

PENGARUH LAMA RENDAMAN KOTORAN SAPI TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN ASPAL BETON MENGUNAKAN ASPAL PEN.60/70 YANG DI SUBSTITUSI LIMBAH *ETHYLENE VINYL ACETATE (EVA)*

Deni Iqbal¹, Sofyan M. Saleh², Yuhanis Yunus³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
email: deniiqbal91@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

³⁾ Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

Abstract: *The main reasons for the damage and decrease of strength in the flexibel pavement of the highway is the low in strength and durability in Asphalt Concrete wearing Course (AC-WC). In Aceh, many cow dung are littered on the highway. Cow dung is alleged impact on damage to highways that can weaken the ability of the asphalt viscosity and cause small holes in the asphalt. This study, the substitution polymer used is a waste material Ethylene Vinyl Acetate (EVA) on the AC-WC which were soaked with cow dung. This study aims to determine the effect of immersion duration of cow dung on the durability of concrete asphalt mixture using asphalt pen. 60/70 with substitution grated Ethylene Vinyl Acetate (EVA) polymer waste 1.5%, 2.5%, 3.5% in the asphalt with asphalt pen 60/70 weight ratio, as well as determine the effect of plain water immersion and cow dung with a variation of 30 minutes, 24 hours, and 48 hours on the stability of asphalt modification with EVA. The results, the best stability values without substitution with plain water immersion is 1181.93 kg, the best stability for EVA on a percentage of 1.5%, is 1920.68 kg. The parameter values for substitution without and with EVA produced in the form of stability, flow, MO, density, VIM, VMA, and VFA still meet the specification requirements of Bina Marga 2014. The value of durability without substitution with plain water immersion is 90.8% by soaking into cow dung, the value of the durability of the EVA percentage variation is 97.20%, and has met the prescribed Bina Marga specifications 2014 which $\geq 90\%$.*

Keywords : *Asphalt Mixture, Duration of Soaking Time, Durability Index, EVA Waste.*

Abstrak: Salah satu alasan utama kerusakan dan penurunan kekuatan pada perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan pada lapisan aus (AC-WC). Pada beberapa daerah di Aceh banyak dijumpai kotoran sapi yang berserakan di jalan raya. Kotoran sapi tersebut diduga berdampak pada kerusakan jalan raya dan dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal. Pada penelitian ini polimer tambahan yang digunakan adalah material limbah *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* pada campuran laston lapis aus (AC-WC) yang direndam dalam kotoran sapi. *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* dalam campuran aspal tersebut dapat meningkatkan kekuatan dan keawetan pada lapisan aus (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama rendaman kotoran sapi terhadap durabilitas campuran aspal beton menggunakan aspal pen. 60/70 dengan tambahan parutan limbah polimer *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* 1,5%, 2,5%, 3,5%. Dari hasil penelitian didapatkan nilai stabilitas terbaik tanpa substitusi rendaman kotoran sapi yaitu 1181,93 kg, stabilitas terbaik untuk *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* pada persentase 1,5% yaitu 1920.68 kg. Nilai parameter untuk tanpa dan dengan substitusi *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* yang dihasilkan berupa stabilitas, *flow*, MQ, density, VIM, VMA, dan VFA masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga tahun 2014. Nilai durabilitas tanpa substitusi yaitu sebesar 90,8% dengan rendaman kotoran sapi, nilai durabilitas dengan variasi persentase *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* sebesar 97,06%, dan telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan Bina Marga tahun 2014 yaitu $\geq 90\%$.

Kata kunci : Campuran Aspal, Lama Waktu Rendaman, Indeks Durabilitas, Limbah EVA.

Jalan merupakan sarana transportasi yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan sehari-hari masyarakat pada suatu daerah, sebagai akses utama distribusi barang dari pusat kegiatan menuju daerah lain. Pada daerah tertentu di Aceh banyak kita jumpai di jalan terutama di daerah lintas barat dan selatan Aceh, banyak sapi dari masyarakat yang lebih memilih tidur di jalan pada malam hari karena pada saat malam hari suhu dari aspal lebih hangat. Dengan banyaknya sapi tidur di jalan mengakibatkan banyaknya urine dan kotoran sapi di jalan tersebut. Urine dan kotoran sapi ini berdampak pada kerusakan jalan raya, menyebabkan lubang-lubang kecil di jalan raya. Kotoran sapi tersebut diduga berdampak pada kerusakan jalan raya dan dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal, karena menurut Lingga dan Marsono (2006) kotoran sapi mengandung tingkat keasaman dan mengandung sangat banyak unsur hara. Salah satu alternatif untuk menghindari kerusakan atau memperlambat kerusakan tersebut yaitu dengan menambahkan polimer pada campuran aspal. *Polimer* yang digunakan berupa limbah *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* dan *Crumb Rubber* sebagai pensubstitusi aspal.

Limbah polimer *EVA* merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan oleh masyarakat, karena saat ini alas kaki berbahan baku dari *EVA* dominan digunakan untuk produksi sandal dan sepatu. Material ini memiliki ketahanan pada suhu rendah, tahan terhadap UV dan memiliki sifat *waterproof*. Limbah *EVA* merupakan *Crosslinked Material*

apabila hanya dibuang dan ditimbun dalam tanah tidak dapat terdegradasi oleh mikroba sehingga dapat mengganggu kelestarian hidup. Limbah *EVA* dapat bereaksi dengan aspal, dimana tambahan limbah *EVA* dapat menaikkan titik lembek aspal dari 49,5 °C menjadi 63,5 °C dan menurunkan nilai penetrasi dari 68,5 menjadi 39.1(0.1 mm) (Chagqing.F, 2009).

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Asphalt Institute (1997), campuran aspal beton yang baik diharapkan mampu melayani dengan baik variasi pembebanan selama bertahun-tahun dan akibat pengaruh kondisi lingkungan, serta diharapkan dari campuran aspal beton memiliki sifat-sifat dasar campuran aspal meliputi *stability*, *durability*, *impermeability*, *workability*, *flexibility*, *fatigue resistance*, dan *skid resistance*.

Laston (AC-WC) merupakan suatu lapisan permukaan paling atas dari struktur perkerasan jalan raya yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dan mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air untuk melindungi konstruksi dibawahnya.

Bahan Campuran Aspal Beton

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*). Untuk menghasilkan perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan

jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

Bahan pengisi (*filler*) merupakan mineral dengan ukuran partikel $< 0,075$ mm (lolos saringan No. 200), yang mempunyai fungsi sebagai pengisi antara rongga agregat kasar dan agregat halus dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan, dan stabilitas campuran aspal, berupa debu batu kapur (*limestone dust*), abu batu, abu terbang (*fly ash*), atau bahan lain dan harus dalam keadaan kering dengan kadar air maksimal 1%.

Bukhari (2007) gradasi agregat merupakan distribusi partikel-partikel agregat berdasarkan ukurannya yang saling mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci (*interlocking*) sehingga dapat mempengaruhi stabilitas perkerasan. Persyaratan gradasi agregat seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Gradasi Agregat Laston AC-WC

ASTM	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Lolos AC-WC
1"	25	
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

Aspal Modifikasi Polymer EVA

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan

kekuatan masing-masing agregat (Kerbs And Walker, 1971).

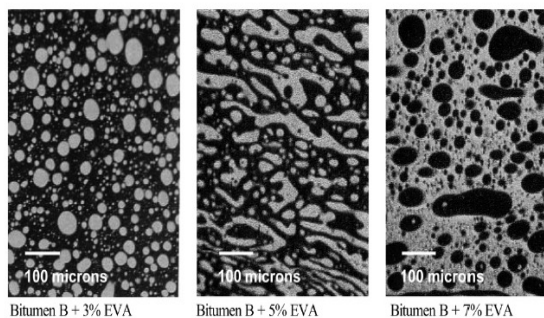
Ethylene Vinyl Acetate merupakan kopolimer yang mengandung persen berat *ethylene* dengan variasi 60% sampai dengan 90% dan *vinyl acetate* 10% sampai dengan 40%, polimer EVA adalah polimer yang memiliki sifat elastomer, fleksibel sehingga mudah diproses daur ulang seperti pada usaha tekstil. EVA merupakan tipe polimer yang mudah digunakan, serta mempunyai kemampuan yang baik untuk bersatu dengan bitumen (homogen), suhunya yang stabil pada normal mixing, serta temperaturnya yang mudah dikendalikan (Whiteoak, 1991).

Ketahanan aspal terhadap keretakan (*crack*) pada suhu rendah akan lebih baik seiring dengan penambahan 2% atau 4% EVA terhadap berat aspal, meskipun demikian ketahanan aspal terhadap keretakan pada suhu rendah akan menurun ketika menambahkan 6% terhadap berat aspal. EVA merupakan polimer yang memiliki kesamaan sifat seperti *polyethylene*, EVA dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi dari 60° C (Isaccson, 1999).

Bonemazzi (1996) untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses pencampuran (*blending*) aspal modifikasi polimer, perlu dilakukan beberapa pengujian terlebih dahulu. Pengujian yang dilakukan untuk menentukan suhu polimer larut dalam aspal, yaitu pengujian *Melt Flow Rate* atau *Melt Index*.

Costa (2005) telah melakukan penelitian dengan membandingkan perbedaan kinerja yang signifikan dari penggunaan jenis polimer

EVA murni dan limbah dalam memodifikasi aspal. Limbah polimer daur ulang biasanya dicampur dengan komponen lain, seperti pengisi, pewarna, dan lainnya yang dapat mengubah efisiensi polimer dalam memodifikasi aspal, serta ukuran partikel polimer, sehingga diperoleh ukuran partikel polimer yang efektif larut dalam aspal sebesar 0,45 mm.



Gambar 1. Fluorescent Microscopy Aspal Modifikasi EVA (Airey, 2002)
Kotoran Sapi

Kotoran sapi merupakan limbah dari peternakan sapi yang mempunyai kandungan serat tinggi, karena terdapat Serat atau selulosa dalam kadar tinggi pada kotoran ternak ini baik dalam bentuk padat dan cair, ia merupakan senyawa rantai karbon yang dapat mengalami proses pelapukan lebih kompleks. proses pelapukan secara alamiah oleh berbagai jenis mikroba tersebut membutuhkan unsur Nitrogen (N) yang terkandung pada kotoran sapi tersebut dalam jumlah besar. Selain memiliki kadar serat yang tinggi, kotoran sapi juga memiliki kadar air yang cukup tinggi dan mengandung sangat banyak unsur hara. Kandungan hara pada kotoran sapi sangat tergantung dari makanan dan lingkungan hidup ternak, semakin bergizi makanan ternak semakin tinggi kandungan unsur hara (Lingga

dan Marsono, 2006).

Kotoran sapi merupakan bahan organik yang secara spesifik berperan meningkatkan ketersediaan forfor dan unsur-unsur hara mikro, kotoran sapi banyak mengandung unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium belerang, dan boron (Brady, 1974).

Durabilitas

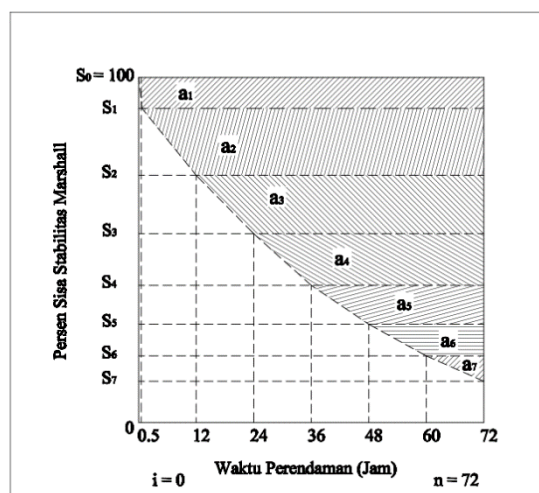
Durabilitas pada umumnya berkaitan dengan keawetan campuran terhadap pengaruh rendaman air dan temperatur dalam kurun waktu yang lama. Untuk menilai potensi dan pengaruh rendaman air pada pengujian durabilitas campuran beton aspal yaitu dengan melihat nilai indeks stabilitas sisa mashall (IRS), indeks durabilitas pertama (IDP), indeks durabilitas kedua (IDK) dan absolut ekivalen kuat tahan sisa (Sa) atau *retained mashall stability* (RMS) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian marshall setelah perendaman. Bina Marga (2010) menyebutkan nilai durabilitas dikatakan baik apabila stabilitas rendaman $\geq 90\%$.

Karakteristik campuran setelah dilakukan perendaman 24 jam, tidak selalu menggambarkan keawetan campuran aspal setelah masa perendaman yang lebih lama (Craus, J, 1981). Keawetan campuran ditentukan setelah perendaman dengan waktu yang lebih lama, serta mencari suatu parameter kualitatif tunggal yang akan memberikan ciri kepada seluruh kurva keawetan. Kriteria-kriteria berikut dinilai dapat memenuhi indeks

keawetan yaitu :

- Harus rasional dan didefinisikan secara fisik.
- Harus menggambarkan kekuatan menahan dan nilainya absolut.
- Harus menunjukkan potensi keawetan untuk suatu rentang yang fleksibel dari waktu perendaman.
- Harus dengan tepat memberikan gambaran dari perbedaan perubahan waktu rendaman dari kurva keawetan.

Nahyo (2014) menyebutkan dua kriteria indeks keawetan yang diperoleh diatas, dapat menggambarkan indeks keawetan campuran setelah masa perendaman yang lama.



Gambar 2. Gambaran skema kurva keawetan (Crauss.J, 1981)

Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks durabilitas pertama menunjukkan hilangnya persentase kekuatan selama periode waktu perendaman, dalam durasi hari atau jam. Nilai positif (+) yang diperoleh pada indeks durabilitas pertama (r) menunjukkan penurunan stabilitas setelah perendaman, sedangkan nilai negatif (-) menunjukkan terjadi peningkatan stabilitas setelah

perendaman.

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks keawetan kedua juga dinyatakan sebagai suatu kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif (+) yang diperoleh dari nilai (a) menunjukkan penurunan kekuatan, sedangkan nilai negatif (-) menunjukkan peningkatan kekuatan yang didefinisikan sebagai ($a < 100$), serta memungkinkan untuk menyatakan persentase Absolut ekivalen kuat tahan tersisa dalam satu hari atau jam (S_a).

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_1 = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots (2.2)$$

$$A = \frac{a}{100} \times S_0 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S_a = S_0 - A \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- r = Nilai penurunan kekuatan (%) pada indeks durabilitas pertama.
- a = Nilai penurunan kekuatan (%) pada indeks durabilitas kedua.
- t_n = Waktu perendaman ke n (akhir)
- S_i = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_i
- S_{i+1} = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu t_{i+1}
- t_i, t_{i+1} = Waktu perendaman (mulai dari proses awal perendaman), jam atau hari
- S_a = Nilai absolut ekivalen kuat tahan sisa (kPa) pada Indeks Durabilitas Kedua.
- S_0 = Nilai absolut ekivalen kekuatan tahan awal (kPa)

METODE PENELITIAN

Metode pengujian mengikuti prosedur pengujian marshall, AASHTO, Bina Marga

dan metode lain yang digunakan adalah pengujian durabilitas modifikasi, mengingat tidak ada dalam ketiga metode tersebut. Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal setelah disubstitusi limbah *EVA*, serta bahan yang digunakan Agregat kasar, Agregat halus, Aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina, dan Parutan Limbah EVA dari alas kaki, matras rumah tangga, alat apung nelayan yang berbentuk busa (*foam*), kotoran sapi yang digunakan berasal dari Aceh Besar dan Kota Banda Aceh.

Perencanaan campuran laston lapis aus (AC-WC) dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dengan menggunakan cara basah. Pemeriksaan indeks durabilitas campuran aspal dilakukan dengan metode Marshall seiring lama perendaman pada suhu 60°C. Metode perendaman yang dilakukan yaitu metode perendaman menerus (*continuous*).

Perencanaan Campuran

Berikut rekapitulasi jumlah sampel benda uji berdasarkan variasi lama waktu rendaman dan substitusi limbah *EVA* pada KAO seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi jumlah sampel

No	Uraian	Jumlah
1	Sampel untuk penentuan KAO	15 buah
2	Sampel pada waktu rendaman 30 menit	12 buah
3	Sampel pada waktu rendaman 24 jam	12 buah
4	Sampel pada waktu rendaman 48 jam	12 buah
Jumlah Total		51 buah

HASIL PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

Hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat sebagian besar telah memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan, kecuali indeks kelongongan yang tidak dapat memenuhi spesifikasi dengan syarat maksimal 10%, diperoleh sebesar 15,80%, serta indeks kepipihan diperoleh sebesar 17,18%, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan sifat fisis agregat

No	Sifat-sifat Fisis Agregat	Hasil	Syarat
1.	Berat jenis (gr/cm ³)	2,775	> 2.5
2.	Penyerapan terhadap air (%)	1,119	< 3
3.	Keausan (%)	15,00	< 40
4.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	98	> 95
5.	Indeks Kepipihan (%)	17.18	< 10
6.	Indeks Kelongongan (%)	15,80	< 10
7.	Tumbukan (<i>impact</i>) (%)	8.94	< 30
8.	Berat isi (kg/dm ³)	1,656	> 1

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal diperoleh bahwa terdapat pengaruh terhadap sifat-sifat fisis aspal setelah disubstitusi dengan variasi persentase limbah *EVA*, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan sifat fisis aspal

Per-sentase substitusi EVA	Sifat- Sifat Fisis Aspal			
	Pe-netrasi	Titik Lembe- k	Be-rat Jenis	Daktili-tas
EVA 0,0 %	64	48,25	1,020	120
EVA 1,5 %	58,56	54,75	1,041	62,1
EVA 2,5 %	58,33	55,75	1,042	60,3
EVA 3,5 %	58,11	55,90	1,043	55,2

Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil pengujian Marshall

dengan variasi kadar aspal rencana diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,52%, yang memenuhi persyaratan dan parameter marshall untuk campuran aspal beton AC-WC, kemudian akan substitusi dengan variasi persentase limbah *EVA* terhadap berat aspal (KAO).

Berdasarkan hasil pengujian marshall, akan dihitung nilai indeks durabilitas campuran setelah direndam dengan waktu yang lama untuk menentukan indeks keawetan campuran atau potensi keawetan dari campuran, baik pada campuran dengan dan tanpa substitusi limbah *EVA* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 11.

Hasil perhitungan Indeks Durabilitas

Tabel 5. Perhitungan indeks durabilitas campuran tanpa substitusi limbah EVA (EVA 0,0%)

Karakteristik Marshaall	Spek. Dept. PU (2014)	Variasi Lama Perendaman (Jam)		
		0.5	24	48
Stabilitas (kg)	> 800	1181.93	1073.24	1059.53
IRS (%)	90	100.00	90.80	89.64
IDP (r, %)		0.00	0.38	0.43
IDP (R, Kg)		0.00	4.53	5.10
IDK (a, %)		0.00	4.60	5.47
IDK (Sa, %)		100.00	95.40	94.53
IDK (SA, Kg)		1181.93	1127.59	1117.30

Tabel 6. Perhitungan indeks durabilitas campuran dengan substitusi limbah EVA 1,5 %

Karakteristik Marshaall	Spek. Dept. PU (2014)	Variasi Lama Perendaman (Jam)		
		0.5	24	48
Stabilitas (kg)	> 1000	1920.68	1786.50	1540.79
IRS (%)	90	100.00	93.01	80.22
IDP (r, %)		0.00	0.29	0.82
IDP (R, Kg)		0.00	5.59	15.83
IDK (a, %)		0.00	3.49	13.09
IDK (Sa, %)		100.00	96.51	86.91
IDK (SA, Kg)		1920.68	1853.59	1669.31

Tabel 7. Perhitungan indeks durabilitas campuran dengan substitusi limbah EVA 2,5 %

Karakteristik Marshaall	Spek. Dept. PU (2014)	Variasi Lama Perendaman (Jam)		
		0.5	24	48
Stabilitas (kg)	> 1000	1872.09	1767.13	1497.09
IRS (%)	90	100.00	94.39	79.97
IDP (r, %)		0.00	0.23	0.83
IDP (R, Kg)		0.00	4.37	15.62
IDK (a, %)		0.00	2.80	13.62
IDK (Sa, %)		100.00	97.20	86.38
IDK (SA, Kg)		1872.09	1819.61	1617.08

Tabel 8. Perhitungan indeks durabilitas campuran dengan substitusi limbah EVA 3,5 %

Karakteristik Marshaall	Spek. Dept. PU (2014)	Variasi Lama Perendaman (Jam)		
		0.5	24	48
Stabilitas (kg)	> 1000	1859.79	1744.28	1438.92
IRS (%)	90	100.00	93.79	77.37
IDP (r, %)		0.00	0.26	0.94
IDP (R, Kg)		0.00	4.81	17.54
IDK (a, %)		0.00	3.11	15.42
IDK (Sa, %)		100.00	96.89	84.58
IDK (SA, Kg)		1859.79	1802.04	1573.01

PEMBAHASAN

Nilai stabilitas campuran setelah perendaman menerus dengan kotoran sapi, terjadi peningkatan dan penurunan stabilitas yang fluktuatif seiring lama waktu perendaman, hal ini dipengaruhi oleh sifat-sifat fisis aspal, suhu, lama waktu perendaman dan tingkat keasaman kotoran sapi (ph 6).

Semakin besar persentase substitusi limbah *EVA* dalam campuran aspal menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki elastisitas yang rendah dan bersifat plastis, sehingga sangat berpengaruh terhadap keretakan (*crack*), terlihat bahwa nilai IRS pada periode waktu perendaman yang singkat cenderung menurun, sedangkan pada periode waktu perendaman yang lama nilai IRS cenderung meningkat.

Hal ini relevan dengan penelitian Isaccson (1999) yang menyatakan ketahanan aspal terhadap keretakan (*crack*) pada suhu rendah akan lebih baik seiring dengan penambahan 2% sampai 4% *EVA* terhadap berat aspal, meskipun demikian ketahanan aspal terhadap keretakan pada suhu rendah akan menurun ketika menambahkan 6% terhadap berat aspal. Peningkatan rheologi aspal pada umumnya dipengaruhi oleh tingkat kandungan polimer, penetrasi aspal (*bitumen grade*) dan jenis polimer yang digunakan.

Peningkatan nilai absolut kuat tahanan tersisa (*Sa*) atau nilai *Retained Marshall Stability (RMS)* tersebut dipengaruhi oleh sifat elastisitas polimer *EVA*, dari tabel diatas dapat dilihat bahwa campuran dengan substitusi

limbah *EVA* 3,5% terjadi peningkatan kekuatan seiring lama waktu perendaman, hal ini relevan dengan penelitian Suherman (2013) campuran yang tidak menggunakan aspal modifikasi polimer akan menghasilkan laju deformasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan aspal modifikasi polimer dan disimpulkan bahwa campuran yang menggunakan aspal modifikasi polimer memberikan kinerja yang baik khususnya dalam mengatasi deformasi.

Lama waktu perendaman mengakibatkan meningkatnya persentase kehilangan kekuatan rata-rata campuran pada indeks durabilitas pertama (IDP) dan indeks durabilitas kedua (IDK), kehilangan kekuatan campuran mula-mula dapat terjadi pada durabilitas pertama, kemudian akan terjadi kehilangan kekuatan kembali pada durabilitas kedua. Semakin lama periode waktu rendaman terjadi penurunan nilai indeks durabilitas kedua.

Dari campuran tanpa substitusi limbah *EVA* terjadi peningkatan indeks durabilitas pada periode waktu rendaman 48 jam, sedangkan pada campuran dengan substitusi limbah *EVA* 3,5%, dan rendaman kotoran sapi terjadi penurunan nilai indeks durabilitas pada periode waktu rendaman 48 jam, namun pada variasi limbah *EVA* dengan persentase yang lain terjadi peningkatan nilai durabilitas, hal ini mengidentifikasikan bahwa campuran dengan substitusi limbah memiliki potensi keawetan campuran pada waktu rendaman yang lebih lama, serta relevan seperti yang dijelaskan oleh Craus (1981), bahwa campuran harus

menunjukkan potensi keawetan untuk suatu rentang yang fleksibel dari masa perendaman yang lama.

Kriteria Indeks Keawetan seperti yang dijelaskan oleh Craus (1981), campuran dapat dikatakan memiliki indeks keawetan, jika campuran tersebut menggambarkan kekuatan menahan dan nilainya absolut setelah perendaman yang lebih lama. Hal ini mengidentifikasi bahwa campuran dengan substitusi limbah EVA 2,5% masih memiliki kekuatan menahan absolut lebih besar dari yang disyaratkan pada waktu rendaman yang lebih lama, dengan nilai absolut ekivalen kuat tahanan tersisa (S_a ,%) atau RMS sebesar 98,01% lebih besar dari spesifikasi keawetan campuran yang ditentukan oleh Bina Marga 2010 yaitu 90%..

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Semakin besar kadar aspal campuran campuran berpengaruh terhadap nilai durabilitas campuran pada periode perendaman yang lama dengan kotoran sapi. Campuran dengan substitusi limbah EVA 2,5% masih memiliki nilai RMS lebih besar dari yang disyaratkan.
2. Semakin besar persentase substitusi limbah EVA dalam campuran menjadikan campuran tersebut lebih kaku dan terjadi penurunan stabilitas pada periode waktu perendaman yang singkat.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, agar dicari rekayasa campuran aspal modifikasi lainnya yang memiliki daya tahan terbesar pada

periode waktu rendaman yang singkat dan lama dengan kotoran sapi, sehingga dapat mereduksi pengaruh penurunan adhesi dan kohesi campuran akibat rendaman kotoran sapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Airey G.D, 2002, Reological Evaluation Of Ethylene Vinyl Acetate Polymer Modified Bitumens, *Journal Of Contruction And Building Materials*, v.16, no.8, pp 473 – 487.
- Bonemazzi et.al., 1996, Characteristics of Polymers and Polymer Modified Binders, *Transport Research Reacord No. 1535 Material and construction*, Washington D.C: National Academy Press. Technol, vol. 6, no. 4, pp. 457-464, 2013.
- BNPB, 2011, *Indeks Rawan Bencana Indonesia*.
- Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala.
- Fang. C, et.al, 2009, ‘Optimization of the modification technologies of asphalt by using waste EVA from packaging’, *Journal of Vinyl And Additive Technology*, vol. 15, no. 3, pp 199 – 203, ISSN 1548-0585.
- Craus, J, Ishai, I, and Sides, A, 1981, ‘Durability of bituminous paving mixtures as related to filler type and properties’, *Proceedings Associations of Asphalt Paving Technologist, San Diego, California*,

- vol. 50, pp. 291-316.
- Costa et.al., 2013, Incorporation of Waste Plastic in Asphalt Binders to Improve their Performance in the Pavement, *International. Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 6, no.4, PP. 457-464.
- Direktorat Jendral Bina Marga 2014, *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Isaccson, U, and Xiaohu. Lu, 1999, 'Characterization of bitumens modified with SEBS, EVA and EBA polymers', *Journal of Materials Science*, Division of Highway Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, vol.34.
- Kerb, RD and Walker, RD, 1971, *Highway Materials*, McGraw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
- Nahyo, 2014, 'Durabilitas campuran HRS-WC akibat rendaman menerus dan berkalan air rob', *Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik*, vol. 16, no. 3, hal. 163-171, ISSN 1411-0903, UNDIP.
- Nurhajati, DW, 2005, 'Pemanfaatan Limbah Kopolimer Ethylene Vinyl Acetate Untuk Komposit Karet', *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 24, no. 1.
- Suherman, 2013, 'Pengaruh polimer EVA (Ethylene Vinyl Acetate) terhadap kinerja Campuran Lapis Antara (AC-BC)', *Journal Sain Dan Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri*, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Kasim, Riau, vol. 10, no. 2.
- Suparma, B.L, et.al, 2015, *Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi EVA (EVA-MA) Pada Perancangan Campuran Beton Aspal*, The 18th FSTPT International Symposium, Unila, Bandar Lampung, 28 Agustus 2015.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung..
- Transportation Association Of Canada, 2013, *Pavement And Salt Management*, Syntheses Of Best Practices Road Salt Management, vol. 5, april 2013, Canada.
- Whiteoak, D, 1991, *The Shell Bitumen Handbook*, Surrey, UK. Shell Bitumen