

UJI DURABILITAS CAMPURAN AC-WC MENGUNAKAN KOMBINASI LIMBAH PLASTIK DAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI *FILLER*

Ondriani¹, Sofyan M. Saleh², M. Isya³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: ondriani@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@unsyiah.ac.id², m_isya@unsyiah.ac.id³

Abstract: *The cause of damage and strength reduction on highway flexible pavement is the low strength and durability on the wear layer. To cope with this problem, it is necessary to add some particular additive that can increase the asphalt concrete performance. One of the additional material that can be used are plastic. Stone ash, cement and fly ash has been commonly used as a filler in asphalt mixture. But these kind of filler was hard to get and the price were relatively expensive. The coconut fiber ash which has a specific gravity greater than asphalt is expected to be one alternative. This research aims to determine the influence of plastic waste combination substitution into the asphalt pen. 60/70 and the use of coconut fiber ash as filler on AC-WC mixture performance. The plastic used in this research is polyethylene terephthalate, polypropylene and polystyrene. 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 the combination substitution of plastic waste as much as 2.7%; 4.7%; 6.7% against the weight of asphalt on OAC + 0.5% with and without the coconut fiber ash as a filler. The study results showed the use of plastic waste combination and the coconut fiber ash can not improve the durability value. The highest value of durability obtained at 4.7% combination substitution of plastic waste, it was 77.53%, While the lowest was in substitution of 6.7% plastic waste combination with 38.27% coconut fiber ash as a filler. The duration value of AC-WC mixture with plastic waste combination substitution and the use of coconut fiber ash filler did not meet the requirement that is > 90%*

Keywords : *Asphalt Concrete-Wearing Course, Plastic Waste Combination, Coconut Fiber Ash*

Abstrak: Penyebab kerusakan dan penurunan kekuatan perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapisan aus. Untuk menanggulangi hal ini dibutuhkan suatu bahan tambah yang dapat meningkatkan lapis aspal beton. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan adalah plastik. 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 serabut kelapa yang memiliki berat jenis lebih besar dari aspal, diharapkan dapat menjadi alternatifnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas campuran AC-WC menggunakan kombinasi limbah plastik dan abu serabut kelapa. Plastik yang digunakan pada penelitian ini adalah *Polyethylene Terephthalate*, *Polypropylene* dan *Polystyrene*. Tahap awal penelitian ini adalah mencari kadar aspal optimum (KAO). Setelah KAO didapat kemudian dilakukan pembuatan benda uji tanpa dan dengan substitusi kombinasi limbah plastik sebesar 2,7%; 4,7%; 6,7% terhadap berat aspal pada KAO + 0,5% tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai *filler*. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kombinasi limbah plastik tidak dapat meningkatkan nilai durabilitas. Nilai durabilitas tertinggi didapat pada substitusi kombinasi limbah plastik 4,7% yaitu 77,53% sedangkan yang terendah terdapat pada substitusi kombinasi limbah plastik 6,7% dengan *filler* abu serabut kelapa yaitu 38,27%. Nilai Durabilitas campuran AC-WC dengan substitusi kombinasi limbah plastik dan penggunaan abu serabut kelapa sebagai *filler* tidak memenuhi syarat yaitu $\geq 90\%$.

Kata kunci : Campuran AC-WC, Kombinasi Limbah Plastik, Abu Serabut Kelapa

Salah satu alasan utama kerusakan dan penurunan kekuatan perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapisan aus dan bahan ikat konstruksi perkerasan jalan. Untuk menanggulangi hal ini dibutuhkan suatu bahan tambah yang dapat meningkatkan lapis aspal beton. Salah satu bahan tambah yang dapat di gunakan adalah plastik. Plastik yang dapat digunakan adalah plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS).

Penelitian-penelitian terdahulu menjelaskan bahwa penambahan plastik kedalam campuran aspal dapat meningkatkan kualitas campuran. Widodo dkk (2014) menyatakan penambahan plastik PET dalam campuran AC-WC dengan variasi sebesar 2%; 4% dan 6% dari berat aspal dapat memperbaiki nilai stabilitas campuran. Saputra (2012) menyatakan penambahan plastik PP pada campuran aspal beton dengan variasi 0%-5% dapat meningkatkan stabilitas campuran. Aquina (2014) menjelaskan substitusi *styrofoam* ke dalam aspal penetrasi 60/70 dengan variasi 5%; 7% dan 9% cenderung meningkatkan nilai stabilitas seiring dengan peningkatan kadar *styrofoam*.

Berdasarkan beberapa penelitian tentang abu serabut kelapa (*coconut shell ash*), terlihat adanya persamaan dengan *fly ash* yang telah banyak digunakan sebagai *filler* untuk campuran beraspal. 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 serabut kelapa yang memiliki berat jenis lebih besar dari aspal, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatifnya.

Berdasarkan hipotesa di atas, maka dilakukan penelitian terhadap nilai durabilitas menggunakan kombinasi limbah plastik dan abu serabut kelapa. Penggunaan kombinasi limbah plastik yang digunakan sebesar 2,7%; 4,7% dan 6,7% terhadap berat aspal. Nilai kombinasi limbah plastik dari ketiga jenis plastik tersebut di dapat berdasarkan penelitian yang dilakukan Widodo (2014), Aquina (2014) dan Saputra (2012) dengan mengambil sepertiga dari masing-masing kadar plastik PET 2%; 4%; 6%, PS 5%; 7%; 9% dan PP 1%; 3%; 5% untuk selanjutnya dijumlahkan.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Laston Lapis Aus (AC-WC)

Lapisan AC-WC adalah sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air. (Sukirman, 1999). Ketentuan sifat-sifat campuran Laston (AC) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran (AC)	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-
VIM (%)	3	5
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)

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. Penggunaan polimer sebagai bahan untuk memodifikasi aspal terus berkembang di dalam dekade terakhir (Pei-Hung, 2000). Ketentuan sifat-sifat campuran Laston (AC-Mod) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

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

Sifat-sifat Campuran (AC-Mod)	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-
VIM (%)	3	5
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)

Plastik adalah istilah umum bagi polimer, jenis plastik yang dapat digunakan adalah plastik *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS).

Nurminah (2002) menjelaskan PET merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110 °C. PP merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 160°C (Nurminah, 2002). PS adalah sebuah polimer dengan monomer stirena, sebuah hidrokarbon cair yang dibuat

secara komersial dari minyak bumi (Mujiarto, 2015). Pada suhu ruangan, PS biasanya bersifat termoplastik padat, dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi.

Agregat

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

Abu Serabut Kelapa

Santosa, B (2009) telah melakukan pengujian mengenai abu serabut kelapa (ASK) dan memperoleh komposisi senyawa ASK (dalam satuan persen berat). Hasil penelitian silika oksida yang terdapat pada abu serabut kelapa (ASK) dapat bersifat reaktif 5 (amorphous) yang memungkinkan SiO₂ bereaksi secara kimia dengan Ca(OH)₂ atau kapur bebas hasil reaksi hidrasi semen dengan air.

Aspal

Menurut Sukirman (2003), aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume.

Durabilitas

Durabilitas (keawetan) merupakan

kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas, gesekan, serta keausan akibat cuaca dan iklim (Sukirman, 2003 : 77).

Gradasi agregat

Gradasi agregat merupakan distribusi partikel-partikel agregat berdasarkan ukurannya yang saling mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci (*interlocking*) sehingga dapat mempengaruhi stabilitas perkerasan (Bukhari, 2007). Gradasi agregat untuk campuran AC-WC seperti pada Tabel 3 berikut:

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

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 yang berasal dari Indrapuri Kabupaten Aceh Besar, sedangkan abu serabut kelapa berasal dari desa Puni yang berlokasi di Kabupaten Aceh Besar.

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

Pengujian material aspal

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya sebelum digunakan. Aspal yang dipakai dalam penelitian ini yaitu aspal keras penetrasi 60/70. 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. Variasi yang digunakan sebanyak 5 variasi yang masing-masing berbeda 0,5%. Kadar aspal tengah sebesar:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \quad (2.1)$$

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

Pb = 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 total berat campuran.

Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Benda uji campuran AC-WC yang dibuat pada penelitian ini adalah:

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO).
2. Benda uji tanpa substitusi kombinasi limbah plastik pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO.
3. Benda uji dengan substitusi kombinasi limbah plastik sebesar 2,7%; 4,7% dan 6,7% pada KAO + 0,5% dengan *filler* semen.
4. Benda uji dengan substitusi kombinasi limbah plastik sebesar 2,7%; 4,7% dan 6,7% pada KAO+0,5% dengan *filler* abu serabut kelapa.
5. Benda uji tanpa dan dengan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai *filler* untuk menghitung nilai durabilitas.

Jumlah benda uji untuk penentuan KAO dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Benda Uji untuk Menentukan KAO Rendaman 30 Menit

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

Setelah didapat KAO dengan metode *overlapping*, maka dibuat benda uji tanpa dan dengan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai *filler*. Jumlah benda uji tanpa substitusi kombinasi limbah plastik dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Benda Uji tanpa Substitusi Kombinasi Limbah Plastik Rendaman 30 Menit

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

Setelah diketahui nilai KAO maka dilakukan tes benda uji tanpa dan dengan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai *filler* dengan rendaman 30 menit, dengan jumlah benda uji masing-masing sebanyak 27 buah. Kemudian dilakukan tes durabilitas dengan rendaman 30 menit dan 24 jam. Jumlah benda uji untuk mendapatkan nilai durabilitas dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Benda Uji Pengujian Durabilitas

Jenis Campuran Efektif	Jumlah Benda Uji	
	Rendaman 30 Menit	Rendaman 24 Jam
Tanpa substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> semen	3 buah	3 buah
Substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> semen	3 buah	3 buah
Substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> abu serabut kelapa	3 buah	3 buah
Jumlah	9 buah	9 buah
		18 buah

Total benda uji keseluruhan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Jumlah Benda Uji Keseluruhan

Uraian	Jumlah
Benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO)	15 buah
Benda uji tanpa substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> semen pada KAO dan $\pm 0,5$ KAO	9 buah
Benda uji dengan substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> semen pada KAO $\pm 0,5$	27 buah
Benda uji dengan substitusi kombinasi limbah plastik dengan <i>filler</i> abu serabut kelapa pada KAO $\pm 0,5$	27 buah
Benda uji untuk pengujian Durabilitas	18 buah
Jumlah	96 buah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa sifat-sifat fisis material pembentuk campuran AC-WC dan evaluasi parameter Marshall untuk menentukan KAO, tanpa substitusi kombinasi limbah plastik pada KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO serta substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa pada KAO $\pm 0,5\%$.

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. 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
Kelekatatan 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% yaitu sebesar 17,18% dan 15,80%, akan tetapi di dalam spesifikasi Bina Marga 2006 uraian tentang agregat kasar terdapat ketentuan yang menyatakan apabila terdapat ketidaksesuaian, nilai tersebut dapat ditolerir.

Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal Pen. 60/70 meliputi: pemeriksaan berat jenis, penetrasi, titik lembek dan daktilitas. Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen. 60/70 dapat di lihat pada Tabel 9 berikut.:

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal Pen. 60/70

No.	Sifat-sifat Fisis Aspal	Satuan	Hasil	Spesifikasi Dept. PU (2014)
1.	Berat Jenis	-	1,020	Min. 1
2.	Penetrasi	(0,1 mm)	63.89	60 - 70
3.	Titik Lembek	°C	48.00	Min. 48
4.	Daktilitas	Cm	120.00	Min. 100

Pemeriksaan abu serabut kelapa

Penggunaan abu serabut kelapa pada penelitian ini hanya fraksi yang lolos saringan No. 200 saja. Abu serabut kelapa yang tidak lolos saringan no. 200 dapat dilakukan perlakuan khusus yaitu dengan cara ditumbuk agar dapat lolos saringan no. 200.

Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian, nilai

parameter Marshall dari variasi kadar aspal pen. 60/70, selanjutnya dianalisa untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO).

KAO yang diperoleh adalah sebesar 5,301% yang memenuhi semua persyaratan parameter Marshall. Nilai KAO tersebut selanjutnya divariasikan menjadi tiga kadar aspal menjadi 5,31% dan 5,81%. kadar aspal tersebut digunakan untuk pengujian karakteristik campuran AC-WC tanpa dan dengan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai

filler.

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-WC disajikan pada Tabel 10.

Hasil pengujian Marshall tanpa dan dengan substitusi kombinasi plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai filler

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk variasi persentase substitusi kombinasi limbahplastik tanpa dan dengan abu cakang kelapa sawit sebagai filler pada variasi kadar aspal disajikan pada Tabel 11 s.d. Tabel 13.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal Pen. 60/70

Karakteristik	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi	
	Campuran	4,50	5,00	5,50	6,00		6,50
Density (gr/cm ³)		2,42	2,45	2,47	2,49	2,48	-
VIM (%)		7,07	5,05	3,52	1,89	1,67	3 - 5
VMA (%)		22,49	21,88	21,70	21,45	22,34	Min. 15
VFA (%)		68,60	76,91	83,79	91,23	92,54	Min. 65
Stabilitas (kg)		1479,70	1276,61	1451,07	1427,89	1485,33	Min. 800
Flow (mm)		2,85	3,40	2,35	2,78	3,16	2 - 4
MQ (kg/mm)		552,64	375,26	622,09	565,65	472,89	Min. 250

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall tanpa substitusi kombinasi Plastik dengan Filler Semen pada KAO dam ± 0,5% KAO

Karakteristik Campu- ran	Kadar aspal			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	4,81%	5,31%	5,81%	
Density (gr/cm ³)	2,44	2,46	2,49	-
VIM (%)	5,78	4,18	2,35	3 - 5
VMA (%)	22,08	21,83	21,42	Min. 15
VFA (%)	73,83	80,85	89,02	Min. 65
Stabilitas (kg)	1591,33	1602,84	1488,16	Min. 800
Flow (mm)	3,23	3,13	3,37	2 - 4
MQ (kg/mm)	492,44	512,29	442,07	Min. 250

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan substitusi kombinasi plastik dengan *Filler* Semen pada Kadar Aspal 5,31%

Karakteristik Campuran	Kadar kombinasi plastik (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	2,70%	4,70%	6,70%	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,41	2,40	2,38	-
VIM (%)	6,26	6,86	7,41	3 - 5
VMA (%)	23,46	23,88	24,31	Min. 15
VFA (%)	73,33	71,36	69,57	Min. 65
Stabilitas (kg)	1543,80	1308,86	1456,11	Min. 1000
<i>Flow</i> (mm)	4,23	2,97	3,63	2 - 4
<i>MQ</i> (kg/mm)	372,73	441,97	405,10	Min. 300

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Substitusi Kombinasi Plastik dengan *Filler* Abu Serabut Kelapa pada Kadar Aspal 5,81%

Karakteristik Campu- ran	Kadar Kombinasi Plastik (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	2,70%	4,70%	6,70%	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,3	2,32	2,32	-
VIM (%)	7,57	6,79	6,89	3 - 5
VMA (%)	27,36	26,69	26,74	Min. 15
VFA (%)	72,36	74,69	74,24	Min. 65
Stabilitas (kg)	932,05	1376,83	2025,30	Min. 1000
<i>Flow</i> (mm)	4,27	6,17	3,33	2 - 4
<i>MQ</i> (kg/mm)	235,52	222,65	628,35	Min. 300

Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Dari hasil perhitungan menunjukkan nilai *density* pada semua jenis variasi persentase substitusi limbah plastik dan penggunaan abu serabut kelapa sebagai memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$.

Nilai VIM, VMA, stabilitas dan MQ semakin besar seiring penambahan persentase substitusi kombinasi limbah plastik ke dalam campuran serta penggunaan *filler* abu serabut kelapa. nilai VIM besar disebabkan aspal sebagai bahan pengisi pori-pori antar agregat menjadi lebih kental. Selain itu, penggunaan abu serabut kelapa dengan berat jenis yang lebih kecil dari semen mengakibatkan volume *filler* besar sehingga aspal tidak dapat

menyelimuti agregat dengan baik. Sedangkan besar kecilnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat.

Peningkatan nilai stabilitas pada campuran AC-WC ini disebabkan semakin bertambahnya kadar persentase substitusi kombinasi limbah plastik ke dalam campuran, akibatnya daya lekat aspal baik terhadap agregat maupun aspal itu sendiri semakin baik dan penggunaan *filler* Abu serabut kelapa pada kadar aspal yang cukup akan terjadi saling mengisi rongga-rongga campuran dengan baik. Nilai MQ yang terus meningkat memberikan indikasi bahwa campuran laston AC-WC semakin kaku dan kurang lentur.

Nilai VFA dan *Flow* semakin menurun

seiring dengan bertambahnya persentase substitusi kombinasi limbah plastik ke dalam campuran laston AC-WC serta penggunaan abu serabut kelapa sebagai filler. Menurunnya nilai VFA karena semakin banyak penambahan plastik kedalam campuran laston AC-WC menjadi aspal lebih kental. Nilai VFA juga dipengaruhi oleh penggunaan abu serabut kelapa yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari semen. Nilai Flow terus menurun akibat dari penambahan kombinasi limbah plastik ke dalam campuran laston AC-WC menjadi lebih keras dan getas. Penggunaan abu serabut kelapa pada campuran mengakibatkan berkurang sifat plastisnya.

Hasil Perhitungan dan Pembahasan Nilai Durabilitas

Hasil pengujian Marshall pada campuran AC-WC yang terbaik terdapat pada tanpa substitusi kombinasi plastik yaitu kadar aspal 5,31%. Berdasarkan hasil tersebut, selanjutnya dibuat benda uji pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai durabilitas dari campuran aspal tersebut. Hasil perhitungan nilai durabilitas untuk kadar aspal efektif dapat dilihat pada Tabel 14 berikut:

Tabel 14. Rekapitulasi Nilai Durabilitas

Jenis Campuran Aspal	Stabilitas Rendaman 30 Menit	Stabilitas Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
a	b	c	$e = c/b \times 100$
Tanpa substitusi plastik	1610,68	1493,81	92,74
Substitusi plastik	1600,01	1240,50	77,53
Substitusi plastik dengan ASK	1705,55	652,73	38,27

Tabel 14 menunjukkan bahwa nilai durabilitas campuran AC-WC yang didapatkan pada tanpa substitusi kombinasi plastik dengan semen sebagai filler yaitu 92,74%. Nilai durabilitas dengan substitusi kombinasi plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai filler yaitu 77,53% dan 38,27%. Nilai Durabilitas pada tanpa substitusi kombinasi plastik dengan semen sebagai filler memenuhi persyaratan yaitu > 90%, sedangkan nilai durabilitas dengan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai filler tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh Dinas Bina Marga 2010 revisi 3 tahun 2014. Tetapi nilai durabilitas 77,53% ini, masih memenuhi persyaratan yang disyaratkan oleh Dinas Bina Marga 2006 dan AASHTO 1993 yaitu > 75%.

Nilai durabilitas yang kecil pada campuran AC- WC ini karena nilai VIM, VMA yang didapat besar dan nilai VFA kecil. Artinya campuran AC-WC ini memiliki rongga-rongga yang besar sehingga air mudah masuk ke dalam pori campuran yang mengakibatkan sifat adhesi dan kohesi menjadi berkurang. Selain itu, rongga yang besar didalam campuran mengakibatkan banyak udara di dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara, menjadi getas, durabilitasnya menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis material

berupa agregat dan aspal pen. 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

2. Berdasarkan evaluasi parameter Marshall diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 5,31%. KAO tersebut divariasikan menjadi 3 kadar aspal yaitu KAO dan $KAO \pm 0,5\%$ menjadi 4,81%; 5,31% dan 5,81% untuk selanjutnya disubstitusi dengan variasi persentase kombinasi limbah plastik terhadap berat aspal.
3. Nilai durabilitas yang diperoleh masing-masing pada tanpa substitusi kombinasi limbah plastik dengan *filler* semen adalah 92,74% telah memenuhi syarat yaitu $\geq 90\%$, sedangkan pada substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai filler adalah 77,53% dan 38,27% tidak memenuhi syarat.

Saran

1. Pada penelitian ini menggunakan kadar aspal KAO dan $\pm 0,5\%$ KAO, untuk penelitian selanjutnya disarankan mengambil kadar aspal $KAO > 0,5\%$.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan plastik yang lebih kompleks dengan variasi persentase yang berbeda serta dapat menggunakan asbuton dan abu batu bara sebagai *filler* sehingga dapat diketahui kinerja dari campuran AC-WC.
3. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan Metode pencampuran yang sama yaitu cara kering dengan menggunakan gradasi berbeda.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- AASHTO, 1990, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 15th ed, AASHTO, Washington, DC.
- Bukhari, dkk, 2007, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2014, Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 6. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mujiarto, I, 2005, sifat dan karakteristik material plastic dan bahan aditif, Traksi Vol. 3 No. 2 Desember 2015.
- Nurminah, M, 2002, Penelitian Sifat berbagai bahan kemasan plastik dan kertas serta pengaruhnya terhadap bahan yang di kemas, Fakultas pertanian, Jurusan Teknologi Pangan, Universitas Sumatera Utara.
- Pei-Hung, Y., 2000, A study of Potensial use of Asphalt Containing Synthetic Polymers for Asphalt Paving Mixes, Hal. 2-10. USA: UMI.
- Santosa, 2009, Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Pengganti Semen Dengan Bahan Tambah Silikament, LN, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Sukirman, S, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S, 2003 Beton Aspal Campuran Panas, Penerbit Granit, Bandung.