

PERENCANAAN DAN PENGUJIAN ASPAL PENETRASI 60/70 YANG DIMODIFIKASI DENGAN *ETHYLENE VINYL ACETATE* (EVA)

Mawid Dwi Sistra¹, Bakhi Mohamed Aljnude², Ary Setyawan³

^{1,2}Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

³Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126 Telp 085693633721

Email: mdsistra@gmail.com

Abstrak

Bahan pengikat yang sering digunakan dalam campuran perkerasan jalan adalah aspal. Campuran aspal seringkali mengalami berbagai kerusakan seperti menjadi getas, retak, serta deformasi permanen. Salah satu teknologi dalam aspal adalah penambahan bahan polimer plastomer untuk meningkatkan sifat reologi pada aspal keras maupun sifat campuran beraspal. Jenis polimer plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah Ethylene Vinyl Acetate (EVA).

EVA mempunyai sifat softness dan fleksibilitas, mempunyai material dengan sifat kemurnian dan kehalusan baik sehingga dengan penambahan EVA dalam campuran aspal dapat meningkatkan ketahanan terhadap air, suhu, retak, deformasi plastis, adhesi dan kohesi, oksidasi ultraviolet, serta nilai elastisitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan EVA pada aspal terhadap sifat aspal yang meliputi penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, berat jenis, dan kelekatan pada agregat. EVA yang ditambahkan pada Aspal adalah 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat aspal dengan suhu berturut-turut 100 °C. Untuk memprediksi sifat aspal (Stiffness Aspal dan PI) digunakan program komputer yang dioperasikan melalui Windows yaitu BANDS 2.0-Aspal and Asphalt Nomographs for windows.

Hasil pengujian sifat aspal dengan bahan tambah EVA menghasilkan campuran yang optimal sebesar 4%, sehingga aspal menjadi lebih kaku dengan nilai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal murni. Dengan adanya program BANDS 2.0 maka dapat memprediksi sifat campuran yang lebih kaku namun ketahanan terhadap fatigue menjadi lebih rendah.

Kata kunci: *Bahan Pengikat, EVA, Sifat Aspal Program BANDS 2.0*

Pendahuluan

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting untuk memperlancar kegiatan masyarakat dalam pergerakan ekonomi maupun kegiatan sosial lainnya. Pada umumnya salah satu bahan pengikat perkerasan jalan raya yang sering digunakan merupakan campuran beraspal karena aspal merupakan material yang viskoelastik. Tetapi, selama masa layannya aspal dalam campuran tersebut mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh perubahan cuaca, berlebihnya berat muatan (*overloading*) dan volume lalu lintas yang padat. Dengan adanya pertimbangan terhadap ketahanan pada beban dan cuaca maka dapat menentukan rancangan perkerasan jalan. Apabila perancangan jalan tersebut menggunakan rancangan perkerasan lentur maka kualitas dan ketebalan yang direncanakan harus baik agar perkerasan tersebut tidak mudah rusak akibat beban kendaraan yang melewatinya.

Dengan adanya masalah tersebut, maka diperlukan suatu cara untuk meningkatkan kemampuan aspal dalam campuran untuk mempertahankan atau meningkatkan sifat-sifat aspal yaitu melakukan modifikasi aspal dengan bahan tambah polimer plastomer. Jenis polimer plastomer yang digunakan pada penelitian ini adalah *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA)

EVA merupakan salah satu bahan polimer plastomer yang mempunyai sifat *softness*, fleksibilitas, memiliki sifat kemurnian dan kehalusan yang baik. Kelebihan lain yang dapat dimanfaatkan dari bahan tambah EVA dengan aspal adalah dapat meningkatkan ketahanan terhadap suhu, nilai elastisitas, air, adhesi dan kohesi, oksidasi ultraviolet, deformasi plastis, serta ketahanan terhadap aspal sehingga tidak mudah mengalami retak,

Persentase penambahan EVA ke dalam aspal juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium. Hal ini disebabkan penambahan bahan tambah ini dapat memberikan pengaruh yang negatif terhadap sifat aspal apabila dilakukan secara berlebihan, sehingga diperlukan penambahan yang tepat agar dapat memperbaiki sifat-sifat aspal.

Alasan penggunaan modifikasi Aspal adalah untuk meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen pada saat temperatur tinggi tanpa mempengaruhi sifat lain dari Aspal pada temperatur yang berbeda. Meningkatkan *stiffness* pada Aspal sama halnya meningkatkan *dynamic stiffness* pada campuran aspal, hal ini dapat

meningkatkan kemampuan penyaluran beban pada material dan meningkatkan kekuatan struktur serta umur rencana yang diharapkan dari suatu perkerasan. Dengan kata lain memungkinkan untuk dapat menghasilkan kekuatan struktur yang sama tetapi dengan tebal lapisan yang lebih tipis. Dengan meningkatkan elastisitas komponen dari Aspal dapat meningkatkan fleksibilitas dari aspal terhadap beban tarik yang bekerja. (Whiteoak,1990)

Salah satu cara untuk meningkatkan performa aspal tersebut adalah dengan cara memodifikasi aspal dengan menambahkan suatu bahan polimer. Salah satu polimer yang mampu mengatasi masalah tersebut adalah polimer plastomer jenis *EVA (Ethylene Vinyl Acetate)*. Tipe polimer ini mudah digunakan serta mempunyai kemampuan yang baik untuk bersatu dengan aspal, suhunya yang stabil pada *normal mixing* serta temperaturnya yang mudah dikendalikan (Whiteoak, 1991).

Modifikasi polimer dapat memperbaiki karakteristik penuaan dari binder sehingga efek dari oksidasi dapat ditunda sehingga perkerasan dapat bertahan lebih lama (Glover et al, 2005) (Woo dkk, 2007)

Penelitian Suherman (2013) dilakukan perbandingan kinerja campuran AC-BC yang menggunakan aspal modifikasi polimer *EVA* (sebesar 6%) dengan campuran yang tidak menggunakan aspal modifikasi polimer *EVA*. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa campuran yang menggunakan aspal modifikasi polimer *EVA* memberikan kinerja yang baik khususnya dalam mengatasi deformasi.

Penelitian yang dilakukan menggunakan bahan tambah polimer *EVA* dari salah satu pabrik di Jakarta, kadar *EVA* yang ditambahkan yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat aspal. Pada penelitian ini hanya meliputi pengujian sifat-sifat Aspal yang meliputi penetrasi, titik lembek, dan berat jenis. Kemudian dilakukan prediksi sifat aspal secara teoritis dengan menggunakan program BANDS 2.0.

Aspal keras (aspal semen)

Aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Pada temperatur biasa (25°C-30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasinya pada suhu 25°C atau berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya. Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan di daerah beruaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan pada kondisi cuaca dingin dan volume lalu lintas rendah. Spesifikasi aspal keras menurut SNI 06-1991 dapat dilihat pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1: Spesifikasi aspal keras menurut SNI 06-1991

Jenis Pengujian	Satuan	Metode	Persyaratan				
			Pen 40	Pen 60	Pen 80	Pen 120	Pen 200
Penetrasi, (25°C, 100gr, 5 dt)	0,01 mm	SNI 06-2456-1991	40 - 59	60 - 79	80 - 99	120 - 150	200 - 300
Titik Lembek (<i>ring and ball</i>)	°C	SNI 06-2434-1991	51 - 63	(50 - 58)	(46 - 54)	120 - 150	200 - 300
Titik Nyala (<i>Cleveland open cup</i>)	°C	SNI 06-2433-1991	Min. 200	Min. 200	Min. 225	218	177
Titik Bakar (<i>Cleveland open cup</i>)	°C	SNI 06-2433-1991	Min. 200	Min. 200	Min. 225	218	177
Daktilitas, 25°C	cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100	Min. 100	Min. 100	Min. 100	-
Berat Jenis	1	SNI 06-2488-1991	min. 1	min. 1	min. 1	-	-

Aspal Modifikasi Aspal

Volume lalu lintas yang selalu bertambah mengakibatkan beban tekanan roda yang membebani perkerasan jalan raya semakin bertambah, sehingga diperlukan peningkatan kualitas campuran perkerasan lentur dapat dilakukan dengan cara memodifikasi Aspal, terutama pada daerah dengan beban lalu lintas yang tinggi dan cepat beradaptasi terhadap perubahan cuaca. Tingkat kebutuhan dari *modifier* atau bahan tambahan tergantung dari tempat dan hasil *trial*.

Syarat suatu bahan tambahan (*additive*) sebagai modifikasi Aspal antara lain :

- Tersedia
- Dapat bercampur dengan Aspal
- Tahan terhadap degradasi pada suhu pencampuran
- Tahan leleh pada suhu tinggi
- Tahan getas pada suhu rendah
- Praktis, dan ekonomis
- Dapat meningkatkan ketahanan terhadap deformasi

Kegunaan penambahan bahan tambahan (*additive*) pada Aspal ini antara lain:

- Mengeraskan Aspal sehingga menurunkan *viscoelastic respon* yang menurunkan *permanent strain*.

- 2) Meningkatkan *elastic* komponen dari Aspal sehingga menurunkan *viscous component* yang mana mempunyai efek penurunan pada *permanent strain*.

Polimer EVA

Polimer adalah suatu rantai panjang molekul yang sangat besar, terdiri dari atas ratusan ataupun ribuan atom yang terbentuk melalui pengulangan dari satu atau dua bahkan lebih dari bentuk molekul yang kecil menjadi suatu rantai molekul atau struktur jaringan (Hall C, 1989).

Kelebihan penggunaan bahan tambah EVA pada Aspal dalam peningkatan sifat-sifat pada aspal keras antara lain:

- 1) Meningkatkan ketahanan terhadap suhu
- 2) Meningkatkan ketahanan terhadap retak
- 3) Meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastis
- 4) Meningkatkan nilai elastis
- 5) Meningkatkan nilai ketahanan terhadap air
- 6) Meningkatkan nilai adhesi dan kohesi
- 7) Meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi ultraviolet

Pada penelitian ini polimer yang digunakan adalah polimer plastomer jenis EVA, dimana pada jenis ini mudah digunakan serta mempunyai kemampuan yang baik untuk bersatu dengan Aspal, serta suhunya yang stabil pada normal *mixing* serta temperaturnya yang mudah dikendalikan (Whiteoak, 1991).



Gambar 1: Polimer EVA

Kadar EVA yang akan ditambahkan yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat aspal. Menurut Suherman (2013) bahwa jenis EVA yang digunakan dapat diperjelas dengan Gambar 1 yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a) Memiliki berat jenis $0,925 \text{ g/cm}^3$
- b) Memiliki titik leleh 96°C
- c) Memiliki titik lembek 70°C
- d) Mulai mengeras pada temperatur $<76^\circ\text{C}$

Pengujian Bahan

Beberapa pengujian sifat-sifat Aspal yang dimodifikasi dengan EVA antara lain:

Uji penetrasi (SNI 2456:2011)

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan membebani permukaan aspal dengan beban seberat 100 gram pada tumpuan jarum berdiameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 25°C . Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm.

Titik lembek (SNI 2434:2011)

Temperatur pada saat dimana aspal mulai melunak, tidaklah sama sekalipun pada jenis produksi yang sama. Titik lembek adalah temperatur dimana suatu lapisan aspal setebal 5 mm akan melunak sepanjang 25,4 mm saat diberikan beban berupa bola baja berdiameter 9,53 mm seberat 3,5 mg. Aspal dengan titik lembek yang tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur tetapi lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan.

Daktilitas (SNI 2432:2011)

Tujuan pemeriksaan daktilitas adalah untuk mengetahui sifat kohesi dari aspal, yaitu dengan mengukur jarak terpanjang dari aspal seluas 100 mm^2 saat ditarik dengan kecepatan penarikan 50 mm/menit pada temperatur 25°C sebelum putus. Aspal dengan daktilitas yang besar, mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan suhu.

Berat jenis (SNI 2441:2011)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat aspal dengan volumenya pada suhu 25°C. Berat jenis diperlukan untuk perhitungan dalam analisis campuran dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 berikut:

$$\text{Berat jenis} = (C-A)/[(B-A)-(D-C)] \quad (1)$$

dengan:

A = berat piknometer (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi air dan aspal (gram)

Berat jenis air sebesar 1 gram/cc, sehingga dapat diketahui berapa volume aspal yang menggantikan air dari selisih berat pada penimbangan tersebut dimana jenis aspal ini merupakan berat aspal dibagi volumenya.

Program BANDS 2.0.

BANDS 2.0 *Shell Aspal* merupakan program komputer yang dapat digunakan untuk memprediksi secara teoritis sifat-sifat aspal dengan Aspal yang telah dimodifikasi. Berdasarkan penelitian sifat-sifat Aspal dalam pengujian bahan sebelumnya maka dapat diperoleh beberapa parameter tertentu dengan cara memasukkan parameter-parameter tersebut ke dalam program BANDS 2.0 sehingga dapat mengetahui sifat-sifat dari modifikasi aspal, yaitu :

Modulus Kekakuan (*Stiffness Modulus Aspal*)

Aspal merupakan material yang viscoelastis dimana perubahan bentuk (deformasi) sangat dipengaruhi oleh temperatur dan pembebanan. Modulus kekakuan S_t , selama pembebanan t , adalah perbandingan antara tegangan σ dan regangan ϵ_t yang dihasilkan selama waktu t dideskripsikan dalam Persamaan 2 berikut :

$$S_t = \sigma / \epsilon \quad (2)$$

dengan:

S_t = Modulus kekakuan

σ = regangan (perpanjangan bahan per satuan panjang δ/L_0)

ϵ = tegangan (gaya persatuan luas P/A)

Indeks Penetrasi (*Penetration Index*)

Menurut Huang (1993), aspal memiliki sifat termoplastik yang akan menjadi lembek bila dipanaskan dan menjadi keras (beku) dalam suhu dingin. Sifat termoplastik tersebut yang menyebabkan *viscosity* (kekentalan) aspal berubah terhadap perubahan temperatur. Kepekaan aspal terhadap temperatur ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi (*penetration Index*).

Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Aspal Pertamina spesifikasi penetrasi 60/70
2. Bahan tambah polimer *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)*

Metode ini dilakukan metode eksperimen campuran Aspal panas dan EVA panas yaitu dengan cara memanaskan Aspal dan EVA secara bersamaan dalam wadah yang berbeda. Percobaan ini dilakukan pada temperatur 100°C. Setelah keduanya pada temperatur yang telah ditentukan kemudian EVA dituang ke dalam wadah Aspal untuk dilakukan pengadukan selama pencampuran hingga campuran menjadi homogen.

Tabel 2: Jumlah Benda Uji

No	Kadar EVA Terhadap Aspal	Benda Uji (Buah)						Jumlah Benda Uji
		Penetrasi	Titik Lembek	Titik Nyala dan Titik Bakar	Daktilitas	Berat Jenis	Kelekatan Pada Agregat	
1	0%	3	3	3	3	3	3	18 buah
2	2%	3	3	3	3	3	3	18 buah
3	4%	3	3	3	3	3	3	18 buah
4	6%	3	3	3	3	3	3	18 buah
5	8%	3	3	3	3	3	3	18 buah
6	10%	3	3	3	3	3	3	18 buah
Total Jumlah Benda Uji								108 buah

Sebelum pembuatan benda uji, dilakukan produksi Aspal yang ditambah dengan *EVA* dengan variasi penambahan *EVA* 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat Aspal. Pembuatan benda uji dilakukan setelah menghasilkan campuran yang homogen, kemudian benda uji tersebut akan dituang dalam suatu media uji untuk masing-masing pengujian. Benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Persiapan Material

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dan *EVA*. Hasil pengujian aspal ditunjukkan dalam Tabel 3. pengujian aspal dilakukan untuk menunjukkan sifat aspal yang digunakan memenuhi syarat sesuai dengan standar SNI:2011.

Tabel 3: Data hasil pengujian Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil
1	Penetrasi	0,1 mm	Aspal 60-70	65,27
2	Titik Lembek	°C	≥48	50
3	Berat Jenis		≥1,0	1,06

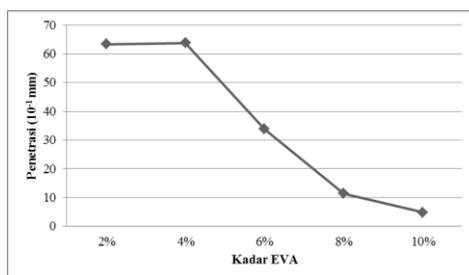
Berdasarkan data hasil aspal dalam Tabel 3, aspal yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan nilai penetrasi aspal adalah 65,27. Titik lembek aspal ini sebesar 50 °C dan nilai berat jenis 1,06 yang berarti lebih dari 48 °C dan 1 dalam standar SNI 06-1991. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar SNI 06-1991. Pengujian sifat-sifat aspal yang dimodifikasi dengan *EVA* antara lain adalah uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis. Hasil dari pengujian disajikan dalam Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4: Data Hasil pengujian Aspal modifikasi *EVA* 2-10%

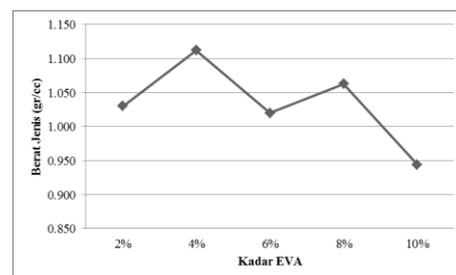
No	Jenis Pengujian	SNI	Karakteristik Aspal penambahan Kadar <i>EVA</i>					Satuan
			2%	4%	6%	8%	10%	
1	Penetrasi	60-70	63,4	63,8	33,8	11,4	4,8	10 ⁻¹ mm
2	Titik Lembek	≥48	54,5	74,5	52,5	55,5	60	°C
3	Daktilitas	≥1000	1020	1003	720	435	270	mm
4	Berat Jenis	≥1,0	1,030	1,112	1,020	1,063	0,944	gr/cc

Hasil penelitian pada campuran 2% dan 4% *EVA* dari berat Aspal menunjukkan nilai penetrasi, daktilitas, berat jenis dan titik lembek yang baik dan memenuhi standar SNI 06-1991. Hasil lain didapat pada campuran 6% , 8% , dan 10% *EVA* dari berat Aspal menunjukkan nilai berat jenis dan titik lembek yang baik dan memenuhi standar SNI 06-1991, tetapi pada nilai penetrasi dan daktilitas kurang baik karena tidak memenuhi standar SNI 06-1991.

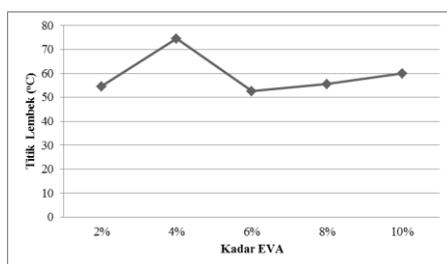
Berdasarkan pedoman SNI 06-1991 maka hasil yang terbaik adalah aspal dengan penambahan 2% dan 4% *EVA*.



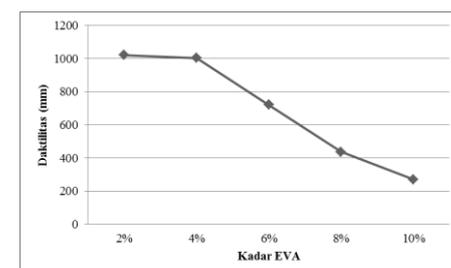
Gambar 2: Hasil Uji Penetrasi



Gambar 3: Hasil Uji Berat Jenis



Gambar 4: Hasil Uji Titik Lembek



Gambar 5: Hasil Uji Daktilitas

Prediksi Secara Teoritis sifat-sifat aspal dengan Program BANDS 2.0.

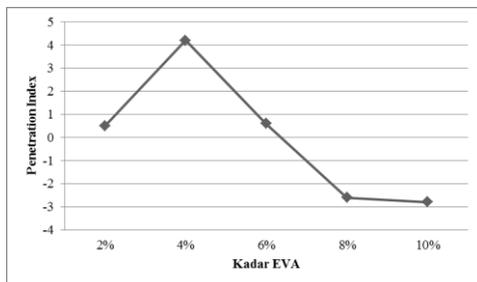
Dari hasil penelitian modifikasi Aspal dengan EVA diperoleh parameter-parameter yang dapat digunakan sebagai data masukan dalam program BANDS 2.0. parameter yang digunakan adalah hasil penetrasi dan titik lembek Aspal.

Tabel 5: Data Input dari Hasil Pengujian

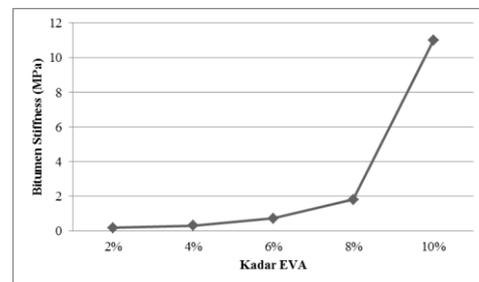
No	Jenis Pengujian	Karakteristik Aspal penambahan Kadar EVA					Satuan
		2%	4%	6%	8%	10%	
1	Penetrasi	63,4	63,8	33,8	11,4	4,8	10^{-1} mm
2	Titik Lembek	54,5	74,5	52,5	55,5	60	°C

Tabel 6: Hasil Prediksi Program BANDS 2.0

No	Jenis Pengujian	Prediksi Program BANDS 2.0.					Satuan
		2%	4%	6%	8%	10%	
1	penetration Index	0,5	4,2	0,6	-2,6	-2,8	
2	Aspal Stiffness	0,168	0,3*	0,721	1,81	11	Mpa



Gambar 6: Hasil Penetration Index



Gambar 7: Hasil Uji Stiffness Bitumen

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengujian karakteristik sifat aspal adalah sebagai berikut :

1. Penambahan EVA sebesar 2% dan 4% dari berat aspal pen 60/70 masih memenuhi syarat SNI 06-1991 dengan hasil yang terbaik pada campuran aspal dengan EVA 4%.
2. Penambahan EVA cenderung menurunkan nilai penetrasi sehingga aspal menjadi semakin keras.
3. Penambahan EVA cenderung menaikkan nilai titik lembek, hasil tertinggi pada penambahan EVA 4%
4. Penambahan EVA cenderung menurunkan nilai daktilitas aspal sehingga aspal menjadi lebih getas.
5. Penambahan EVA cenderung menaikkan berat jenis aspal, hasil berat jenis yang terbaik pada penambahan EVA 4%.
6. Penambahan EVA pada kadar optimum menghasilkan Penetration Index yang baik sehingga aspal lebih tahan terhadap perubahan cuaca.
7. Semakin besar penambahan kadar EVA menghasilkan Aspal Stiffness yang besar sehingga aspal menjadi lebih kaku.

Daftar Pustaka

- Mahabir Panda and Mayajit Mazumdar., (1999). "Engineering Properties of EVA-Modified Aspal Binder For Paving Mixes", *Journal Of Materials In Civil Engineering*.
- Prasetyo, Trinadira S. (2006). "Modifikasi Aspal Dengan Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) Murni", Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rahmanegoro, Rena. (2006), "Modifikasi Aspal Dengan Limbah Polypropylene". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Standart Nasional Indonesia (SNI). 2011. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Pengujian Aspal*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan.
- Suherman, (2013). "Pengaruh Polimer EVA (Ethylene Vinyl Acetate) Terhadap Kinerja Campuran Lapis Antara (AC-BC)", *Riau: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim*.
- Wardhani, Astuti Koos. (2007). "Penerapan Pavement Technology pada perkerasan Runway Bandara Adi Sumarmo Solo Dengan Tinjauan Streets dan Strain Pada Wearing Course", Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wasiah, Suroso T. (2008). "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal, *Media Komunikasi Teknik Sipil, (1-17)*.