

PEMANFAATAN *FILLER* ACKS DAN SUBSTITUSI PLASTIK KE DALAM ASPAL PADA CAMPURAN AC-WC

Roni Agusmaniza

Dosen Prodi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan
Akademi Komunitas Negeri Aceh barat

Jl. Iskandar Muda-Komplek STTU Alue Peunyareng, Meulaboh - Aceh Barat,

E-mail: roni@aknacehbarat.ac.id

Abstract

The quality of the asphalt mixture is very dependent on the composition of aggregate, asphalt and filler being used. The usual filler used in asphalt mixture is stone and ash fly ash. however, this filler is difficult to obtain and expensive. The palm oil shell ash (POSA) is expected to become the alternative. In addition, polimer modified asphalt can be used to improve the quality of asphalt mixtures. The polimer used was plastic wastes such as polyethylene terephthalate (PET), polystyrene (PS) and polypropylene (PP). this research aims to find out the use of POSA as filler and combination of plastic substitution into asphalt pen. 60/70 on AC-WC mixture. Manufacturing test object without and with the combination of plastic substitution amounted to 2.7%, 4.7%, 6.7% against the weight of asphalt on OAC \pm 0.5% without and with filler POSA. The results showed that the use of plastic combination and filler POSA on AC-WC mixture can improve Marshall parameter value, especially the value of stability and MQ. The highest stability and MQ value obtained in 6.7% plastic combination with filler POSA on 5.81% asphalt content were at 2318.99 kg and 889.57 kg/mm. VIM and VMA value tended to increase by increasing plastics percentage into the asphalt and the use of POSA, whereas the values of density, VFA, and flow tend to decrease. The durability value of AC-WC mixture without and with plastic combination had met requirement, at \geq 90%, while the use of ACKS as filler does not meet the requirements.

Keywords: Asphalt Concrete-Wearing Course, POSA, Modified Asphalt, Plastic Waste Combination.

Abstrak

Kualitas campuran aspal sangat tergantung dari penggunaan susunan filler, aspal dan agregat. *Filler* yang biasa digunakan dalam campuran aspal adalah abu batu dan *fly ash*. namun, *filler* ini sulit didapatkan dengan harganya lebih mahal. Abu cangkang kelapa sawit (ACKS) diharapkan dapat menjadi alternatifnya. Selain itu, untuk memperbaiki kualitas campuran aspal dapat menggunakan aspal modifikasi polimer. Polimer yang digunakan adalah limbah plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET), *polystyrene* (PS) dan *polypropylene* (PP). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan ACKS sebagai *filler* dan kombinasi substitusi plastik ke dalam aspal pen 60/70 pada campuran AC-WC. Pembuatan benda uji tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik sebesar 2,7%, 4,7%, 6,7% terhadap berat aspal pada KAO \pm 0,5% tanpa dan dengan *filler* ACKS. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kombinasi plastik serta *filler* ACKS pada campuran AC-WC dapat meningkatkan parameter Marshall, terutama nilai stabilitas dan MQ. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi didapat pada kombinasi plastik 6,7% dengan *filler* ACKS pada kadar aspal 5,81% yaitu 2318,99 kg dan 889,57 kg/mm. Nilai VIM dan VMA semakin meningkat seiring penambahan persentase plastik ke dalam aspal serta penggunaan ACKS, sedangkan nilai density, VFA, Flow cenderung menurun. Nilai durabilitas campuran AC-WC tanpa dan dengan kombinasi plastik memenuhi syarat yaitu $>$ 90%, sebaliknya penggunaan ACKS sebagai *filler* tidak memenuhi persyaratan.

Kata kunci: Campuran AC-WC, ACKS, Aspal Modifikasi, Kombinasi Limbah Plastik

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri sawit di Aceh yang terus meningkat mengakibatkan bertambahnya hasil dari pengolahan tandan buah segar yang menghasilkan limbah padat berbentuk cangkang dan serabut buah. Cangkang selanjutnya digunakan lagi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak kepala sawit. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat yang tidak dimanfaatkan, bahkan berpotensi menimbulkan gangguan terhadap kesehatan dan lingkungan.

Berdasarkan beberapa penelitian abu cangkang kelapa sawit (*palm oil shell ash*), terlihat ada persamaan dengan *fly ash* yang biasa digunakan sebagai *filler* untuk campuran aspal. *Fly ash*, abu batu dan semen sudah biasa digunakan sebagai *filler* dalam campuran beraspal. Tetapi, jenis *filler* ini susah didapatkan serta harganya relatif mahal. Abu cangkang kelapa sawit (ACKS) yang memiliki berat jenis lebih besar dari aspal, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatifnya.

Peyebab kerusakan dan penurunan kekuatan perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya daya ikat aspal terhadap agregat di dalam lapisan aus. Untuk menanggulangi hal tersebut dibutuhkan suatu bahan tambahan yang dapat meningkatkan daya ikat aspal terhadap agregat. Bahan tambahan yang dapat meningkatkan daya ikat aspal adalah plastik. plastik yang dapat digunakan adalah plastik jenis polyethylene terephthalate (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS).

Penelitian-penelitian terdahulu menjelaskan bahwa dengan penambahan plastik ke dalam 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 hipotesa diatas, maka perlu dibuat penelitian pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit (ACKS) dan kombinasi substitusi plastik sebesar 2,7%, 4,7%, 6,7% ke dalam aspal pen. 60/70 pada campuran laston AC-WC. Persentase Kombinasi limbah plastik sebesar 2,7%; 4,7% dan 6,7% terhadap berat aspal di dapatkan berdasarkan penelitian 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.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengujian material agregat

Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan untuk pengujian ialah batu sungai yang dipecahkan dengan mesin *stone crusher* yang berasal dari Kabupaten Aceh Besar, sedangkan *filler* berupa semen portland tipe I dan abu cangkang kelapa sawit (ACKS) diperoleh dari pabrik PT. Fajar Baizury & Brothers yang berlokasi di Kabupaten Nagan Raya. Pemeriksaan sifat fisis agregat meliputi: berat jenis dan penyerapan, kekerasan, keausan, berat isi, kelekatan terhadap aspal, kepipihan dan kelonjongan.

2.2 Pengujian material aspal

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya baik dengan maupun tanpa substitusi limbah plastik sebelum digunakan. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal keras pen. 60/70. Bahan kombinasi substitusi plastik yang dipakai adalah limbah plastik PET yaitu botol air mineral kapasitas 600-1500 ml, PP yaitu botol air mineral kapasitas 200-250 ml dan PS yaitu busa pembungkus alat-alat elektronik. Pencampuran dilakukan dengan memanaskan aspal, setelah aspal cair, selanjutnya dicampur limbah plastik yang telah dihancurkan maksimal ukuran

2 x 2 mm² sesuai kadar substitusi yang telah direncanakan. Setelah aspal panas dan kombinasi limbah plastik menjadi homogen, maka selanjutnya aspal modifikasi polimer ini diperiksa sifat materiilnya berupa titik lembek, daktilitas, berat jenis serta penetrasi.

2.3 Perencanaan Campuran

2.3.1 Gradasi agregat

Penggunaan gradasi agregat pada riset ini bersumber pada spesifikasi teknis Dinas Bina Marga revisi 3 (2014) ialah nilai tengah dari gradasi menerus.

2.3.2 Kadar aspal

Penentuan nilai aspal ideal yang merupakan persentase aspal awal perkiraan yang akan dijadikan aspal tengah untuk selanjutnya divariasikan persentase aspalnya. Penggunaan Variasi persentase aspal dengan masing-masing berbeda 0,5% sebanyak 5 variasi. Pada riset ini, nilai persentase hasil masing-masing perencanaan gradasi berjumlah : *Filler* = 6,5%, CA = 57%, FA = 36,5%, serta diambil nilai konstanta diambil ialah 0,75. sehingga nilai kadar aspal ideal yaitu:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots(2.1)$$

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

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

$$Pb = 5,55\%$$

Nilai aspal ideal digenapkan ke angka yang terdekat yaitu angka 0,5 maka hasil berubah menjadi 5,5%. Sehingga persentase aspal divariasikan pada benda uji ialah 6,5% 6%, 5,5%, 5%, serta 4,5% pada berat keseluruhan campuran.

2.4 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada campuran aspal beton ini berjumlah 96 buah yang terbagi kedalam lima kelompok ialah:

1. Benda uji untuk menentukan KAO dan *filler* semen pada persentase aspal 6,5% 6%, 5,5%, 5%, serta 4,5% masing-masing 3 buah benda uji (15 buah).
2. Benda uji tidak dengan kombinasi substitusi limbah plastik pada $\pm 0,5\%$ KAO serta KAO masing-masing 3 buah benda uji (9 buah).
3. Benda uji persentase kombinasi substitusi limbah plastik 2,7%, 4,7%, 6,7% pada $\pm 0,5\%$ KAO serta KAO dengan semen sebagai *filler* masing-masing 9 buah benda uji (27 buah).
4. Benda uji persentase kombinasi substitusi limbah plastik 2,7%, 4,7%, 6,7% pada $\pm 0,5\%$ KAO serta KAO dengan *filler* ACKS masing-masing 9 buah benda uji (27 buah).
5. Benda uji tidak dengan dan kombinasi substitusi limbah plastik tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler* yang menghasilkan karakteristik Marshall yang terbaik diuji lagi direndaman 24 jam dan 30 menit masing-masing 9 buah benda uji (18 buah) sehingga memperoleh nilai durabilitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang disajikan meliputi pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, pemeriksaan abu cangkang kelapa sawit (ACKS), pemeriksaan aspal pen. 60/70, parameter Marshall pada variasi persentase aspal untuk penentuan KAO, parameter Marshall tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler*.

3.1 Pemeriksaan agregat

Pemeriksaan sifat materiil agregat yang dipakai sudah memenuhi syarat, kecuali yang tidak memenuhi syarat ialah nilai indeks kelonjongan dan kepipihan diatas 10%. tapi dalam uraian tentang agregat dispesifikasi Dinas Bina Marga 2006 ada ketentuan yang menentukan bahwa bila tidak memenuhi syarat nilai indeks kelonjongan dan kepipihan bisa ditolerir, bila semua agregat yang digunakan sudah memenuhi syarat, yang utama yaitu dari pengujian abrasi

mesin Los Angeles. jadi penggunaan agregat pada campuran beton aspal ini dapat digunakan. Adapun hasil diperiksa sifat materiil dari agregat disajikan di Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pemeriksaan Sifat Materiil Agregat

Sifat Materiil Agregat	Satuan	Hasil	Syarat
<i>Specific gravity</i>	-	2,776	Min. 2,5
<i>absorption</i>	%	1,118	Maks. 3
Berat Isi	kg/dm ³	1,657	Min. 1
Indeks Kepipihan	%	17,19	Maks. 10
Indeks Kelonjongan	%	15,81	Maks. 10
<i>Impact</i>	%	8,93	Maks. 30
Kausan	%	15,01	Maks. 40
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	99	Min. 95

3.2 Pemeriksaan abu cangkang kelapa sawit

Abu cangkang kelapa sawit (ACKS) yang digunakan pada penelitian ini, hanya fraksi yang lolos saringan no. 200. ACKS yang tidak lolos saringan no. 200 dapat dihancurkan dengan cara ditumbuk sampai halus agar dapat lolos saringan no. 200.

3.3 Pemeriksaan aspal pen. 60/70

Pemeriksaan sifat materiil aspal penetrasi 60/70 dan aspal yang sudah di substitusi kombinasi limbah plastik terlihat bahwa aspal penetrasi 60/70 dan aspal modifikasi polimer bisa dipakai karena memenuhi syarat. Pemeriksaan sifat Materiil aspal dapat dilihat Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pemeriksaan Sifat Materiil Aspal Penetrasi. 60/70 dan Aspal Kombinasi Substitusi Plastik

Sifat Materiil Aspal	Kadar Kombinasi Plastik				Spesifikasi Dept. PU (2007)
	0%	2,7%	4,7%	6,7%	
<i>Specific gravity</i>	1,020	1,028	1,034	1,037	Min. 1
Pen. 25°C; 100 g; 5 detik; 0,1 mm	63,89	62,01	53,57	51,23	50 - 70
Titik lembek, ° C	48	49	49,51	52,51	Min. 48
Daktilitas, 25° C, cm	120	63,34	56,34	50,64	Min. 50

Dari tabel diatas, menunjukkan bahwa semakin bertambah kadar kombinasi substitusi limbah plastik ke dalam aspal menyebabkan semakin besar nilai berat jenis dan titik lembek aspal. Sebaliknya, kadar kombinasi substitusi limbah plastik yang semakin bertambah mengakibatkan nilai penetrasi dan daktilitas semakin menurun. menurunnya nilai penetrasi dan daktilitas menunjukkan bahwa aspal cenderung getas dan kenyal

3.4 Penentuan KAO dengan Pengujian Marshall

Pengujian Marshall didapat nilai MQ, stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA dan density dari persentase variasi aspal penetrasi 60/70 dianalisis guna mendapatkan nilai KAO. KAO didapatkan ialah sebesar 5,310% untuk parameter Marshall sudah semua memenuhi syarat pada campuran laston lapis aus. KAO sebesar 5,310% selanjutnya diragamkan ke tiga persentase aspal yaitu 4,81%, 5,31% dan 5,81%. Persentase aspal itu dipakai pada pengujian karakteristik campuran laston lapis aus dengan tidak dan substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler*. Adapun hasil pengujian dari Marshal guna mendapatkan KAO pada campuran laston lapis aus di Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian dari Marshall pada Variasi Persentase Aspal Penetrasi 60/70

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept. PU (2014)
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
Density (gr/cm ³)	2,42	2,46	2,48	2,50	2,49	-
VIM (%)	7,08	5,06	3,53	1,90	1,68	3 - 5
VMA (%)	22,50	21,89	21,71	21,46	22,35	Min. 15
VFA (%)	68,61	76,92	83,80	91,24	92,55	Min. 65
Stabilitas (kg)	1479,71	1276,62	1451,08	1427,90	1485,34	Min. 800
Flow (mm)	2,86	3,41	2,36	2,79	3,17	2 - 4
MQ (kg/mm)	552,65	375,27	622,10	565,66	470,54	Min. 250

3.5 Pengujian Marshall tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler*

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler* pada variasi kadar aspal disajikan pada Tabel 4 s.d. Tabel 6 berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Tanpa Kombinasi Substitusi Plastik dengan *Filler* Semen pada $\pm 0,5\%$ KAO dan KAO

Karakteristik Campuran	Kadar aspal			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	4,81%	5,31%	5,81%	
Density (gr/cm ³)	2,45	2,47	2,49	-
VIM (%)	5,79	4,19	2,36	3 – 5
VMA (%)	22,09	21,84	21,43	Min. 15
VFA (%)	73,84	80,86	89,03	Min. 65
Stabilitas (kg)	1591,34	1602,85	1488,17	Min. 800
Flow (mm)	3,24	3,14	3,38	2 – 4
MQ (kg/mm)	492,45	512,29	442,08	Min. 250

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Kombinasi Substitusi Plastik dengan Semen Sebagai *Filler* pada Persentase Aspal 5,81%

Karakteristik Campuran	Kadar kombinasi plastik (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	2,70%	4,70%	6,70%	
Density (gr/cm ³)	2,48	2,47	2,46	-
VIM (%)	3,01	3,59	3,88	3 - 5
VMA (%)	21,87	22,28	22,47	Min. 15
VFA (%)	86,29	83,89	82,79	Min. 65
Stabilitas (kg)	2012,03	2136,11	2173,32	Min. 1000
Flow (mm)	3,01	2,98	2,94	2 - 4
MQ (kg/mm)	673,95	723,27	744,59	Min. 300

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Kombinasi Substitusi Plastik dengan *Filler* Abu Cangkang Kelapa Sawit pada Persentase Aspal 5,81%

Karakteristik Campuran	Kadar Kombinasi Plastik (%)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
	2,70%	4,70%	6,70%	
Density (gr/cm ³)	2,38	2,38	2,38	-
VIM (%)	4,69	4,83	4,95	3 - 5
VMA (%)	25,11	25,15	25,21	Min. 15
VFA (%)	81,35	80,84	80,43	Min. 65
Stabilitas (kg)	2175,19	2213,58	2318,99	Min. 1000
Flow (mm)	2,91	2,74	2,64	2 - 4
MQ (kg/mm)	754,25	813,79	889,57	Min. 300

3.6 Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai density pada semua jenis variasi persentase kombinasi substitusi limbah plastik dan penggunaan ACKS sebagai filler memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$.

Nilai VIM, VMA, stabilitas dan MQ semakin besar dengan penambahan persentase kombinasi substitusi plastik ke dalam aspal serta penggunaan ACKS *filler*. nilai VIM besar disebabkan oleh aspal sebagai bahan pengisi pori-pori antar agregat dalam campuran menjadi lebih kental. ACKS yang mempunyai berat jenis kecil dari pada semen menyebabkan volume dari *filler* akan lebih besar yang akan mengakibatkan aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik. Kadar aspal yang menyelimuti agregat bisa mempengaruhi Nilai VMA, persentase kadar aspal lebih banyak akan membalut agregat yang tebal mengakibatkan rongga-raongga antara agregat semakin lebar dan besar. Begitu pula kebalikannya, persentase kadar aspal lebih rendah menghasil agregat yang di balut oleh aspal menjadi tipis mengakibatkan rongga-rongga antara agregat makin halus dan kecil.

Nilai stabilitas pada campuran AC-WC meningkat disebabkan semakin bertambahnya kadar persentase kombinasi substitusi limbah plastik ke dalam aspal, sehingga daya lekat aspal semakin baik terhadap agregat maupun aspal itu sendiri dan penggunaan ACKS sebagai *filler* dipersentase kadar aspal yang baik mengakibatkan aspal saling terisi dengan baik pada rongga-rongga campuran. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kombinasi substitusi limbah plastik 6,7% dengan ACKS sebagai *filler* pada kadar aspal 5,81% yaitu 2318,99 kg. Sedangkan Nilai MQ yang terus naik menunjukkan bahwa campuran aspal semakin kaku dan kurang lentur.

Nilai VFA dan Flow terus menurun dengan bertambahnya persentase kombinasi substitusi limbah plastik ke dalam aspal serta penggunaan ACKS sebagai *filler*. Menurunnya nilai VFA disebabkan semakin banyak penambahan plastik kedalam aspal menjadi aspal lebih kental. Penggunaan ACKS yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari semen dapat mempengaruhi Nilai VFA. Nilai Flow semakin menurun disebabkan oleh penambahan kombinasi substitusi limbah plastik ke dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas. Campuran laston lapis aus yang menggunakan ACKS sebagai *filler* dapat menyebabkan berkurang sifat plastisnya campuran.

3.7 Pembahasan Nilai Durabilitas

Pengujian Marshall pada campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) yang terbaik terdapat pada campuran tanpa kombinasi substitusi limbah plastik dengan kadar aspal 5,31% dengan semen sebagai *filler* dan kombinasi substitusi limbah plastik 6,7% tanpa dan dengan ACKS sebagai *filler* pada kadar aspal 5,81%. Nilai durabilitas untuk kadar aspal efektif disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Nilai Durabilitas

Jenis Campuran Aspal	Stabilitas	Stabilitas	Nilai
a	b	c	$e = c/b \times 100$
Tanpa kombinasi substitusi plastik dengan <i>filler</i>	1610,69	1493,82	92,74
Kombinasi substitusi plastic dengan <i>filler</i> semen	2185,31	2433,54	111,36
Kombinasi substitusi plastik dengan <i>filler</i> ACKS	2334,60	1952,01	83,61

Berdasarkan pada tabel diatas, nilai durabilitas tidak dengan dan substitusi kombinasi limbah plastik 6,7% dengan *filler* semen telah memenuhi persyaratan yaitu $\geq 90\%$, sedangkan nilai durabilitas pada substitusi kombinasi limbah limbah plastik 6,7% dengan ACKS sebagai *filler* tidak memenuhi yang di isyaratkan di Bina Marga 2010 revisi 3 tahun 2014.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, aspal pen. 60/70 dan aspal pen. 60/70 yang sudah disubstitusi kombinasi plastik (AC-Mod) telah memenuhi syarat.

2. Hasil pengujian Marshall diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 5,311%. KAO tersebut \pm 0,5%, selanjutnya disubstitusi dengan kombinasi limbah plastik.
3. Nilai MQ, VIM, stabilitas dan VMA terus meningkat seiring penambahan kombinasi substitusi limbah plastik serta penggunaan ACKS sebagai *filler*, sedangkan nilai density, VFA dan flow cenderung semakin menurun.
4. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada kombinasi substitusi limbah plastik 6,7% dengan ACKS sebagai *filler* pada kadar aspal 5,81% yaitu 2318,99 kg.
5. Nilai durabilitas pada tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik dengan semen sebagai *filler* memenuhi syarat, sedangkan ACKS sebagai *filler* tidak memenuhi syarat.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan *filler* selain semen, *Fly ash*, abu batu, ACKS serta plastik yang lebih kompleks dengan pencampuran cara kering dan mengambil kadar aspal KAO lebih besar dari 0,5%

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1990, *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15thed, AASHTO, Washington, DC.
- Al-Hadidy, A.I dan Qiu, T.Y., 2009, *Mechanistic Approach for Polypropylene-Modified Flexibel Pavements*, *Construction and Building Materials*, Vol. 30:1133 1140.
- Aquina, H, 2014, *Pengaruh Penggunaan Styrofoam Ke Dalam Aspal Pen. 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus*, Tesis, Pasca Sarjana Unsyiah, Banda Aceh.
- Bukhari, R. A. (2007). *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya*. Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh.
- Marga, B. (2014). *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi 3*
- Fauziah, M dan Henri, F., 2013, *Pemanfaatan Limbah cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kekuatan Dan Keawetan Campuran Aspal Concrete Binder Course (AC-BC)*, Prodi Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Mujiarto, I, 2005, *sifat dan karakteristik material plastic dan bahan aditif*, *Traksi* Vol. 3 No. 2 Desember 2015.
- Pei-Hung, Y. (2000). *A Study of Potential Use of Asphalt Containing Synthetic Polymers For Asphalt Paving Mixes*. USA: UMI. USA.
- Saodang, H, 2005, *Konstruksi Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Saputra D, E., 2012, *Analisa Bahan Tambah Serat Polypropylene (fiber Plastic Beneser) Pada campuran Aspal Beton*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Jawa Timur. Saodang, H, 2005, *Konstruksi Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.
- Suparman, dkk 2014, *Potensi penggunaan limbah kelapa sawit sebagai agregat pengisi pada campuran Hot Rolled Sheet-Base*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Widodo, dkk, (2014), *Pengaruh penambahan limbah botol plastik polyethylene terephthalate (PET) dalam campuran laston-WC terhadap parameter Mashall*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.