

DAMPAK SUBSTITUSI *POLYSTYRENE* (PS) KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI *FILLER* TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN AC-WC

Kusmira Agustian¹, Sofyan M. Saleh², Renni Anggraini³

¹⁾ Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 23111,
email : kusmiraagustian@gmail.com

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, email:
sofyan_saleh@yahoo.com², renni.anggraini@gmail.com³

Abstract: *Endurance of asphalt concrete pavement on traffic load and temperature depends on the type and composition of aggregates, asphalt and filler used. Many attempts have been made to improve the quality of the mixture, such as using modified asphalt. Modified asphalt made by mixing hard asphalt with addition material, such as: plastic, latex and second tires. In this study, the additional material used were plastic polystyrene (PS) as asphalt substitute material and rice husk ash as filler for 50% of the total weight of the filler in AC-WC mixture. Stone ash, cement and fly ash has been commonly used as a filler in asphalt mixture. But, the kind of filler was hard to find and the price were relatively expensive. Rice husk ash which has a specific gravity greater than asphalt, is expected to be one alternative. This study aims to determine impact of plastic substitution into asphalt pen. 60/70 as well as the use of rice husk ash and Portland cement combinations as filler to Marshall characteristics of AC-WC mixture. The early stages of this research is to find the optimum asphalt content (OAC). After OAC obtained then the specimens were mixed without and with substitution percentage variation of plastic PS 7%, 9% and 11% to the weight of asphalt. The results showed the use of plastic PS in the AC-WC mixture improve Marshall parameters, especially the value of stability and MQ. Highest MQ and stability value obtained in PS 11% mixture with asphalt content 6,80%, those were 2761.96 kg and 1105.76 kg/mm. No significant changes was found in the density, VMA and VFA value for all substitution percentage variation of PS. Flow value decreased by the increasing percentage of PS, while the VIM value tended to increase. The durability value of AC-WC mixture with and without PS substitution had met the requirements, those were $\geq 90\%$.*

Keywords : *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), Modified Asphalt, Polystyrene(PS)*

Abstrak: Ketahanan perkerasan beton aspal terhadap beban lalu lintas dan temperatur sangat tergantung pada jenis dan komposisi agregat, aspal serta *filler* yang digunakan. Banyak usaha telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas campuran, salah satunya dengan menggunakan aspal modifikasi. Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan bahan tambah yang dapat berupa plastik, *lateks* dan ban bekas. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah plastik jenis *polystyrene* (PS) sebagai bahan substitusi aspal serta penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* sebesar 50% dari berat total *filler* pada campuran AC-WC. Abu batu, semen dan *fly ash* sudah biasa digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal. Tetapi, jenis *filler* tersebut susah didapatkan dan harganya relatif mahal. Abu sekam padi yang memiliki berat jenis lebih besar dari aspal, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatifnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak substitusi plastik PS ke dalam aspal pen. 60/70 serta penggunaan *filler* kombinasi abu sekam padi dan semen portland terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Tahapan awal penelitian ini adalah mencari kadar aspal optimum (KAO). Setelah KAO didapat kemudian dilakukan pembuatan benda uji tanpa dan dengan substitusi variasi persentase plastik PS sebesar 7%, 9% dan 11% terhadap berat aspal. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan plastik PS pada campuran AC-WC dapat membantu meningkatkan parameter Marshall, terutama nilai stabilitas dan MQ. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi didapat pada campuran PS 11% dengan kadar aspal 6,80% yaitu 2761,96 kg dan 1105,76 kg/mm. Nilai *density*, VMA dan VFA tidak terjadi perubahan yang besar untuk semua substitusi variasi persentase PS. Nilai *flow* mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase PS, sedangkan nilai VIM cenderung meningkat. Untuk nilai durabilitas campuran AC-WC dengan dan tanpa substitusi PS telah memenuhi persyaratan yaitu $\geq 90\%$.

Kata kunci : Campuran AC-WC, Aspal Modifikasi, *Polystyrene*(PS)

Campuran beraspal dapat dimodifikasi dengan menambahkan beberapa macam zat tambahan, mulai dari aditif bahan kimia, bahan alam dan sisa limbah. Seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan penduduk Indonesia, maka limbah yang dihasilkan pun berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk. Salah satu limbah yang banyak ditemui adalah limbah plastik. Plastik termasuk salah satu bahan polimer yang sulit untuk diuraikan oleh alam, sehingga diperlukan pemecahan masalah untuk mengurangi limbah tersebut. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah plastik tersebut adalah dengan menggunakannya sebagai bahan tambahan pada campuran aspal. Aspal yang dicampur dengan bahan tambahan plastik disebut aspal modifikasi polimer.

Campuran aspal dengan menggunakan aspal modifikasi polimer dapat meningkatkan ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan dan meningkatkan ketahanan dari kerusakan akibat penuaan sehingga dihasilkan pembangunan jalan yang lebih tahan lama serta dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan (Polacco, 2005). Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan beberapa jenis polimer terhadap karakteristik Marshall, salah satunya jenis *polystyrene* (PS).

Saleh (2014) meneliti tentang karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi *styrofoam* pada aspal penetrasi 60/70. Dari hasil yang didapat, nilai stabilitas campuran aspal semakin meningkat seiring dengan bertambahnya persentase *styrofoam* pada aspal. *Styrofoam* merupakan salah satu limbah plastik dari jenis PS.

Mashuri dan Batti (2011) menyatakan bahwa penggunaan *styrofoam* pada rentang 6,0 % sampai 12,0 % cenderung meningkatkan nilai stabilitas Marshall, sementara nilai durabilitas cenderung meningkat pada kadar *styrofoam* antara 6% sampai 10% dan cenderung menurun kembali pada kadar *styrofoam* diatas 10%, dimana variasi *styrofoam* yang digunakan adalah 6 %, 8 %, 10 % dan 12 %.

Selain itu, jenis *filler* yang biasa digunakan dalam campuran aspal yaitu abu batu, semen dan *fly ash*, akan tetapi jenis filler ini sulit didapat dan harganya relative mahal. Untuk itu perlu adanya inovasi baru dengan menggunakan alternatif bahan seperti abu sekam padi sebagai *filler* dalam campuran aspal sebagai upaya untuk mengurangi limbah. Lubis (2009) dalam penelitiannya tentang kajian penggunaan *filler* abu sekam padi untuk menguji durabilitas Laston, menyebutkan bahwa, nilai durabilitas campuran beraspal dengan *filler* abu sekam padi lebih tinggi dari pada *filler* semen.

Berdasarkan hipotesa diatas, maka perlu dilakukan penelitian terhadap pengaruh penggunaan limbah plastik PS sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik campuran AC-WC sebesar 7%, 9% dan 11% terhadap berat aspal dengan menggunakan filler kombinasi abu sekam padi dan semen portland masing-masing 50% dari berat total filler.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi adalah aspal yang

dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai modifikasi aspal yaitu polimer (*plastomer* dan *elastomer*).

Polystyrene (PS)

PS merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik (Ditwas Produk & Bahan Bahaya, 2008).

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang berat (Sukirman, 2003). Berdasarkan fungsinya, Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston lapis aus (AC-WC), Laston lapis pengikat (AC-BC) dan Laston lapis pondasi (AC-Base).

Laston lapis aus (AC-WC) merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan rata dan tidak licin.

Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran Laston (AC) dan Laston (AC-Mod) dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-
VIM (%)	3,0	5,0
VMA (%)	15	-
VFA (%)	65	-
Stabilitas Marshall (kg)	800	-
Flow (mm)	2	4
Marshall Quotient (kg/mm)	250	-
Stabilitas Marshall sisa (%)	90	-

Sumber: Bina Marga (2014)

Tabel 2. Ketentuan Sifat-sifat Laston (AC-Mod)

Sifat-sifat Campuran (AC-Mod)	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-
VIM (%)	3,0	5,0
VMA (%)	15	-
VFA (%)	65	-
Stabilitas Marshall (kg)	1000	-
Flow (mm)	2	4
Marshall Quotient (kg/mm)	300	-
Stabilitas Marshall sisa (%)	90	-

Sumber: Bina Marga (2014)

Agregat

Agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat merupakan komponen utama dari perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% berdasarkan persentase volume. (Sukirman, 2003).

Abu sekam padi

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari limbah sekam padi. Abu sekampadi mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu silika (SiO₂). Hasil pembakaran sekam padi menunjukkan bahwa kandungan SiO₂ mencapai 80-90% (Rianto, 2007).

Aspal

Menurut Sukirman (2003), aspal adalah material yang pada temperatur ruang ber-

bentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume.

Gradasi agregat

Gradasi agregat merupakan distribusi partikel agregat berdasarkan ukurannya yang saling mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci sehingga mempengaruhi stabilitas perkerasan (Bukhari, 2007).

Rincian gradasi agregat untuk campuran AC-WC sesuai spesifikasi teknis Bina Marga (2014) adalah seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Gradasi Agregat Laston Lapis Aus (AC-WC)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	AC-WC
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90 – 100
3/8"	9,5	77 – 90
No. 4	4,75	53 – 69
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

Sumber: Bina Marga (2014)

METODE PENELITIAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal. Setelah semua hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material dan sesuai dengan spesifikasi, maka dilakukan perencanaan pembuatan benda uji dan pengujian Marshall.

Pengujian material agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang

digunakan adalah batu kali yang dipecah dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang berasal dari Seulimum Kabupaten Aceh Besar, sedangkan *filler* yang digunakan berupa kombinasi abu sekam padi dan semen. Berat jenis abu sekam padi menggunakan data sekunder berdasarkan hasil penelitian Rianto (2007) yaitu sebesar 1,7 gr/cm³.

Pemeriksaan sifat fisis agregat yang dilakukan meliputi : berat jenis dan penyerapan, berat isi, kepipihan dan kelonjongan, kekekerasan, keausan dan kelekatan terhadap aspal.

Pengujian material aspal

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya baik dengan maupun tanpa substitusi limbah plastik sebelum digunakan. Aspal yang dipakai dalam penelitian ini yaitu aspal keras penetrasi 60/70. Untuk bahan substitusi yang digunakan adalah limbah plastik *polystyrene* (PS) berupa busa pembungkus alat-alat elektronik. Metode pencampuran dilakukan dengan terlebih dahulu memanaskan aspal murni, setelah aspal mencair, selanjutnya dicampur dengan limbah plastik PS yang telah dihancurkan sampai ukuran maksimal 2 x 2 mm² sesuai dengan kadar substitusi yang direncanakan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses pelarutan PS ke dalam aspal. Suhu pencampuran tidak boleh melebihi 180 °C agar sifat kohesi aspal tetap terjaga. Setelah aspal dan plastik PS menjadi homogen, selanjutnya dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisisnya yang meliputi berat jenis, penetrasi, daktilitas dan titik lembek.

Perencanaan Campuran Aspal Beton

Pemilihan gradasi agregat

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi teknis Bina Marga (2014) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Penentuan variasi kadar aspal

Variasi kadar aspal ditentukan berdasarkan pada kadar aspal awal perkiraan yang merupakan kadar aspal tengah/ ideal. Variasi yang digunakan sebanyak 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Untuk penelitian ini, berdasarkan gradasi perencanaan yang menghasilkan nilai kandungan untuk masing-masing fraksi sebesar : CA = 57%, FA = 36,5%, Filler = 6,5% dan konstanta yang diambil adalah 0,75. Maka kadar aspal tengah/ideal sebesar:

$$P_b = 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

$$P_b = 0,035(57) + 0,045(36,5) + 0,18(6,5) + 0,75$$

$$P_b = 1,99 + 1,64 + 1,17 + 0,75$$

$$P_b = 5,55\%$$

Kadar aspal tengah tersebut kemudian dibulatkan mendekati angka 0,5 sehingga menjadi 5,5 %. Maka variasi kadar aspal benda uji adalah 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 % dan 6,5 % terhadap berat total campuran.

Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Benda uji campuran AC-WC yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari empat kelompok yaitu:

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO).

2. Benda uji tanpa substitusi limbah plastic PS pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO.
3. Benda uji dengan substitusi PS sebesar 7%, 9% dan 11% pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO.
4. Benda uji dengan dan tanpa substitusi PS yang menghasilkan karakteristik Marshall terbaik untuk menghitung nilai durabilitas.

Setelah pembuatan benda uji selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan pengujian-pengujian Marshall sehingga diperoleh data untuk mengetahui karakteristik campuran AC-WC menggunakan aspal pen. 60/70 dan aspal modifikasi polimer serta kombinasi abu sekam padi dan semen portland sebagai *filler* masing-masing 50% dari berat total *filler*.

Banyaknya benda uji untuk mengetahui sifat-sifat campuran dan penentuan KAO dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Benda Uji untuk Menentukan KAO Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal	Kode Benda Uji	Jumlah
4,5%	A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₃	3 buah
5,0%	A ₂₁ , A ₂₂ , A ₂₃	3 buah
5,5%	A ₃₁ , A ₃₂ , A ₃₃	3 buah
6,0%	A ₄₁ , A ₄₂ , A ₄₃	3 buah
6,5%	A ₅₁ , A ₅₂ , A ₅₃	3 buah
Jumlah		15 Buah

Setelah didapat KAO dengan metode *overlapping*, maka dibuat benda uji pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO tanpa substitusi PS sebagai benda uji pembanding dan dengan substitusi variasi persentase PS pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO. Limbah plastik dicampurkan pada kadar aspal tersebut, sehingga kadar aspal dalam campuran tetap untuk semua variasi persentase.

Untuk jumlah benda uji tanpa substitusi PS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Benda Uji tanpa Substitusi Plastik Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal	Kode Benda Uji	Jumlah
KAO – 0,5	B ₁₁ , B ₁₂ , B ₁₃	3 buah
KAO	B ₂₁ , B ₂₂ , B ₂₃	3 buah
KAO + 0,5	B ₃₁ , B ₃₂ , B ₃₃	3 buah
Jumlah		9 buah

Jumlah benda uji dengan substitusi PS dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Benda Uji dengan Substitusi Plastik Polystyrene (PS) Rendaman 30 Menit

Kadar PS	Kadar Aspal (%)	Kode Benda Uji	Jumlah
7%	KAO – 0,5	S _{A11} , S _{A12} , S _{A13}	9 buah
	KAO	S _{A21} , S _{A22} , S _{A23}	
	KAO + 0,5	S _{A31} , S _{A32} , S _{A33}	
9%	KAO – 0,5	S _{B11} , S _{B12} , S _{B13}	9 buah
	KAO	S _{B21} , S _{B22} , S _{B23}	
	KAO + 0,5	S _{B31} , S _{B32} , S _{B33}	
11%	KAO – 0,5	S _{C11} , S _{C12} , S _{C13}	9 buah
	KAO	S _{C21} , S _{C22} , S _{C23}	
	KAO + 0,5	S _{C31} , S _{C32} , S _{C33}	
Jumlah			27 buah

Setelah didapat hasil pengujian dengan dan tanpa kadar % plastik PS pada benda uji, maka dipilih salah satu dari masing-masing kadar aspal dan kadar substitusi PS yang terbaik untuk diuji kembali pada rendaman 30 menit dan 24 jam untuk mendapatkan nilai durabilitas seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Benda Uji untuk Pengujian Durabilitas

Jenis Campuran Efektif	Jumlah Benda Uji	
	Rendaman 30 Menit	Rendaman 24 Jam
Tanpa substitusi limbah plastik	3 buah	3 buah
Dengan substitusi limbah plastik <i>Polystyrene</i> (PS)	3 buah	3 buah
Jumlah	6 buah	6 buah
		12 buah

Total benda uji keseluruhan dalam penelitian ini adalah sebagaimana disajikan

pada Tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8. Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan

Uraian	Jumlah
Benda uji untuk penentuan KAO	15 buah
Benda uji tanpa substitusi plastik <i>polystyrene</i> (PS) pada KAO dan $\pm 0,5$ KAO	9 buah
Benda uji dengan substitusi plastik <i>polystyrene</i> (PS) pada KAO dan $\pm 0,5$ KAO	27 buah
Benda uji untuk pengujian Durabilitas	12 buah
Jumlah	63 buah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat

Sifat-sifat Fisis yang diperiksa	Satuan	Hasil	Syarat
Berat Jenis	-	2,775	Min. 2,5
Penyerapan	%	1,119	Maks. 3
Berat Isi	kg/dm ³	1,656	Min. 1
Indeks Kepipihan	%	17,18	Maks. 10
Indeks Kelonjongan	%	15,80	Maks.10
<i>Impact</i>	%	8,94	Maks. 30
Keausan	%	15,00	Maks. 40
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	98	Min. 95

Dari hasil penelitian, sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi syarat, kecuali nilai indeks kepipihan dan kelonjongan yang berada diatas 10%, akan tetapi di dalam spesifikasi terdapat ketentuan yang menyatakan apabila terdapat ketidaksesuaian, nilai tersebut dapat ditolerir, apabila agregat memenuhi semua ketentuan lainnya, terutama hasil dari pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles* dan hasil pengujian *impact* telah memenuhi syarat.

Hasil pemeriksaan abu sekam padi

Hasil analisis saringan terhadap abu

sekam padi menunjukkan bahwa bahan pengisi (*filler*) tersebut tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton aspal. Hal tersebut dikarenakan material abu sekam padi lolos saringan no. 200 hanya sebesar 36,60%, kondisi tersebut tidak memenuhi persyaratan yaitu min. 75%. Penggunaan abu sekam padi dalam penelitian ini hanya fraksi yang lolos saringan no. 200 saja.

Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen. 60/70 murni maupun dengan substitusi PS memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal tersebut disajikan pada Tabel 10.

Grafik hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal dengan variasi persentase substitusi PS diperlihatkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa, semakin tinggi kadar plastik PS ke dalam aspal mengakibatkan semakin besar nilai berat jenis dan titik lembek aspal. Semakin tinggi berat jenis maka semakin sedikit kuatitas aspal dalam campuran. Peningkatan titik lembek menunjukkan aspal menjadi lebih keras, dapat diartikan bahwa semakin besar kadar substitusi PS ke dalam

aspal maka aspal akan semakin tahan terhadap perubahan suhu dan cuaca. Nilai penetrasi dan daktilitas semakin menurun pada kadar PS yang semakin besar. Penurunan ini menunjukkan bahwa aspal semakin keras dan cenderung bersifat getas setelah adanya substitusi plastik PS ke dalam aspal.

Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kadar aspal optimum (KAO) diperoleh adalah sebesar 6,30% yang memenuhi semua persyaratan parameter Marshall. Nilai KAO tersebut selanjutnya divariasikan menjadi tiga kadar aspal menjadi 5,80%; 6,30% dan 6,80%. Ketiga kadar aspal tersebut digunakan untuk pengujian karakteristik campuran AC-WC dengan dan tanpa substitusi plastik PS.

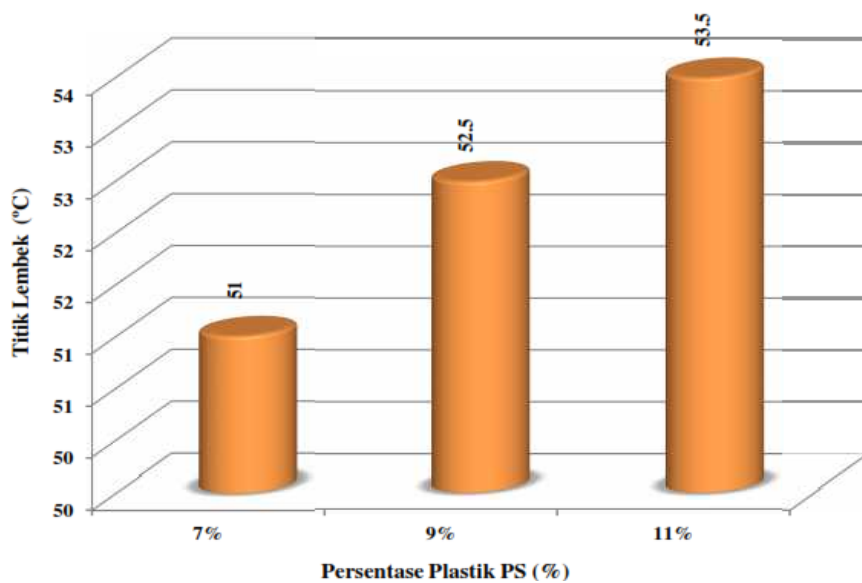
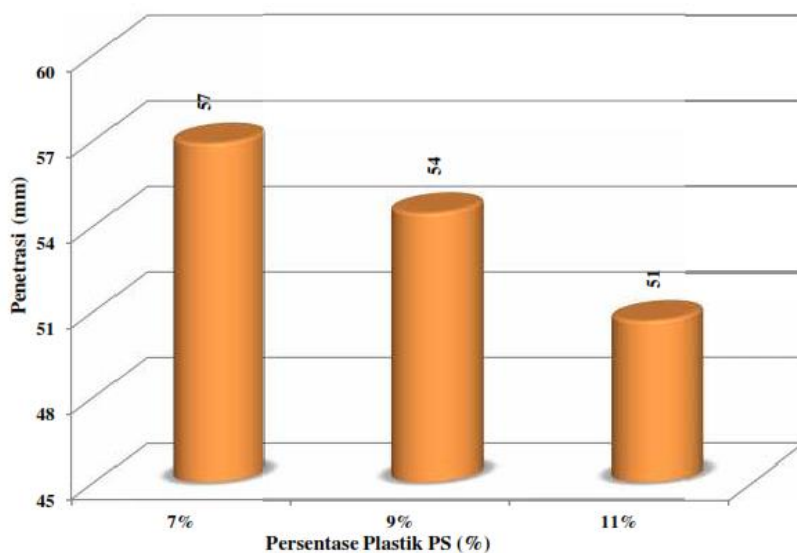
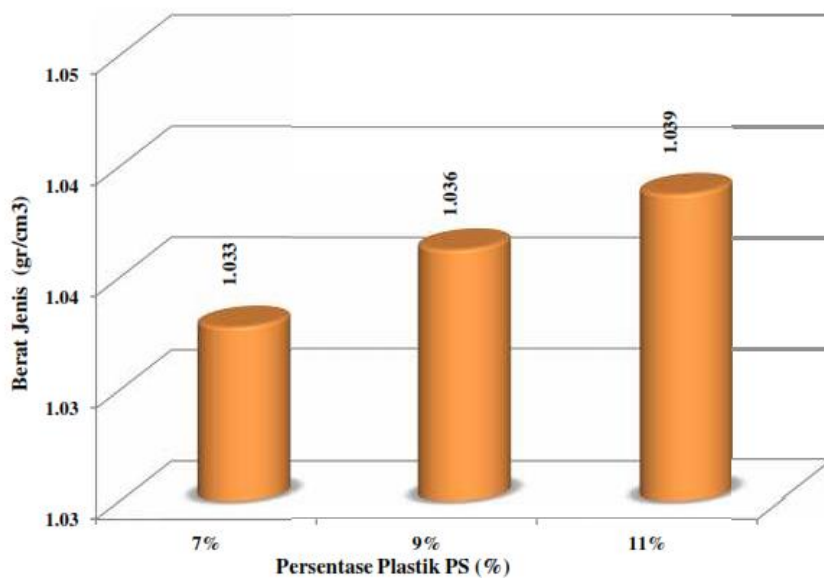
Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk penentuan KAO campuran AC-WC disajikan pada Tabel 11.

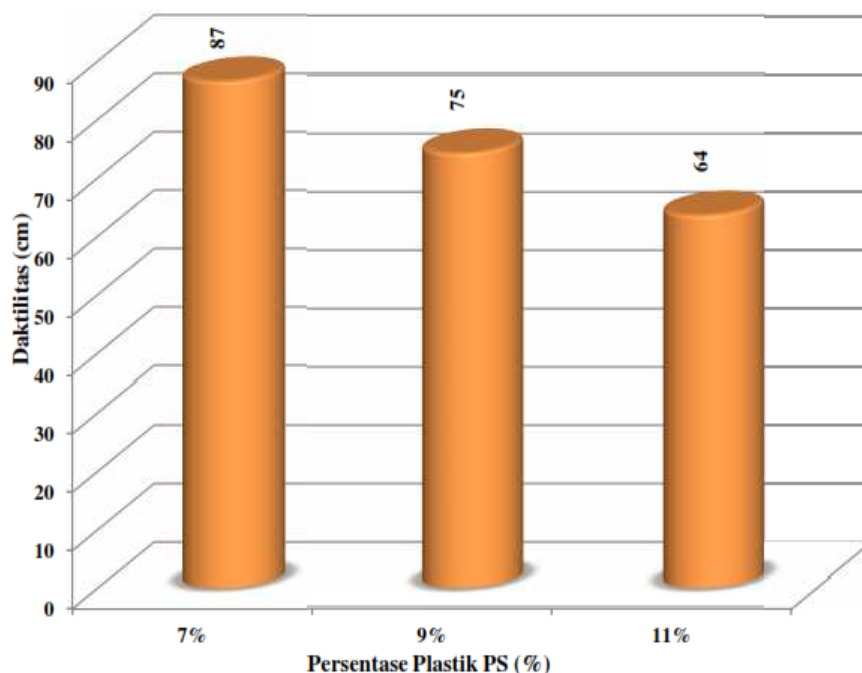
Hasil pengujian Marshall dengan substitusi plastik PS

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk substitusi variasi persentase plastik PS pada variasi kadar aspal dengan *filler* kombinasi abu sekam padi dan semen portland disajikan pada Tabel 12 s.d. Tabel 14 .

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal Pen. 60/70 dengan Subtitusi PS

Sifat-sifat Fisis Aspal	Kadar <i>Polystyrene</i> (PS)				Syarat
	0%	7%	9%	11%	
Berat jenis	1,020	1,033	1,036	1,039	Min. 1
Penetrasi, 25°C; 100 g; 5 detik; 0,1mm	64	57	54	51	50-70
Titik lembek, ° C	48	51	52,5	53,5	Min.48
Daktilitas, 25 ° C, cm	132	87	75	64	Min.50





Gambar 1. Pengaruh substitusi variasi persentase PS terhadap sifat-sifat fisis aspal pen. 60/7

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal Pen. 60/70

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept. PU (2014)
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,36	2,35	2,36	2,42	2,44	-
VIM (%)	9,42	9,06	7,99	4,90	3,18	3 - 5
VMA (%)	24,33	25,07	25,21	23,75	23,41	Min. 15
VFA (%)	61,31	63,86	68,34	79,37	86,43	Min. 65
Stabilitas (kg)	1742,49	1784,78	1725,57	1874,08	1980,87	Min. 800
<i>Flow</i> (mm)	1,88	1,98	2,13	2,58	3,03	2 - 4
<i>MQ</i> (kg/mm)	925,06	913,10	821,28	796,79	677,42	Min. 250

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal 5,80%

Karakteristik Campuran	Kadar PS (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	PS 7%	PS 9%	PS 11%	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,37	2,39	2,37	-
VIM (%)	7,45	6,59	7,48	3 - 5
VMA (%)	25,25	24,52	25,21	Min. 15
VFA (%)	70,51	73,14	70,36	Min. 65
Stabilitas (kg)	2558,75	2634,87	2687,74	Min. 1000
<i>Flow</i> (mm)	3,37	3,00	2,63	2 - 4
<i>MQ</i> (kg/mm)	759,85	879,22	1022,23	Min. 300

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal 6,30 %

Karakteristik Campuran	Kadar PS (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	PS 7%	PS 9%	PS 11%	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,38	2,40	2,38	-
VIM (%)	5,59	5,56	6,43	3 - 5
VMA (%)	25,09	24,71	25,37	Min. 15
VFA (%)	76,14	77,52	74,67	Min. 65

Stabilitas (kg)	2309,22	2458,83	2535,97	Min. 1000
Flow (mm)	3,60	3,30	2,83	2 - 4
MQ (kg/mm)	641,65	746,05	895,70	Min. 300

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal 6,80%

Karakteristik Campuran	Kadar PS (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	PS 7%	PS 9%	PS 11%	
Density (gr/cm ³)	2,42	2,39	2,39	-
VIM (%)	3,98	4,91	4,94	3 - 5
VMA (%)	24,51	25,20	25,19	Min. 15
VFA (%)	83,76	80,52	80,41	Min. 65
Stabilitas (kg)	2715,01	2739,92	2761,96	Min. 1000
Flow (mm)	2,73	2,60	2,50	2 - 4
MQ (kg/mm)	993,51	1055,88	1105,76	Min. 300

Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil penelitian, nilai *density* dari semua substitusi variasi persentase limbah PS pada variasi kadar aspal tidak jauh berbeda pada campuran AC-WC ini. Nilai *density* pada semua substitusi plastik PS telah memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$.

Nilai VIM dengan substitusi variasi plastik PS hanya pada kadar aspal 6,80% yang memenuhi syarat. Nilai VIM cenderung semakin besar seiring dengan peningkatan kadar PS dalam aspal. Hal ini disebabkan karena aspal semakin kental dan keras. Nilai VMA dari variasi kadar aspal dengan variasi substitusi PS tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada campuran aspal beton ini. Besar kecilnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti butir agregat, kadar aspal yang besar akan membentuk selimut butir agregat yang tebal, akibatnya rongga antar agregat semakin besar.

Nilai VFA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Meningkatnya nilai VFA disebabkan karena semakin banyak aspal yang digunakan, sehingga mengurangi komposisi

agregat yang terdapat di dalam campuran.

Nilai stabilitas cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar PS di dalam aspal. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada kadar aspal 6,80% dengan substitusi PS 11% yaitu sebesar 2761,96 kg. Peningkatan nilai stabilitas selain disebabkan karena semakin bertambahnya kadar substitusi PS, juga karena daya lekat aspal baik terhadap agregat maupun aspal itu sendiri semakin baik sehingga semakin kuat *interlocking* yang terjadi antar butiran.

Nilai *flow* terus mengalami penurunan pada semua substitusi persentase PS. Hal ini disebabkan semakin tinggi kadar PS ke dalam aspal mengakibatkan aspal dalam campuran menjadi lebih keras dengan nilai penetrasi menjadi lebih kecil dan titik lembek meningkat.

Nilai MQ terus meningkat seiring dengan semakin besarnya kadar PS dalam aspal. Besarnya nilai MQ yang diperoleh memberikan indikasi bahwa campuran aspal semakin kaku dan kurang lentur.

Hasil Perhitungan Nilai Durabilitas

Hasil pengujian dan perhitungan parameter Marshall campuran AC-WC tanpa dan dengan substitusi PS yang efektif terdapat pada kadar aspal 6,30% dan 6,80% dengan substitusi 11% PS. Berdasarkan hasil tersebut, selanjutnya dibuat benda uji untuk pengujian Marshall rendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu 60 °C untuk mendapatkan nilai durabilitas.

Durabilitas diperoleh dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit. Hasil perhitungan nilai durabilitas untuk kadar aspal efektif dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Rekapitulasi Nilai Durabilitas tanpa dan dengan Substitusi PS Efektif

Jenis Campuran Aspal	Stabilitas Rendaman	Stabilitas Rendaman	Nilai Durabilitas (%)
a	c	d	e = d/c x
Tanpa plastik	1883,88	1990,27	105,65
Dengan plastik PS	2740,61	2982,33	108,82

Nilai durabilitas dari campuran AC-WC dengan dan tanpa substitusi plastik PS efektif telah memenuhi persyaratan Dinas Bina Marga (2014) yaitu $\geq 90\%$.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Nilai stabilitas semakin meningkat dengan adanya bahan substitusi PS pada campuran aspal dibandingkan dengan tanpa PS.
2. Semakin besar persentase plastik PS dalam campuran, nilai VIM cenderung meningkat, sedangkan nilai *flow* dan VFA semakin menurun. Nilai *density* dan VMA tidak terjadi perubahan nilai yang besar.
3. Semakin besar plastik PS dalam campuran AC-WC, semakin meningkat nilai MQ.

Campuran aspal dengan plastik ini dapat meningkatkan kemampuan konstruksi jalan dalam menerima beban.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode pencampuran plastik cara kering dengan gradasi dan jenis plastik lain dengan variasi persentase yang berbeda.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- AASHTO, 1990, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 15thed, AASHTO, Washington, DC.
- Bukhari, dkk, 2007, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2014, Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 6. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ditwas Produk & Bahan Bahaya, 2008, Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam) (on line), InfoPOM : Badan POM RI.
- Lubis, Z., dan Agus, Z, 2009, Kajian Penggunaan Filler Abu Sekam Padi Untuk Menguji Durabilitas Laston, Jurnal Teknik, Volume 1 No. 2 Prodi T. Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan.
- Mashuri dan Batti, 2011, Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran

- Panas , Makalah Ilmiah Teknik Sipil
Mektek, Fakultas Teknik,
Universitas Tadulako, Palu.
- Pei-Hung, Y., 2000, A study of Potensial
use of Asphalt Containing Synthetic
Polymers for Asphalt Paving Mixes,
Hal. 2-10. USA: UMI.
- Polacco, G., Berlincioni, S. 2005. Asphalt
Modification with Different
Polyethylene Based Polymer.
European Polymer Journal 41.pp
2831.Italia.
- Rianto, R. H., 2007, Pengaruh Abu Sekam
Sebagai Filler Terhadap
Karakteristik Campuran Beton Aspal
Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR),
Tesis, Program Pasca Sarjana
Universitas Diponegoro, Semarang.
- Saleh, S.M., 2014, Karakteristik Campuran
Aspal Porus dengan Substitusi
Styrofoam pada Aspal Penetrasi
60/70, Jurnal Teknik Sipil, vol. 21,
no. 3, ISSN. 0853-2982.
- Sukirman, S, 2003, Beton Aspal Campuran
Panas,
Penerbit Granit, Bandung.