

PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MODIFIKASI EVA (EVA-MA) PADA PERANCANGAN CAMPURAN BETON ASPAL

Latif Budi Suparma

Magister Sistem dan Teknik
Transportasi (MSTT), Jurusan Teknik
Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik UGM
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM,
Yogyakarta 55281
Telp: (0274) 524712/3
suparma@yahoo.com

Yosevina

Magister Sistem dan Teknik
Transportasi (MSTT), Jurusan Teknik
Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik UGM
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM,
Yogyakarta 55281
Telp: 085285371511
yosevina11@gmail.com

Dania Suzana Laos

Magister Sistem dan Teknik
Transportasi (MSTT), Jurusan Teknik
Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik UGM
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM,
Yogyakarta 55281
Telp: 085334992886
danee_laos@yahoo.com

Abstract

The increasing commercial vehicles (heavy traffic) and due to increasing the air temperature, affected in increasing pavement temperature, resulting in performance degradation (deterioration) of the pavement. One alternative solution is utilizing polymer modified asphalt (PMA). Utilizing PMA would result in higher mixture stability at high pavement temperatures. This research aims were to study the properties of asphalt modification with ethylene vinyl acetate (EVA modified asphalt – EVA-MA) and its influence to the properties of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) and Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mixtures. Research was initially conducted with the manufacture of asphalt modification EVA with contents of 0%, 1%, 2%, 3% and 4% and was named EVA-MA-0, EVA-MA-1, EVA-MA-2, EVA-MA-3 and EVA-MA-5 respectively. Next step was performed mix design by using mixture type of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) and Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC); and further step was conducted mixture characterization at optimum asphalt content (OAC). The results showed the greater EVA content in asphalt result in lowering the penetration value and increasing the softening point of the binder, hence affecting in decreasing the temperature susceptibility of asphalt. The influence of the EVA-MA on the AC mixtures indicate that the higher EVA content in asphalt affected in increasing the optimum asphalt content (OAC) of the mixtures. The AC-WC and AC-BC mixtures containing EVA-MA show good in water damage resistance (since the RMS value greater than 90%). The mixture that gives optimum performance obtained on AC-WC with EVA-MA-3 (3% EVA) and AC-BC with EVA-MA-2 (2% EVA).

Keywords: Polymer, *Ethylene Vinyl Acetate*, AC-WC, AC-BC, Marshall, RMS

Abstrak

Meningkatnya kendaraan komersial (lalulintas berat) dan adanya peningkatan suhu udara yang meningkatkan suhu perkerasan; mengakibatkan penurunan kinerja (*deterioration*) dari perkerasan. Salah satu alternatif penanganannya dengan penggunaan aspal modifikasi polimer. Penggunaan aspal modifikasi polimer (polymer modified asphalt – PMA) menghasilkan campuran dengan stabilitas yang lebih tinggi pada temperatur perkerasan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat aspal modifikasi ethylene vinyl acetate (EVA modified asphalt – EVA-MA) dan pengaruhnya terhadap campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dan Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). Penelitian dilakukan pertama dengan pembuatan aspal modifikasi EVA dengan kadar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% berturut-turut dinamai EVA-MA-0, EVA-MA-2, EVA-MA-3, EVA-MA-4 dan EVA-MA-5. Selanjutnya dilakukan mix design dengan menggunakan campuran jenis AC-WC dan AC-BC; dan selanjutnya dilakukan karakterisasi campuran pada kadar aspal optimum (KAO). Hasil penelitian menunjukkan semakin besar kadar EVA dalam aspal akan menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan titik leleh, sehingga menurunkan kepekaan terhadap perubahan suhu. Pengaruh EVA-MA pada campuran AC, semakin tinggi kadar EVA dalam aspal maka kadar aspal optimum campuran akan semakin tinggi. Campuran AC-WC dan AC-BC dengan menggunakan EVA-MA menunjukkan ketahanan yang baik terhadap pengaruh air (nilai RMS lebih besar dari 90%). Campuran yang memberikan kinerja optimum diperoleh pada AC-WC dengan EVA-MA-3 (3% EVA) dan AC-BC dengan EVA-MA-2 (2% EVA).

Kata kunci: Polimer, *Ethylene Vinyl Acetate*, AC-WC, AC-BC, Marshall, RMS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Meningkatnya volume lalulintas, terutama kendaraan komersial yang secara umum dikategorikan sebagai lalulintas berat, serta akibat adanya perubahan kondisi lingkungan yang tidak dapat diprediksikan, misal adanya peningkatan suhu udara yang meningkatkan suhu perkerasan; mengakibatkan penurunan kinerja

(*deterioration*) dari perkerasan dan penurunannya lebih cepat dari pada perkiraan umur rencana. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu alternative, yang selanjutnya disarankan adalah material bahan susun perkerasan yang memberikan kinerja yang lebih baik. Kepatuhan penggunaan agregat sesuai dengan standar kualitas dan penggunaan bahan ikat (*binder*) yang memberikan kinerja lebih baik dari yang selama ini digunakan.

Aspal modifikasi polimer telah diyakini memberikan kinerja yang lebih baik, jika pemilihan jenis aspal modifikasi yang sesuai dengan kondisi lokasi, beban lalu lintas dan lingkungan yang sesuai. *Polymer Modified Asphalt* (PMA) telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Umumnya dengan sedikit penambahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sebagai modifier pada aspal konvensional, memberikan hasil yang signifikan dalam hal ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan dan meningkatkan ketahanan yang tinggi dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan kinerja jalan lebih tahan lama serta dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan trend yang semakin meningkat tidak hanya karena faktor ekonomi, tetapi juga demi mendapatkan kualitas aspal yang lebih baik dan tahan lama. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut. Dalam hal ini terlihat bahwa keterpaduan aditif polimer yang sesuai dengan campuran aspal.

Polimer secara umum dapat diklasifikasikan menjadi thermoplastic crystalline polymer (plastomer), thermoplastic rubber (Elastomer) dan thermosetting polymer. Plastomer secara umum disebut sebagai bahan polimer plastic, antara lain polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC), polystyrene (PS), ethylene vinyl acetate (EVA) dan ethyl methyl acrylate (EMA). Sementara elastomer yang banyak digunakan sebagai modifier antara lain natural rubber, Styrene-butadiene-styrene block copolymer (SBS), Styrene-butadiene rubber (SBR), Styrene-isoprene-styrene block copolymer (SIS), Polybutadiene (PBD), dan Polyisoprene.

Aspal modifikasi polimer (polymer modified asphalt – PMA) sebagai hasil dari proses penambahan polymer modifiers pada aspal, selanjutnya idealnya akan menghasilkan campuran dengan (1) stabilitas yang lebih tinggi pada temperatur perkerasan yang tinggi untuk menurunkan *rutting* dan *shoving*, (2) peningkatan *workability* pada *processing temperatures* untuk mempercepat *spraying, mixing and compaction*, (3) peningkatan daya adhesi (*affinity properties*) aspal pada agregat pada pengaruh kehadiran air untuk menurunkan *stripping*, dan peningkatan *ageing characteristics to improve durability* (Epps, 1986).

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui sifat aspal modifikasi ethylene vinyl acetate (EVA modified asphalt – EVA-MA) dengan berbagai kadar, (2) mengetahui pengaruh penggunaan EVA-MA pada perancangan campuran beton aspal, khususnya pada jenis campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dan Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) dan (3) mengetahui proporsi EVA dalam EVA-MA yang memberikan tunjukkan kinerja terbaik untuk campuran Asphalt Concrete.

TINJAUAN PUSTAKA

Campuran Asphalt Concrete (AC)

Menurut Laitinen (1998), *Asphalt Concrete* adalah campuran bergradasi menerus dari mineral agregat, pengisi dan bahan aspal yang membentuk struktur saling kunci. Struktur saling kunci antar agregat ini adalah penyumbang utama terhadap kekuatan dan kinerja dari bahan digunakan.

Di Indonesia, *asphalt concrete*, berdasarkan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012), lebih dikenal dengan istilah Lapis Aspal Beton (Laston). Berdasarkan fungsinya, aspal beton atau *asphalt concrete* dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. *Wearing Course* atau lapis aus merupakan lapis diatas pondasi. AC-WC berfungsi sebagai lapis permukaan yang tahan cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.
- b. *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*. *Binder Course* atau lapis pengikat atau lapis antara merupakan lapis transisi antara lapis pondasi dengan lapis permukaan. AC-BC berfungsi sebagai lapis pengikat.
- c. *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*. Berfungsi sebagai lapis pondasi jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal polimer atau dimodifikasi dengan aspal alam atau aspal multigrade disebut masing-masing sebagai AC-WC Modified, AC-BC Modified, dan AC-Base Modified. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran AC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston dan Laston yang dimodifikasi (AC Modified)

Sifat-sifat Campuran	Lapis Antara (AC-BC)		Lapis Aus (AC-WC)	
	AC-BC	AC-BC Modifikasi	AC-WC	AC-WC Modifikasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		75
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0	3,0	3,0
	Max	5,0	5,0	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	14	14	15
Rongga terisi aspal (%)	Min	63	63	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800	1000	800
Pelelehan (mm)	Min	3	3	3
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min	250	300	250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VITM 7%	Min	90	90	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal refusal	Min	2,5	2,5	2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2 (2012)

Bahan susun campuran Asphalt Concrete (AC) terdiri dari agregat dan bahan pengikat aspal (atau aspal modifikasi). Agregat adalah suatu kombinasi dari suatu bahan yang berupa pasir, gravel, batu pecah, abu batu, atau komposisi material lainnya yang digunakan untuk membentuk suatu kombinasi ikatan yang seimbang di antara material pembentuk pada campuran perkerasan aspal beton, mortar, macadam, mastic, dan lain-lain. Sebagai bagian penting dalam perkerasan, komposisi agregat umumnya 92-95% berat atau sekitar 80% volume (Kerbs and Walker, 1971). Agregat harus dipilih dari sumber material yang pemenuhi persyaratan teknis, baik *sources aggregate properties* maupun *consensus aggregate properties* sebagaimana disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012). Demikian juga aspal maupun aspal modifikasi yang digunakan dipilih berdasarkan terpenuhinya sifat-sifat teknis yang didasarkan pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012).

Aspal Modifikasi Polimer (*Polymer Modified Asphalt – PMA*)

a. Polimer

Polimer sering digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan sebagai modifier aspal. Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan /masa layan perkerasan tersebut (Sengoz dan Isikyakar, 2008). Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, *fatigue damage*, serta pemisahan / pelepasan material (Yildirim, 2007).

b. Polimer sebagai modifier

Menurut Read dan Whiteoak (2003), agar modifier menjadi efektif, dan agar praktis dan ekonomis dalam penggunaannya, maka modifier tersebut harus:

1. Tersedia di lapangan.
2. Tahan terhadap degradasi pada suhu pencampuran.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap flow pada suhu jalan yang tinggi tanpa membuat aspal menjadi terlalu encer pada suhu pencampuran dan penghamparan atau tidak membuat aspal terlalu kaku atau rapuh pada suhu jalan yang rendah.
4. Biayanya murah.

Brûlé (1996) menyatakan pengikat yang ideal harus mampu meningkatkan kohesi dan kerentanan rendah terhadap temperatur seluruh rentang suhu yang mana menjadi pokok dalam pelayanan, tetapi juga mempunyai viskositas yang rendah pada suhu normal dimana pengikat tersebut disimpan. Kerentanan terhadap waktu pembebanan harus rendah, dimana tahan terhadap deformasi permanen, kekuatan hancur dan karakteristik terhadap fatiqnya harus tinggi. Pada kondisi yang sama harus mempunyai kualitas adhesi (aktif dan pasif) sebagai pengikat tradisional. Harus mempunyai karakteristik penuaan yang baik untuk diaplikasikan dalam masa pelayanan.

Brûlé (1996) mengungkapkan tiga kemungkinan campuran yang dihasilkan dalam prose pencampuran aspal dengan modifier jenis polimer, yaitu:

- 1) Campuran yang heterogen, dimana polimer dan aspal terbukti tidak tercampur.
- 2) Campuran yang tercampur homogen hingga pada level molekulnya. Pengikat ini sangat stabil. Nilai viskositasnya meningkat dan itu bukan hasil yang diinginkan.
- 3) Campuran yang tercampur secara mikroheterogen. Ini adalah kompatibilitas dicari dan memberikan properti aspal dimodifikasi dengan benar.

Pada kenyataannya berbagai pelaksanaan pencampuran polimer sejauh ini masih memberikan hasil pencampuran secara homogen.

Mekanisme yang perlu diperhatikan dalam modifikasi, menurut Brûlé (1996):

- 1) Kandungan polimer rendah (kurang dari 4%). Kandungan *oil* yang diturunkan aspal memiliki kandungan asphaltene korelatif tinggi: kohesi dan elastisitas yang baik ditingkatkan sebagai hasilnya. Dalam hal ini, pilihan aspal adalah faktor yang menentukan.
- 2) Kandungan polimer cukup tinggi (lebih dari 7 persen pada umumnya, jika aspal dan polimer dipilih dengan benar). Polimer dibuat menjadi plastis oleh *oil* di aspal dimana fraksi yang lebih berat dari semen aspal awal tersebar. Aspal tidak bekerja sebagai aspal modifikasi polimer-tapi perekat termoplastik.
- 3) Kandungan polimer sekitar 5 persen: umumnya memiliki masalah stabilitas (*micromorphology* dan sifat mereka sering bergantung pada suhu).

c. Aspal modifikasi EVA (EVA-modified asphalt – EVA-MA)

Menurut Read dan Whiteoak (2003), polimer termoplastik, bila dicampur dengan aspal dan di bawah suhu tertentu meningkatkan viskositas aspal. Namun, mereka tidak secara signifikan meningkatkan elastisitas aspal dan, ketika dipanaskan, mereka dapat memisahkan yang dapat menimbulkan dispersi kasar pada pendinginan. *Ethylene Vinyl Acetate* merupakan salah satu dari sekian banyak polimer jenis *Thermoplastic Crystalline* atau plastomer. *Ethylene Vinyl Acetate* adalah kopolimer etilena dan vinil asetat. Berat persen vinil asetat biasanya bervariasi 10-40%, dengan sisanya adalah etilena. EVA adalah polimer yang mendekati bahan elastomer dalam kelembutan dan fleksibilitasnya, namun dapat diproses seperti termoplastik lainnya. Materi ini mempunyai permukaan yang halus, ketahanan pada suhu rendah, ketahanan terhadap tegangan-retak, panas-lelah adhesive terhadap properti yang tahan air, dan tahan terhadap radiasi UV. EVA memiliki bau khas cuka dan kompetitive dengan karet dan produk vinil dalam berbagai aplikasi listrik.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses blending aspal, dilakukan beberapa pengujian terlebih dahulu. Pengujian yang dilakukan pada polimer yang akan digunakan adalah *Melt Flow Rate* atau *Melt Index*. (Bonemazzi, 1996).

Panda dan Mazumdar (1999) menyatakan EVA adalah material termoplastik yang tersusun oleh kopolimerisasi dari Etilen dan Vinil Asetat. EVA merupakan produk semi kaku yang transparan dan merupakan sebuah material elastis dan transparan yang mirip dengan plastik PVC dan beberapa jenis karet. Selain itu, dalam tahapan pembuatan aspal modifikasi EVA, diketahui bahan yang digunakan tidak dapat tercampur secara homogen jika menggunakan adukan manual. Material EVA akan mengambang di permukaan aspal dalam lapisan tipis, sehingga dibutuhkan *Mechanical Stirrer*.

Persyaratan teknis penggunaan aspal modifikasi plastomer belum ada di dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012). Sebagai pendekatan, persyaratan aspal modifikasi plastomer khususnya EMA-MA digunakan persyaratan untuk aspal modifikasi elastomer, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Persyaratan Aspal Modifikasi

Jenis Pengujian	Metode	Tipe II Aspal yang dimodifikasi Elastomer
Penetrasi, 25° C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	Min. 40
Viskositas 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≤3000 ⁽⁴⁾
Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 54
Indeks Penetrasi	-	≥ 0,4
Daktilitas, 25° C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	≥ 232
Kelarutan dalam <i>Tricloro Etilen</i> (%)	SNI 06-2438-1991	≥ 99
Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	≤2,2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2 (2012)

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan tahapan pada perancangan campuran aspal panas, yaitu meliputi:

1. Tahap pemilihan bahan susun campuran. Pada tahap ini dilakukan pengujian-pengujian terhadap bahan yang akan digunakan, baik agregat maupun aspal atau bahan ikat yang lain. Selanjutnya, bahan yang sesuai dengan persyaratan yang selanjutnya digunakan dalam penelitian.
2. Tahap pembuatan dan pengujian aspal modifikasi EVA (EVA-MA).
3. Tahap perancangan campuran. Pada tahapan ini didahului dengan tahap perancangan benda uji, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan selanjutnya pengujian benda uji. Perancangan campuran dilakukan dengan metode Marshall (*Marshall mix design method*).

Pemilihan Bahan Susun Campuran

Pada tahap material selection ini meliputi *aggregate selection* dan *binder selection*. Bahan-bahan dasar ini dipilih berdasarkan pemenuhan persyaratan teknis. Persyaratan teknis didasarkan pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012). Pada penelitian ini bahan agregat, baik agregat kasar maupun agregat halus serta debu batu sebagai filler, berasal dari sungai Clereng, Kulonprogo DIY. Bahan agrgat telah diuji dan memenuhi persyaratan spesifikasi.

Bahan aspal digunakan Aspal ex Pertamina Pen 60/70 (selanjutnya juga sebagai bahan dasar untuk dimodifikasi dengan EVA). Bahan plastik jenis EVA (ethylene vinyl acetate) berupa pellet diperoleh di pasaran. Bahan EVA dilakukan uji *Melt Flow Rate* atau pengujian melting indeks, sehingga diperoleh melting point dari bahan EVA, yang selanjutnya sebagai dasar dalam pembuatan aspal modifikasi EVA. Dari hasil pengujian Melting Point, diperoleh hasil *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) meleleh pada suhu 140 °C

Pembuatan dan karakterisasi Aspal modifikasi EVA (EVA-MA)

Berdasarkan hasil uji *Melt Flow Rate*, proses pembuatan EVA-MA dengan melakukan blending antara aspal murni Pen 60/70 dengan bahan EVA (dengan variasi kadar dalam aspal). Blending dilakukan dengan menggunakan mixer dengan RPM tinggi dan dilakukan pada suhu 160-200°C, selama 60 menit sampai diperoleh kondisi aspal modifikasi yang homogen. Variasi kadar EVA selanjutnya menjadi variasi campuran dibuat berdasarkan kadar EVA terhadap berat aspal. Tabel 3 menunjukkan variasi campuran berdasarkan variasi EVA dalam aspal.

Tabel 3 Variasi campuran berdasarkan variasi EVA

Variasi campuran	Kadar EVA terhadap aspal (%)
EVA-MA-0	0
EVA-MA-1	1
EVA-MA-2	2
EVA-MA-3	3
EVA-MA-4	4

Selanjutnya, EVA-MA ini dilakukan karakterisasi dengan melakukan pengujian-pengujian untuk pemenuhan persyaratan aspal modifikasi. Hasil dari karakterisasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Karakterisasi aspal modifikasi EVA

No.	Jenis Pengujian	Tipe 1 Aspal Pen 60/70		Aspal modifikasi EVA				
		Syarat ^{*)}	EVA-MA-0	Syarat ^{**)}	EVA-MA-1	EVA-MA-2	EVA-MA-3	EVA-MA-4
1.	Penetrasi, 25° C (0,1 mm)	60 - 70	64,6	Min 40	56,8	56,6	47,6	47,6
2.	Viskositas 135°C (cSt)	385	--	-	-	-	-	-
3.	Titik Lembek (°C)	≥48	45,50	≥48	50	53	60,75	65,75
4.	Berat jenis (g/cm ³)	≥1	1,043	≥1	1,01	1,01	1,02	1,02

Keterangan: ^{*)} Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2 (2012)

^{**)} Persyaratan aspal Tipe II Aspal yang dimodifikasi Elastomer (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2 (2012))

Hasil karakterisasi EVA-MA selanjutnya digunakan untuk menentukan suhu pencampuran dan suhu pemadatan campuran. Penentuan suhu ini pada penelitian ini tidak didasarkan pada viskositas binder, karena keterbatasan alat uji, namun ditentukan dengan didasarkan titik lembek aspal sesuai ketentuan BS 598-Part 3-1985. Penentuan suhu pencampuran dan pemadatan, dilakukan menggunakan, dengan persamaan berikut:

$$\text{Suhu pencampuran} = \text{Titik Lembek} + 110 \pm 3^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

$$\text{Suhu pemadatan} = \text{Titik Lembek} + 92 \pm 2^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Tabel 5 menunjukkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan campuran pada berbagai jenis EVA-MA.

Tabel 5 Suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada berbagai variasi EVA-MA

Jenis EVA-MA	Titik Lembek (°C)	Suhu pencampuran (°C)	Suhu pemadatan (°C)
EVA-MA-0	48,5	158	140
EVA-MA-1	50	160	142
EVA-MA-2	53	163	145
EVA-MA-3	60,75	170	152
EVA-MA-4	65,75	175	157

Perancangan Benda Uji Campuran dengan menggunakan EVA-MA

Jenis campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran beton aspal (Laston) atau Asphaltic Concrete (AC) yang meliputi campuran Laston Lapis Antara (AC Binder course – AC-BC) dan Laston Lapis Aus (AC Wearing course – AC-WC). Gradasi target untuk kedua jenis campuran ini didasarkan pada batas minimum dan batas maksimum dari amplop gradasi yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012). Tabel 6 menunjukkan gradasi target campuran yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 6 Gradasi Target Campuran AC-WC dan AC-BC

Ukuran Ayakan		% Berat Lolos (%)			
		AC-WC		AC-BC	
ASTM	mm	Spesifikasi ^(*)	Target	Spesifikasi ^(*)	Target
1"	25	---	---	100	100
3/4 "	19	100	100	90 – 100	95
1/2 "	12,5	90 – 100	95	74 – 90	82
3/8 "	9,5	72 – 90	81	64 – 82	73
no.4	4,75	54 – 69	61.5	47 – 64	47
no.8	2,36	39,1 – 53	38.6	34,6 – 49	34.6
no.16	1,18	31,6 – 40	35.8	28,3 – 38	33.15
no.30	0,6	23,1 – 30	26.55	20,7 – 28	24.35
no.50	0,3	15,5 – 22	18.75	13,7 – 20	16.85
no.100	0,15	9 – 15	12	4 – 13	8.5
no.200	0,075	4 – 10	7	4 – 8	6

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 2 (2012)

Berdasarkan gradasi target campuran, dapat diperoleh komposisi agregat berdasarkan agregat kasar, agregat halus dan filler; dan selanjutnya dapat ditentukan variasi kadar bahan pengikatnya (binder). Variasi kadar binder untuk perancangan campuran AC-WC adalah 5,0%; 5,5%; 6,0%; 6,5% dan 7,0%; sedangkan untuk campuran AC-BC adalah 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5%.

Perancangan Campuran (mix design) dengan menggunakan metode Marshall pada campuran dengan menggunakan EVA-MA sebagai binder

1. Pembuatan benda uji.

Agregat terpilih selanjutnya ditimbang berdasarkan gradasi target dari masing-masing jenis campuran, selanjutnya dipersiapkan untuk proses pencampuran. Aspal Pen 60/70 dan EVA-MA masing-masing variasi dipersiapkan untuk dilakukan proses selanjutnya. Bahan ikat ini selanjutnya dipanaskan sesuai dengan kebutuhan untuk proses pencampuran (lihat Tabel 5). Setelah agregat dan bahan ikat sudah siap, maka selanjutnya dilakukan pencampuran pada suhu pencampuran yang sesuai dengan jenis bahan ikatnya. Selanjutnya dilakukan pemadatan di dalam mould dengan suhu pemadatan tertentu dan dengan energy pemadatan sesuai dengan persyaratan. Setelah mould dingin, benda uji selanjutnya dikeluarkan dan dipeoleh benda uji padat (*compacted paving mix*). Benda uji padat yang berupa silinder selanjutnya dilakukan pengukuran tinggi dan diameter serta dilakukan penimbangan kondisi kering, di dalam air dan kondisi *saturated surface dry* (SSD). Proses penimbangan dilakukan untuk dapat dipakai sebagai dasar perhitungan *volumetric characteristics* dari campuran, yaitu *bulk specific*

gravity of mix (Gmb), *voids in mineral aggregate* (VMA), *voids in mix* (VIM) dan *voids filled with asphalt* (VFA).

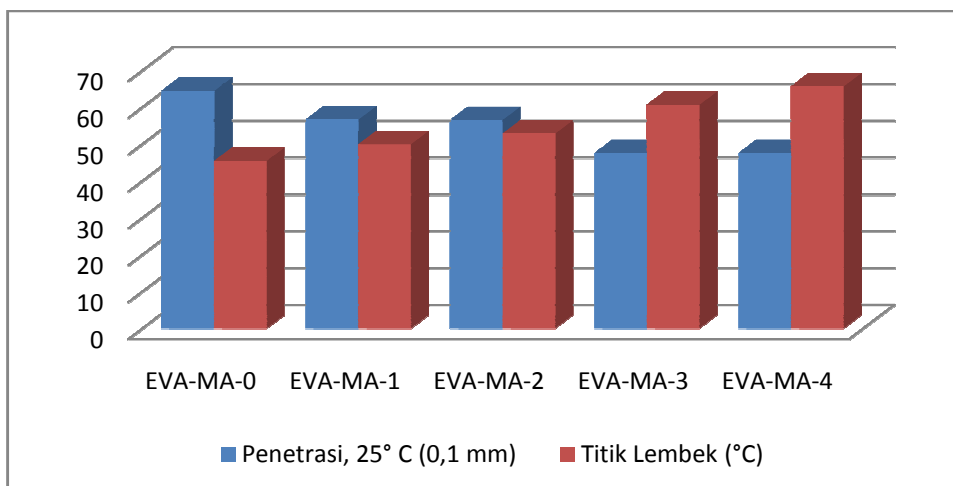
2. Pengujian mekanis benda uji untuk perancangan campuran
Dalam perancangan campuran dengan metode Marshall, benda uji padat selanjutnya dilakukan pengujian mekanis yaitu uji Marshall. Dari pengujian Marshall ini diperoleh karakteristik mekanis campuran berupa parameter stabilitas Marshall (Marshall Stability - MS), kelelahan Marshall (Marshall Flow – MF); selanjutnya bisa dihitung Marshall Quotient (MQ).
3. Penentuan kadar aspal optimum dengan menggunakan metode Marshall
Berdasarkan parameter-parameter yang diperoleh dari volumetric characteristic dan mechanical characteristics untuk masing-masing kadar binder untuk masing-masing jenis campuran, maka kadar aspal optimum (KAO) dapat diperoleh dengan menggunakan metode *narrow range*.
4. Karakterisasi campuran pada kadar aspal optimum
Setelah KAO diperoleh untuk masing-masing jenis campuran, selanjutnya dilakukan pengujian karakterisasi campuran pada kondisi KAO berupa ketahanan campuran terhadap pengaruh air. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu dilakukan perendaman pada suhu 60 °C dengan lama perendaman standar (30 menit) dan 24 jam. Selanjutnya benda uji dilakukan uji Marshall. Hasilnya selanjutnya diperbandingkan antara perendaman standard an perendaman 24 jam untuk mendapatkan nilai Stabilitas Marshall Sisa (Retained Marshall Stability – RMS) untuk memenuhi persyaratan telah ditentukan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2010 revisi 2 (2012).

HASIL PENELITIAN

Karakteristik aspal modifikasi EVA (EVA-MA)

Hasil pengujian karakterisasi EVA-MA telah ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil ini diperoleh bahwa:

1. Keberadaan EVA dalam aspal, akan menurunkan nilai penetrasi dari bahan ikatnya. Semakin besar kadar EVA dalam aspal, semakin kecil penetrasinya
 2. Keberadaan EVA dalam aspal, akan berpengaruh pada meningkatnya titik lembek dari bahan ikatnya
- Gambar 1 menunjukkan hasil karakterisasi binder EVA-MA sebagai hasil dari penelitian ini.



Gambar 1 Karakteristik EVA-MA (hasil analisis)

Kombinasi dari kedua hasil ini menunjukkan bahwa sifat aspal murni (Pen 60/70) dapat diperbaiki. Nilai *penetration index* (PI) akan naik yang mengindikasikan kepekaan terhadap perubahan temperature akan turun. Sifat-sifat rheology yang lain perlu selanjutnya dilakukan pengujian (karena keterbatasan alat di laboratorium)

Karakteristik Marshall untuk perancangan campuran

Hasil perancangan campuran berupa penentuan kadar aspal optimum (KAO) untuk masing-masing variasi campuran. Penentuan KAO didasarkan pada karakteristik Marshall (*volumetric characteristics* dan *mechanical characteristics*) dan dianalisis dengan menggunakan metode *narrow range*. Dengan menggunakan metode ini maka hasil yang diperoleh berupa range KAO, selanjutnya besarnya KAO dapat ditentukan besaran nilainya di dalam range tersebut. Dalam penelitian ini KAO ditentukan berdasarkan nilai tengah dari range KAO pada masing-masing variasi campuran. Tabel 7 menunjukkan hasil nilai range KAO dan nilai KAO untuk masing-masing variasi campuran/

Tabel 7 Hasil penentuan nilai range KAO dan nilai KAO

Jenis binder	Penentuan rang KAO dan KAO pada campuran			
	AC-WC		AC-BC	
	Range KAO (%)	KAO (%)	Range KAO (%)	KAO (%)
EVA-MA-0	5,00 – 5,60	5,30	5,70 – 6,50	6,10
EVA-MA-1	5,00 – 5,70	5,35	4,50 – 6,40	5,40
EVA-MA-2	5,75 – 6,86	6,30	5,81 – 6,50	5,65
EVA-MA-3	6,20 – 7,50	6,85	4,69 – 6,44	5,56
EVA-MA-4	6,00 – 7,50	6,75	5,38 – 6,50	5,94

Karakteristik campuran pada KAO

Hasil karakterisasi campuran pada kondisi KAO diperoleh data hasil uji Marshall setelah perendaman standard an perendaman selama 24 jam pada suhu perendaman 60 °C. hasil uji Marshall ini ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 7 Hasil pengujian Marshall pada kondisi KAO

Jenis binder	Nilai Marshall Stability (MS) pada kondisi KAO					
	Campuran AC-WC			Campuran AC-BC		
	MS standar (kg)	MS 24 jam (kg)	RMS (%)	MS standar (kg)	MS 24 jam (kg)	RMS (%)
EVA-MA-0	1682	1561	92,78	1585	1467	92,53
EVA-MA-1	1687	1562	92,57	1550	1452	93,65
EVA-MA-2	1933	1758	90,96	1790	1729	96,61
EVA-MA-3	1664	1652	99,27	1648	1606	97,42
EVA-MA-4	1740	1575	90,50	1732	1598	92,27

Dari Tabel 7, secara umum hasil uji Marshall pada kondisi KAO baik pada perendaman standar maupun perendaman 24 jam memberikan hasil yang memenuhi persyaratan, nilai RMS untuk semua variasi campuran telah memnuhi persyaratan (> 90%).

Proporsi EVA optimum

Pada campuran AC-WC selain kekuatan lapisan (yang ditunjukkan dengan nilai stabilitas), juga parameter durabilitas (yang diindikasikan dengan nilai RMS), dalam hal ini ketahanan campuran terhadap air, yang akan banyak berkontribusi pada wearing course. Dengan melihat kombinasi kedua nilai ini maka pada campuran AC-WC modifikasi EVA titik optimum pada campuran dengan EVA-MA-3. Sedangkan pada campuran AC-BC, parameter yang berkontribusi besar dalam struktur perkerasan adalah kekuatannya (ditunjukkan dengan Stabilitas Marshall), maka berdasarkan hasil penelitian, titik optimumnya pada campuran AC-BC dengan EVA-MA-2 (2% EVA dalam aspal).

KESIMPULAN

1. Kehadiran polimer EVA pada apal Pen 60/70 mempengaruhi perubahan sifat pada aspal Pen 60/70. Perubahan sifat yang muncul adalah semakin besar kadar EVA dalam aspal akan menurunkan nilai

- penetrasi dan menaikkan titik lembek. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan sifat aspal Pen 60/70 yang mengarah kepada penurunan kepekaan terhadap perubahan suhu (*temperature susceptibility*).
2. Pengaruh EVA-MA pada campuran AC-WC, semakin tinggi kadar EVA dalam aspal maka kadar aspal optimum campuran akan semakin tinggi, sementara pada campuran AC-BC semakin tinggi kadar EVA dalam aspal menyebabkan peningkatan kadar aspal namun masih dibawah campuran tanpa aspal modifikasi EVA. Campuran AC-WC dan AC-BC dengan menggunakan EVA-MA menunjukkan ketahanan yang baik terhadap pengaruh air (nilai RMS lebih besar dari 90%)
 3. Campuran AC-WC dengan EVA-MA yang paling optimum diperoleh pada pada AC-WC dengan EVA-MA-3, artinya dengan kadar EVA 3% dalam aspal modifikasi. Sementara pada campuran AC-BC kondisi optimum dicapai pada campuran dengan EVA-MA-2 dengan 2% EVA dalam aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonemazzi, F., V. Barga, R. Corrieri, C. Giavarini, F. Sartori., 1996. *Characteristic of polymers and polymers-modified binders. Transport Research Record. No. 1535 Material and construction, characteristic of asphalt binders.* Washington D. C: National Academy Press.
- Brûlé, Bernard, 1996. *Polymer-Modified Asphalt Cements Used in the Road Construction Industry: Basic Principles. Transport Research Record. No. 1535 Material and construction, characteristic of asphalt binders.* Washington D. C: National Academy Press.
- Direktorat Jenderal Bina Marga., 2012. *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6.* Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Epps, J.A. 1986. Asphalt Pavement Modifiers. *The Magazine of Civil Engineering*, April 1986
- Krebs, Robert D. and Walker, Richard D. (1971). *Highway Materials.* Mc. Graw: Hill Book Company.
- Laitinen, J.T., Asosiated Asphalt Ltd., 1998. *Asphalt concrete (and macadam) surface courses, Asphalt Surfacing.* Edited by J. C. Nicholls. London: E & FN SPON.
- Panda, M. and Mazumdar, M. 1999. *Engineering Properties of EVA-Modified Bitumen Binder for Paving Mixes.* *Journal Materials Civil Engineering*, Vol. 11(2), p.p. 131–137
- Read, J. dan Whiteoak, D. 2003. *The Shell Bitumen Hand Book Fifth Edition.* UK: Thomas Telford Publishing.
- Sengoz, B. and Isikyakar, G. (2008). *Analysis of styrene-butadiene-styrene polymer modified bitumen using fluorescent microscopy and conventional test methods.* *J Hazard Mater* 150: 424-432.
- Yildirim, Y. 2005. *Polymer Modified Asphalt Binders.* *Journal of Construction and Building Materials* 21. University of Texas. Texas. USA. p.p. 66.