat berupa fragmen-fragmen. Persyaratan agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm) agregat haruslah keras, awet, bersih, dan bebas dari kandungan tanah lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus berdasarkan persyaratan merupakan batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) terdiri atas hasil pemecahan batu/pasir alam berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018).

2.1.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan mineral yang didapatkan dari hasil mesin *stone crusher* dan sampingan pabrik-pabrik semen dengan ukuran partikel $< 0,075$ mm (lolos saringan No. 200).

2.2 Lapisan Aspal Beton

Lapisan Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) mampu memberikan sumbangan daya dukung dan mempunyai tekstur yang halus mampu melindungi konstruksi dibawahnya karena lapisan tersebut kedap air. Lapisan aspal beton diharapkan dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi sebagai lapis permukaan. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga [4] telah ditentukan mengenai sifat-sifat dari campuran Laston (AC) diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC

Sifat-sifat Campuran	Laston (AC)	AC-WC Mod
Jumlah tumbukan perbidang	75	75
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15
Rongga terisi aspal (%)	Min	65
	Maks	800
Stabilitas Marshall (kg)	Min	-
	Maks	2
Pelelehan (mm)	Min	4
	Maks	250
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	-
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2

2.3 Perencanaan Campuran Beton Aspal

2.3.1 Gradasi rencana

Agregat yang bergradasi baik yaitu agregat yang dipakai pada perencanaan campuran aspal (AC-WC). Bersumber pada Spesifikasi Umum Bina Marga mengenai spesifikasi gradasi untuk perkerasan laston lapis aus (AC-WC) adalah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Gradasi Agregat (AC-WC)

Ukuran ayakan		% Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	AC-WC
¾"	19	100
½"	12,5	90-100
3/8"	9,5	77-90
	No.4	4,75
No.8	2,36	33-53
No.16	1,18	21-40
No. 30	0,6	14-30
No. 50	0,3	9-22
No. 100	0,15	6-15
No. 200	0,075	4-9

2.3.2 Kadar aspal rencana

Sebelum kadar aspal optimum didapatkan dibutuhkan nilai kadar aspal untuk awal perencanaan dalam rancangan campuran beraspal. Kadar aspal ideal dapat ditetapkan dengan rumus (P_b) dari persamaan dibawah ini:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \dots \dots \dots 1)$$

Dimana:

P_b = kadar aspal tengahs

CA = tertahan saringan No.8;

FA = lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 200;

Filler = lolos saringan No. 200;

K = konstanta 0,5–1 untuk lapis AC-WC (0.75)

3. Metode Penelitian

Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Material Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dan di Laboratorium Material Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Aceh. Kerikil pecah yang dihasilkan oleh PT. Dana Dinamika Persada yang bertempat di Leupung Baleu, Kabupaten Aceh Besar adalah agregat yang digunakan pada penelitian ini. Aspal yang dipakai adalah aspal penetrasi 60/70 yang dihasilkan oleh PT. Pertamina. *Styrofoam* yang digunakan adalah limbah plastik pembungkus makanan. Semen *Portland* yang dihasilkan oleh PT. Lafarge Cement Indonesia juga digunakan sebagai bahan pengisi pada penelitian ini.

3.1 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

AC-WC dilakukan pengujian pada benda uji. Pengujian benda uji menggunakan metode Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA dan *Marshall Quotient* seperti yang terlihat pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 3 Menentukan nilai KAO melalui metode Marshall

KadarAspal Pen 60/70	Kode Benda Uji	Total
Pb - 1,0%	KA ₀₁₁ KA ₀₁₂ KA ₀₁₃	3
Pb - 0,5%	KA ₀₂₁ KA ₀₂₂ KA ₀₂₂	3
Pb	KA ₀₃₁ KA ₀₃₂ KA ₀₃₃	3
Pb + 0,5%	KA ₀₄₁ KA ₀₄₂ KA ₀₄₃	3
Pb + 1,0%	KA ₀₅₁ KA ₀₅₂ KA ₀₅₃	3
Jumlah		15

Tabel 4 Benda Uji Nilai Kadar Aspal Optimum dengan Penambahan *Styrofoam* 5%

Kadar Aspal Pen 60/70	Kode Benda Uji	Total
KAO - 0,5%	KA ₀₂₁ KA ₀₂₂ KA ₀₂₂	3
KAO	KA ₀₃₁ KA ₀₃₂ KA ₀₃₃	3
KAO + 0,5%	KA ₀₄₁ KA ₀₄₂ KA ₀₄₃	3
Jumlah		9

Tabel 5 Benda uji dengan Menggunakan Substitusi *Styrofoam* (5%) Terhadap Perendaman Minyak Bumi

Waktu Perendaman	Jumlah Benda Uji					
	Bensin	Solar	Oli	Avtur		
3 Menit	B ₁₁ B ₁₂ B ₁₃	S ₁₁ S ₁₂ S ₁₃	O ₁₁ O ₁₂ O ₁₃	A ₁₁ A ₁₂ A ₁₃	12	
5 Menit	B ₂₁ B ₂₂ B ₂₃	S ₂₁ S ₂₂ S ₂₃	O ₂₁ O ₂₂ O ₂₃	A ₂₁ A ₂₂ A ₂₃	12	
7 Menit	B ₃₁ B ₃₂ B ₃₃	S ₃₁ S ₃₂ S ₃₃	O ₃₁ O ₃₂ O ₃₃	A ₃₁ A ₃₂ A ₃₃	12	
	Jumlah					36

Tabel 6 Rekapitulasi Rencana keseluruhan jumlah benda uji

Jumlah Benda Uji	Total
Benda Uji Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (Aspal Penetrasi 60/70)	15
Benda Uji Nilai Kadar Aspal Optimum+ <i>Styrofoam</i> 5%	9
Benda Uji Dengan Menggunakan Kadar Aspal Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Substitusi <i>Styrofoam</i> (5%) Terhadap Perendaman Minyak Bumi	36
Benda uji durabilitas dengan rendaman 30 menit dan 24 jam	24
Jumlah	84

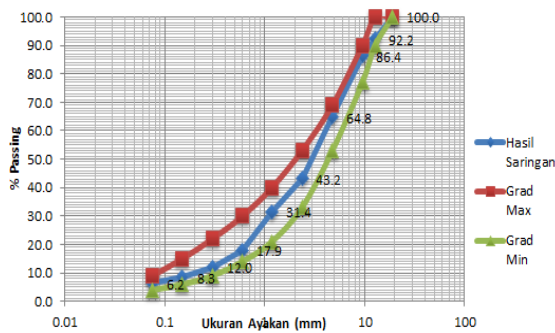
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pemeriksaan Gradasi

Analisa saringan dilakukan untuk pemeriksaan gradasi agregat. Penyesuaian gradasi agregat perlu dilakukan agar agregat tersebut termasuk ke dalam persyarataan yang ditentukan, agregat harus memenuhi gradasi yang direncanakan agar dapat digunakan secara langsung Penyesuaian gradasi untuk komposisi campuran pembuatan benda uji pada Tabel 7.

Tabel 7 Gradasi Rencana (AC-WC)

Ukuran Saringan		Lapisan Beton Aspal (AC-WC)			
		% Berat yang lolos		% Berat yang tertahan	
Saringan	Ukuran (mm)	Spesifikasi	Gradasi Uji Rencana	Tertahan	Kumulatif
3/4"	19,0	100	100,0		
1/2"	12,5	90 – 100	92,2	7,8	7,82
3/8"	9,5	77 – 90	86,4	5,8	13,60
No. 4	4,75	53 – 69	64,8	21,6	35,25
No.8	2,36	33 – 53	43,2	21,6	56,80
No. 16	1,18	21 – 40	31,4	11,8	68,59
No. 30	0,60	14 – 30	17,9	13,5	82,13
No. 50	0,30	9 – 22	12,0	5,8	87,98
No. 100	0,15	6 – 15	8,3	3,7	91,67
No. 200	0,075	4 – 9	6,2	2,1	93,78
Filler	0	0	0	21,6	35,25



Gambar 1 Grafik Gradasi Rencana Laston (AC-WC)

4.2 Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pengujian sifat fisis agregat mencakup pengujian berat isi agregat, berat jenis dan penyerapan air, indeks kepipihan, indeks kelonjongan, keausan agregat dengan mesin Los Angeles dan tumbukan Tabel 8.

Tabel 8 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

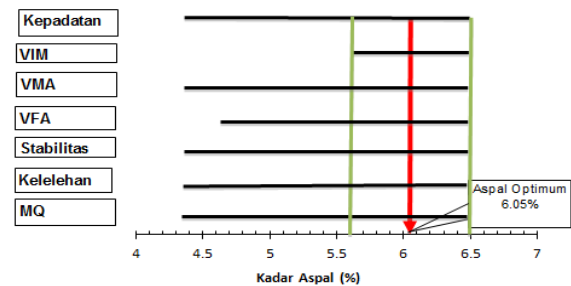
Pengujian	Standar	Nilai	Satuan	Hasil
Berat jenis	SNI 1969-2008	Min 2,5	-	2,80
Penyerapan terhadap air	SNI 1969-2008	Maks. 3%	%	0,263
Berat isi agregat	AASHTO T-19-74	Min 1%	Kg/dm	1,625
Indeks kelonjongan	ASTM D-4791	Maks. 10%	%	20,96
Indeks kepipihan	ASTM D-4791	Maks. 10%	%	27,35
Tumbukan (Impact)	SNI 03-4426-1997	Maks. 30%	%	7,71
Keausan agregat dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 40%	%	9,63

4.3 Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan (KAO)

Nilai parameter Marshall didapatkan berdasarkan hasil pengujian Marshall, yang terdiri atas *density*, VIM, VMA, VFA, *flow*, stabilitas, dan MQ. *Software Microsoft Excel* digunakan untuk analisis regresi. Rekapitulasi hasil pengujian diperlihatkan paada Tabel 9 dan Gambar 2.

Tabel 9 Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Karakteristik	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi BM (2018)
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Density (t/m ³)	2,44	2,42	2,46	2,45	2,44	-
VIM (%)	6,88	6,82	4,66	4,30	4,07	Min. 3 - 5
VMA (%)	17,55	18,58	17,79	18,56	19,44	Min 15
VFA (%)	60,94	63,41	74,39	76,95	79,16	Min. 65
Stabilitas (kg)	1321,72	1071,68	1108,75	929,05	1002,61	Min. 800
Flow (mm)	3,93	3,90	4,00	3,83	3,73	Min 2-4
MQ (kg/mm)	336,90	275,65	279,14	250,77	274,44	Min. 250



Gambar 2 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.4 Hasil Pengujian Marshall dengan Substitusi Styrofoam 5%

Nilai parameter Marshall terbaik didapatkan dari hasil pemeriksaan Marshall dan selanjutnya dipakai untuk pemeriksaan Marshall terhadap campuran dengan substitusi *styrofoam*. Pengujian Marshall dengan substitusi *styrofoam* diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Pengujian Marshall dengan Substitusi Styrofoam 5%

Karakteristik	Kadar Aspal (%)			Spesifikasi BM (2018)
	5,60%	6,05%	6,50%	
Density (t/m ³)	2,43	2,42	2,40	-
VIM (%)	3,84	3,58	3,46	Min. 3 – 5
VMA (%)	17,3	17,77	18,63	Min. 15
VFA (%)	77,49	79,91	81,49	Min. 65
Stabilitas (kg)	1148,78	1165,05	1140,89	Min. 1000
Flow (mm)	3,8	3,5	3,9	Min. 2 – 4
MQ (kg/mm)	304,15	341,86	298,44	Min. 300

4.5 Hasil Marshall dengan Perendaman Produk Minyak Bumi

Nilai parameter Marshall yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan *styrofoam* 5% terdiri dari *Density*, VMA, VIM, VFA, Stabilitas, *Flow*, dan MQ. Selanjutnya dilakukan pengujian Marshall pada benda uji akibat rendaman minyak bumi untuk diketahui penurunan kinerja. Berikut hasil pengujian Marshall dengan variasi waktu perendaman minyak bumi dapat dilihat pada Tabel 11 sampai Tabel 14.

Tabel 11 Hasil Uji Marshall Terhadap Rendaman Bensin

Karakteristik Campuran	Durasi Perendaman			Spesifikasi BM (2018)
	3 Menit	5 Menit	7 Menit	
Density (t/m^3)	2,42	2,43	2,43	-
VIM (%)	3,38	3,21	3,17	3 - 5
VMA (%)	17,60	17,45	17,42	Min. 15
VFA (%)	80,82	81,83	81,81	Min. 65
Stabilitas (kg)	1036,99	814,92	758,90	Min. 1000
Flow (mm)	2,96	4,00	4,17	2 - 4
MQ (kg/mm)	350,56	203,48	182,30	Min. 250

Tabel 12 Hasil Uji Marshall Terhadap Rendaman Solar

Karakteristik Campuran	Durasi Perendaman			Spesifikasi BM (2018)
	3 Menit	5 Menit	7 Menit	
Density (t/m^3)	2,41	2,41	2,43	-
VIM (%)	4,02	3,84	3,08	3 - 5
VMA (%)	18,15	18,00	17,35	Min. 15
VFA (%)	77,87	79,19	82,25	Min. 65
Stabilitas (kg)	1002,29	874,48	763,46	Min. 1000
Flow (mm)	3,77	3,90	4,03	2 - 4
MQ (kg/mm)	266,68	224,64	190,70	Min. 250

Tabel 13 Hasil Uji Marshall Terhadap Rendaman Oli

Karakteristik Campuran	Durasi Perendaman			Spesifikasi BM (2018)
	3 Menit	5 Menit	7 Menit	
Density (t/m^3)	2,43	2,43	2,43	-
VIM (%)	3,18	3,16	3,08	3 - 5
VMA (%)	17,43	17,42	17,35	Min. 15
VFA (%)	81,75	81,86	82,27	Min. 65
Stabilitas (kg)	1025,42	1021,18	894,53	Min. 1000
Flow (mm)	2,37	2,78	3,97	2 - 4
MQ (kg/mm)	434,94	418,48	227,44	Min. 250

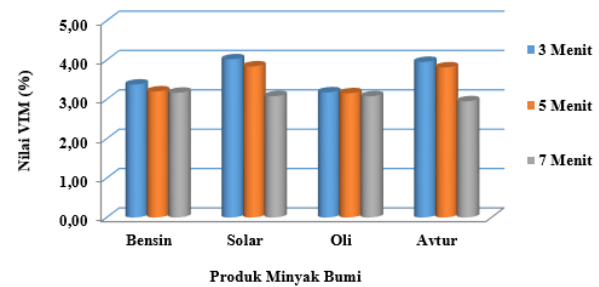
Tabel 14 Hasil Uji Marshall Terhadap Rendaman Avtur

Karakteristik Campuran	Durasi Perendaman			Spesifikasi Bina Marga 2014
	3 Menit	5 Menit	7 Menit	
Density (t/m^3)	2,41	2,41	2,43	-
VIM (%)	3,96	3,82	2,95	3 - 5
VMA (%)	18,09	17,98	17,24	Min. 15
VFA (%)	78,17	78,31	82,87	Min. 65
Stabilitas	925,19	888,69	721,23	Min. 1000
Flow (mm)	3,30	3,90	4,33	2 - 4
MQ (kg/mm)	294,80	235,75	166,51	Min. 250

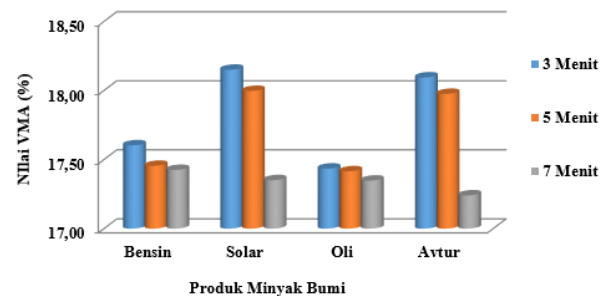
Berdasarkan hasil pengujian campuran beton aspal terhadap perendaman minyak bumi, pada substitusi *styrofoam* diperoleh waktu perendaman yang masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018) adalah 3 menit.

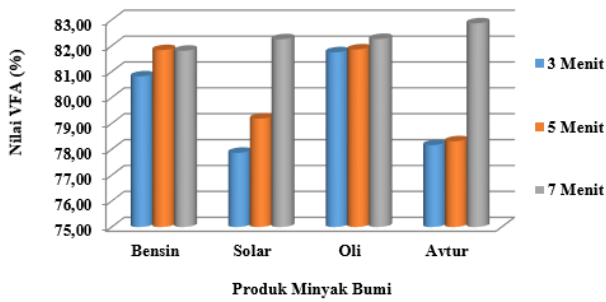
4.6 Hasil Tinjauan Parameter Marshall Atas Perendaman Produk Minyak Bumi

Setelah melakukan penelitian didapatkan hasil pengolahan data berupa kajian pengaruh substitusi

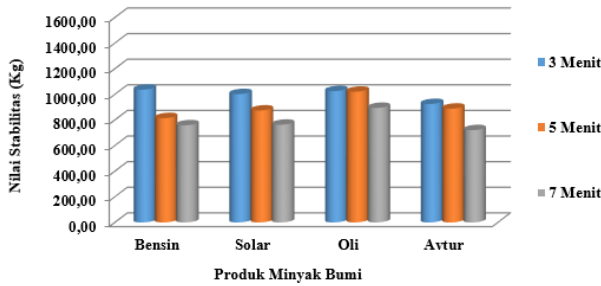


styrofoam dengan perendaman produk minyak bumi terhadap (AC-WC) pada KAO diperlihatkan pada Gambar 3 hingga Gambar 7.

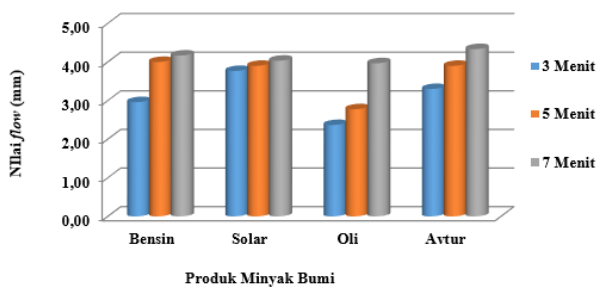
Gambar 3 Pengaruh Perendaman Produk Minyak Bumi terhadap Nilai VIM**Gambar 4 Pengaruh Perendaman Produk Minyak Bumi terhadap Nilai VMA**



Gambar 5 Pengaruh Perendaman Produk Minyak Bumi terhadap Nilai VFA



Gambar 6 Pengaruh Perendaman Produk Minyak Bumi terhadap Nilai Stabilitas



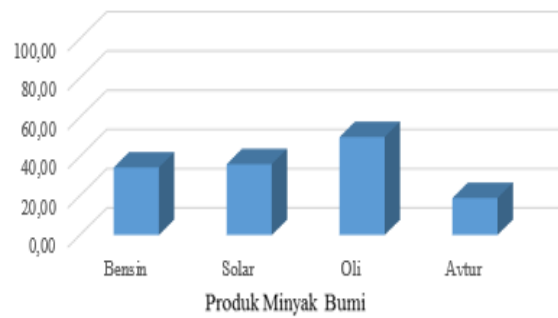
Gambar 7 Pengaruh Perendaman Produk Minyak Bumi terhadap Nilai Flow

4.7 Pengujian Durabilitas

Untuk mendapatkan nilai keawetan dari campuran aspal dilakukan pengujian durabilitas. Hasil pengujian durabilitas diperlihatkan pada Tabel 15 dan Gambar 8.

Tabel 15 Hasil Rekapitulasi Pengujian Durabilitas

Variasi Benda Uji	Rendaman	Rendaman	Hasil
	30 Menit	24 Jam	
(a)	(b)	(c)	(d)=c/b
Benda uji dengan dengan rendaman bensin	1264,01	434,91	34,40%
Benda uji dengan dengan rendaman solar	1302,31	469,98	36,09%
Benda uji dengan dengan rendaman oli	1220,70	609,61	49,94%
Benda uji dengan dengan rendaman avtur	1250,03	235,91	18,87%



Gambar 8 Hasil Pengujian Durabilitas Benda Uji

Berdasarkan pada gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai keawetan campuran beton aspal terhadap perendaman produk minyak bumi ini tidak mencapai syarat spesifikasi yaitu $\geq 90\%$, berarti campuran tidak memiliki nilai keawetan.

4.8 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian Marshall nilai stabilitas benda uji yang direndam selama 3 menit, 5 menit dan 7 menit mengalami penurunan dari kondisi normal. Semakin berkurangnya nilai stabilitas maka benda uji semakin tidak kuat dalam menerima beban akibat kendaraan. Begitu juga dengan nilai kelelahan (*flow*) yang semakin meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman. Meningkatnya nilai kelelahan akan mengakibatkan lapisan perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk.

Dari hasil pengujian benda uji dengan kadar aspal 6,05% ini terlihat bahwa lamanya perendaman sangat mempengaruhi penurunan kinerja campuran beton aspal. Produk minyak bumi yang paling mengakibatkan kerusakan yaitu pada rendaman avtur dengan durasi perendaman 7 menit dengan nilai stabilitas 721,23 kg yang mengalami penurunan sebanyak 38,1% dari kondisi campuran normal.

5. Kesimpulan

1. Campuran beton aspal yaang menggunakan substitusi *styrofoam* 5% telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas teratas terdapat pada campuran *styrofoam* 5% dengan kadar aspal 6,05% sejumlah 1165,05 kg
2. Menurut evaluasi karakteristik Marshall pada campuran AC-WC menggunakan substitusi *styrofoam* 5% pada rendaman produk minyak bumi niali stabilitas dan MQ cenderung menurun seiring lamanya durasi perendaman. Sedangkan nilai *flow* (kelelahan) benda uji meningkat dari kondisi tanpa perendaman produk minyak bumi.
3. Hasil penelitian pengaruh tumpahan produk minyak bumi menunjukkan bahwa nilai stabilitas menurun dari kondisi normal (tanpa perendaman produk minyak bumi). Pada pengujian ini avtur merupakan produk minyak bumi yang paling mempengaruhi penurunan nilai stabilitas yang

- direndam selama 7 menit dengan penurunan sebanyak 38,1% dari kondisi campuran normal.
4. Waktu perendaman pada campuran beton aspal menggunakan substitusi *styrofoam* 5% yang masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan adalah 3 menit.

6. Saran

1. Penulis menyarankan peneliti selanjutnya menggunakan agregat dengan indeks kepipihan dan kelonjongan yang memenuhi spesifikasi.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan substusi limbah plastik lainnya dengan variasi yang berbeda.

7. Daftar Pustaka

- [1] ASTHO. *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15thed. Washington, DC. 1990.
- [2] Kerb, R. D., and Walker, R. D. 1971. *Highway Materials*,. McGraw Hill Book Company, Virginia Polytechniv Institute and State University. USA,
- [3] Sukirman, S. 2009. *Pekerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova. Bandung.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga, *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 4 Divisi 6*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta, 2018.
- [5] Asphalt Institute, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*, Manual Series No. 2 (MS-2), Six Edition, Lixington, Kentucky, 1997.
- [6] Kurniawan, F. H. *Pengaruh Tumpahan Bahan Bakar Minyak dan Oil terhadap Kinerja Campuran Laston –Wc dengan Menggunakan Metode Marshall*, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, 2014.
- [7] Afra, L. *Pengaruh Substitusi Limbah Polyethylene Terephthalate (PET) dan Styrofoam Pada Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Rendaman Kotoran Sapi*, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala, Banda Aceh, 2018.
- [8] Sukirman, S. *Campuran Beraspal Panas*, Penerbit Granit, Bandung, 2003.