

PENGARUH PENGGUNAAN ELVALOY TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS PENGIKAT (AC-BC)

Immanuel Bonardo H

Program Studi Magister Sistem dan
Teknik Jalan Raya
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No 10 Bandung 40132
hibonardo@gmail.com

Eri Susanto Hariyadi

Program Studi Magister Sistem dan
Teknik Jalan Raya
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No 10 Bandung 40132
erisdi@yahoo.com

Abstrak

Campuran bergradasi menerus memberikan stabilitas dan kekakuan yang tinggi namun rentan terhadap keretakan. Campuran beraspal panas Laston pengikat (AC-BC) dengan menggunakan Aspal Modifikasi Elvaloy diharapkan dapat menjadi lapisan perkerasan yang memiliki kestabilan yang tinggi namun juga tahan terhadap kelelahan. Penelitian ini dimaksudkan mengevaluasi pengaruh Aspal Modifikasi polimer Elvaloy di dalam campuran Laston Lapis Pengikat (AC-BC) berdasarkan kriteria kelelahan (*Fatigue*) dengan menggunakan campuran aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi polimer Elvaloy yang dihasilkan dari aspal Pen 60/70 yang dicampur polimer Elvaloy sebesar 1,5% dan 2,5%. Modifikasi Elvaloy meningkatkan Stabilitas Marshall campuran Laston AC-BC. Kadar Aspal Optimum (KAO) meningkat dengan penambahan polimer Elvaloy. Hasil pengujian *Marshall Immersion* menunjukkan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran Elvaloy lebih tinggi dari Aspal Pen 60/70. Pengujian Kelelahan dengan *Four Point Loading Test* menunjukkan bahwa campuran yang memiliki Ketahanan terhadap kelelahan terbaik adalah campuran dengan aspal modifikasi Elvaloy 1,5%. Diantara campuran Aspal Pen 60/70, Elvaloy 1,5%, dan Elvaloy 2,5%, dapat disimpulkan bahwa Elvaloy 1,5% memiliki kinerja stabilitas dan kelelahan yang lebih baik.

Kata kunci: Laston Lapis Pengikat (AC-BC), Elvaloy, kinerja campuran, Stabilitas, Ketahanan terhadap kelelahan

PENDAHULUAN

Desain perkerasan beraspal meliputi pemenuhan persyaratan struktural dan persyaratan kehandalan selama masa layan. Kedua hal tersebut dipengaruhi oleh kinerja campuran yang meliputi ketahanan terhadap deformasi permanen, keretakan akibat kelelahan, keretakan akibat temperatur, kehilangan gesekan permukaan dan pengaruh kelembapan. Kinerja campuran tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari aspal dan batuan penyusunnya.

Aspal beton atau yang disebut dalam spesifikasi Binamarga dengan Lapis Aspal Beton (Laston) adalah lapisan permukaan struktur perkerasan jalan lentur yang paling banyak dipergunakan di Indonesia, dimana dengan campuran bergradasi menerus, diharapkan dapat memberikan kestabilan lebih tinggi dan relatif kaku namun cukup peka terhadap keretakan.

Modifikasi aspal dengan menambahkan suatu bahan polimer yang bertujuan untuk meningkatkan performa jalan menjadi salah satu alternatif dalam memperbaiki sifat dari campuran tersebut. Salah satu tujuan utama penggunaan polimer adalah untuk

meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen pada jalan dengan temperatur tinggi, dengan cara menurunkan regangan permanen. Penurunan regangan permanen ini dapat dicapai dengan meningkatkan komponen elastis dari campuran, yang akan menurunkan komponen viskosnya sehingga fleksibilitas dari campuran akan meningkat dan angka struktural yang sama bisa dicapai dengan ketebalan lapisan yang lebih tipis. (Read dan Whiteoak, 2003). Modifikasi dari campuran aspal ini juga menawarkan solusi untuk mengurangi biaya dan frekuensi pemeliharaan serta mencegah kerusakan dini pada jalan.

Penggunaan Polimer Elastomer pada lapis pengikat (*Asphalt Concrete Binder Course*) diharapkan dapat membantu kinerja lapis pengikat dalam mengurangi tegangan dan menahan beban lalu lintas. Polimer Elastomer yang dijadikan pilihan adalah Polimer Elvaloy RET (*Reactive Elastomeric Terpolymer*) karena sifatnya yang mudah digunakan serta dapat membantu membangun jalan yang bertahan lebih lama atau mengambil beban yang lebih tinggi tanpa alur (DuPontTM, 2012).

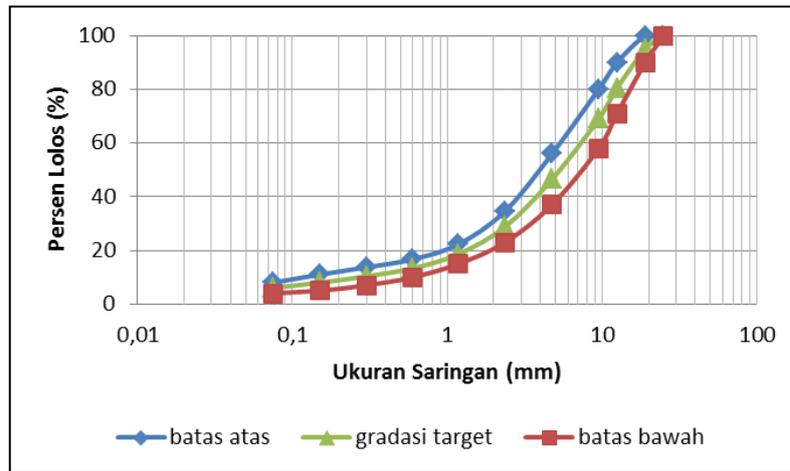
TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh Aspal Modifikasi polimer Elvaloy di dalam campuran Laston Lapis Pengikat (AC-BC) berdasarkan kriteria kelelahan (*Fatigue*).

METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan pengujian mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (dalam Kementerian PU, 2010) dan *Association of Standard Testing Materials* (ASTM). Pada penelitian ini agregat yang digunakan berasal dari Kabupaten Kerawang, Jawa Barat. Aspal yang digunakan ialah Aspal Pen. 60/70 dan Aspal Pen. 60/70 yang dimodifikasi dengan Polimer Elvaloy dengan kadar 1,5% dan 2,5% berdasarkan perbandingan berat. Aspal dan Agregat diuji karakteristiknya kemudian dibandingkan dengan Spesifikasi Kementerian PU 2010.

Gradasi yang digunakan ialah Aspal Beton Lapis Pengikat (AC-BC) dengan ukuran maksimum butiran 19 mm (Gambar 1). Benda uji Marshall dibuat 15 (lima belas) buah untuk tiap jenis aspal untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang kemudian akan digunakan untuk pengujian perendaman Marshall dan *Fatigue (Four Point Loading Test)*. Perendaman Marshall menggunakan 4 (empat) benda uji untuk tiap jenis aspal (Pen. 60/70, Asmod Elvaloy 1,5% dan 2,5%) yang dibagi menjadi 2 (dua) jenis pengkondisian. Pengujian *Fatigue* dengan metode *Controlled Stress* menggunakan 3 (tiga) benda uji dengan tingkat tegangan yang berbeda (2000 kPa, 1750 kPa dan 1500 kPa) untuk tiap jenis aspal.



Gambar 1 Gradasi Aspal Beton Lapis Pengikat (AC-BC) Kasar

HASIL

Hasil Pengujian Aspal dan Agregat

Hasil pengujian agregat dan aspal serta standar pengujian yang digunakan diberikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2010.

Tabel 1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian	Standar	Syarat Pen 60/70	Hasil Uji Properties Pen 60/70	Ket	Syarat Elastomer Sintetis	Hasil Uji Properties Aspal Modifikasi			
						1,50%	Ket	2,50%	Ket
Penetrasi, 25°C (dmm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70	65,70	OK	Min. 40	56,78	OK	56,40	OK
Viskositas 135°C (cSt)	AASHTO T201-03	≥ 385	388,06	OK	≤ 3000	1467	OK	1473	OK
Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48	50	OK	≥ 54	57	OK	61	OK
Indeks Penetrasi ²⁾	-	≥ -1,0	-0,287	OK	≥ 0,4	0,233	T.OK	0,707	OK
Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI-06-2432-1991	≥ 100	100	OK	≥ 100	85	T.OK	61,25	T.OK
Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥ 232	334	OK	≥ 232	330	OK	325	OK
Titik Bakar (°C)	SNI-06-2433-1991	≥ 232	342	OK	≥ 232	340	OK	338	OK
Kelarutan dlm Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	99,901%	OK	≥ 99 %	97,8%	T.OK	96,9%	T.OK
Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	≥ 1,0	1,041	OK	≥ 1,0	1,031	OK	1,029	OK

Pengujian	Standar	Syarat Pen 60/70	Hasil Uji Properties Pen 60/70	Ket	Syarat Elastomer Sintetis	Hasil Uji Properties Aspal Modifikasi			
						1,50%	Ket	2,50%	Ket
Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-		-	≤ 2,2	2,25	T.OK	1,00	OK
Setelah TFOT									
Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8	0,025%	OK	≤ 0.8	-0,007	OK	-0,003	OK
Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	85,8%	OK	≥ 54	95,5	OK	95,6	OK
Indeks Penetrasi ²⁾	-	≥ -1,0	-0,552	OK	≥ 0,4	0,069	T.OK	0,622	OK
Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	-	≥ 60	75,50	OK	68,50	OK
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100	100	OK		70,75	T.OK	59,25	T.OK

Tabel 2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian		Standar	Nilai	Hasil Uji Agregat
a. Agregat Kasar				
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407-2008	Maks.12%	5,90 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417-2008	Maks. 30%	21,09 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%	99 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 ⁽¹⁾	99,97/99,93
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75 ⁽¹⁾	-
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks. 10%	1,4 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%	0,417%
Berat Jenis Agregat Kasar		SNI 1969-2008	BJ Bulk ≥ 2,5	2,6162
			Absorbsi ≤ 3%	1,22%
b. Agregat Halus				
Nilai Setara Pasir		SNI 03-4428-1997	Min 70% untuk AC bergradasi kasar	72,37 %

Pengujian	Standar	Nilai	Hasil Uji Agregat
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min 45	54,23%
Berat Jenis Agregat Halus	SNI 1970-2008	BJ Bulk \geq 2,5	2,5464
		Absorpsi \leq 3%	0,816%

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan modifikasi Elvaloy menurunkan nilai penetrasi, daktilitas, titik nyala, titik bakar, kelarutan dalam TCE, berat jenis dan stabilitas penyimpanan. Beberapa karakteristik aspal modifikasi tidak memenuhi Spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh agregat memenuhi Spesifikasi Kementerian PU 2010.

Hasil Pengujian Marshall

Dari volumetrik dan pengujian Marshall didapatkan nilai Kepadatan Campuran, VIM, VMA, VFB, dan VIMRef (VIM saat kondisi kepadatan mutlak). Untuk menghitung Kadar Aspal Optimum (KAO), dilakukan analisis terhadap semua parameter tersebut dan nilai lainnya seperti Stabilitas, Flow, dan Marshall Quotient. Hasil pengujian dan KAO disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Marshall

Sifat-Sifat Campuran	Aspal Pen 60/70		Aspal Modifikasi Elvaloy		
	Hasil Pengujian	Spesifikasi	1,5%	2,5%	Spesifikasi
KAO; %	5,65	-	6,15	6,2	-
Berat Isi; t/m ³	2,289	-	2,259	2,268	-
VIM Marshall; %	4,66	3-5%	4,82	4,13	3-5%
VIM Refusal; %	2,09	>2 %	1,82	0,3	>2 %
VMA; %	16,55	>15 %	18,1	17,76	>15 %
VFA; %	71,76	>65 %	73,37	76,9	>65 %
Stabilitas; Kg	1175,73	>800 Kg	1448,19	1253,87	>1000 Kg
Kelelahan; mm	4,55	>3 mm	4,76	4,79	> 3 mm
Marshall Quotient; Kg/mm	252	>250 Kg/mm	304	262	>300 Kg/mm

Hasil Pengujian Perendaman Marshall

Benda uji Perendaman Marshall dibuat pada KAO untuk tiap jenis aspal. Total 12 (dua belas) benda uji digunakan untuk pengujian ini. Hasil perbandingan dari Perendaman Marshall diberikan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Hasil Perendaman Marshall

Hasil Pengujian *Fatigue*

Pengujian *Fatigue* dengan menggunakan tiga tingkatan kontrol tegangan menghasilkan hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian *Fatigue*

Jenis Campuran	Tegangan Tarik	Regangan Tarik	Regangan Tarik Akhir	Modulus Elasticity	Initial Flexure Stiffness	Initial Phase Angle	Term Phase Angle	Initial Dissipated Energy	Current Dissipated Energy	Pengulangan Hingga Runtuh
	Kpa	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	Mpa	Mpa	deg	deg	KJ/m ³	KJ/m ³	(Cycles)
Aspal Pen 60/70 KAO 5,65 %	2000	568	1153	3754	3522	32,9	41,8	2,452	5,052	5670
	1750	480	965	3882	3643	32,2	40,9	1,795	3,708	7540
	1500	469	983	3404	3189	33,3	39,9	1,495	3,288	10340
Aspal Elvaloy 1,5% KAO 6,15 %	2000	497	996	4295	4026	30	40,1	2,167	4,354	32100
	1750	513	1028	3642	3415	33,3	41,5	1,949	3,996	60400
	1500	408	755	3915	3673	27,8	37,62	1,334	2,453	132840
Aspal Elvaloy 2,5% KAO 6,2 %	2000	781	1583	2734	2558	36,8	44,3	3,405	6,836	6340
	1750	478	958	3915	3671	29	39,3	1,827	3,697	52090
	1500	395	790	4060	3806	28,4	38,8	1,298	2,625	82670

ANALISIS DAN DISKUSI

Analisis Pengujian Aspal

Dari hasil pengujian terhadap aspal Pen 60/70 menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2010. Aspal modifikasi Elvaloy 1,5% tidak memenuhi persyaratan Indeks Penetrasi, Daktilitas, Kelarutan dalam TCE dan Stabilitas Penyimpanan. Elvaloy 2,5% tidak memenuhi persyaratan Daktilitas dan Kelarutan dalam TCE. Penambahan Elvaloy menyebabkan aspal menjadi lebih keras, titik lembek menjadi lebih tinggi, menurunkan daktilitas, persen kehilangan berat, berat jenis, kepekaan terhadap temperatur (menurunkan Indeks Penetrasi), titik bakar/titik nyala dan kelarutan dalam TCE.

Karakteristik aspal yang paling mempengaruhi kinerja campuran ialah penetrasi, titik lembek, viskositas, daktilitas dan indeks penetrasi. Penambahan Elvaloy menurunkan nilai penetrasi yang mengindikasikan perubahan modulus kekakuan aspal yang juga bertambah tinggi, sehingga modulus kekakuan campuran aspal tinggi seperti yang diharapkan tercapai. Kenaikan nilai titik lembek dan viskositas menunjukkan dengan adanya penambahan Elvaloy, aspal menjadi semakin *viscous* dan lebih dapat bertahan terhadap temperatur perkerasan di lapangan. Nilai daktilitas yang semakin kecil mengindikasikan aspal Elvaloy memiliki sifat kohesi yang kurang baik dikarenakan homogenitas Elvaloy yang tidak sempurna. Penurunan nilai Indeks Penetrasi akan mempengaruhi kemampuan aspal terhadap kepekaan suhu di lapangan, dimana penambahan polimer Elvaloy pada aspal menurunkan kepekaan aspal terhadap temperatur.

Dari seluruh pengujian karakteristik aspal tersebut dapat dilihat bahwa penambahan Elvaloy meningkatkan karakteristik aspal yang mendukung peningkatan kinerja campuran meskipun tidak memenuhi beberapa Spesifikasi Kementerian PU 2010

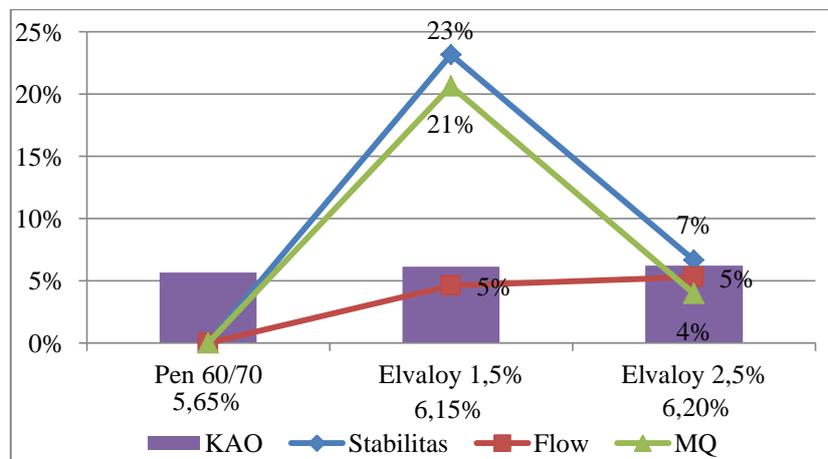
Analisis Pengujian Agregat

Seluruh hasil pengujian agregat memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2010. Hal ini menandakan bahwa agregat memenuhi syarat untuk menjadi campuran dengan kinerja yang tinggi.

Analisis Pengujian Marshall

KAO yang didapatkan dari pengujian Marshall mengindikasikan bahwa penambahan Elvaloy meningkatkan kebutuhan aspal pada campuran (Tabel 3). Tidak tercapainya nilai VIM refusal mengindikasikan bahwa dengan penambahan Elvaloy mengakibatkan campuran menjadi semakin sensitif terhadap pemadatan lanjut.

Secara umum dapat dilihat bahwa penambahan Elvaloy meningkatkan Stabilitas namun juga meningkatkan nilai Kelelehan (*Flow*). Peningkatan nilai Stabilitas juga berdampak pada peningkatan nilai Marshall Quotient (MQ). Terlihat dari nilai MQ (Tabel 3) bahwa penambahan Elvaloy melebihi kadar optimumnya akan menyebabkan campuran menjadi rentan terhadap deformasi permanen. Kadar Elvaloy berlebih mengakibatkan aspal menjadi tidak homogen dan Elvaloy membentuk lapisan lilin yang menurunkan gesekan internal dari batuan (Polacco et al, 2004) dan menyebabkan deformasi mudah terjadi. Perbandingan pengaruh penambahan Elvaloy diberikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Penambahan Elvaloy terhadap KAO, Stabilitas, Flow dan MQ

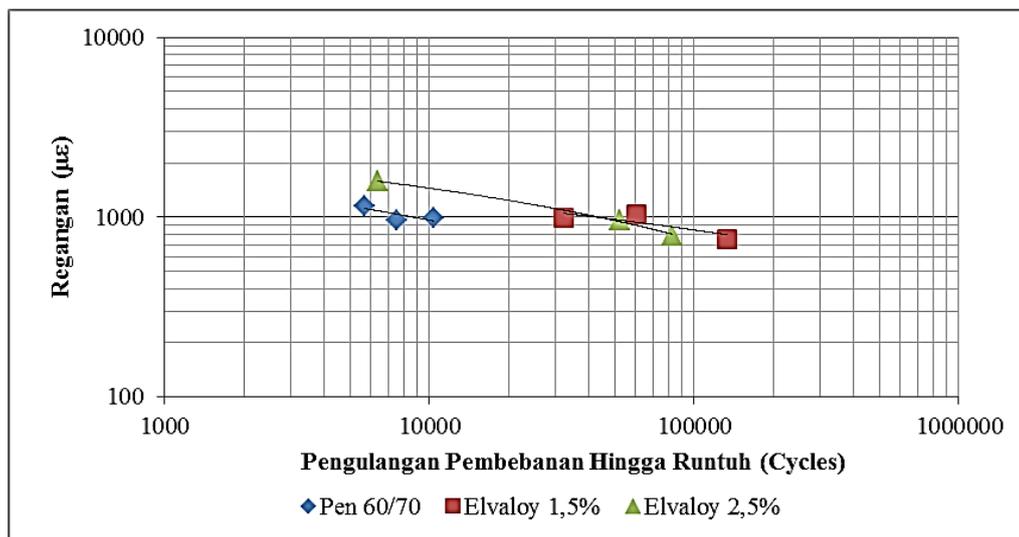
Analisis Pengujian Perendaman Marshall

Penambahan kadar Elvaloy meningkatkan ketahanan campuran terhadap pengaruh air dan temperatur. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa Stabilitas campuran Elvaloy 1,5% tidak sejalan dengan durabilitasnya, hal ini karena stabilitas campuran AC-BC dengan Elvaloy 1,5% lebih dipengaruhi oleh kinerja keliatan aspal dari pada kepadatannya. Rongga yang tinggi pada campuran menyebabkan lebih banyak infiltrasi air sehingga ketahanan terhadap pengaruh air lebih rendah dari Elvaloy 2,5% dengan VIM yang lebih kecil.

Analisis Pengujian Fatigue

Berdasarkan pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai tegangan berbanding terbalik dengan jumlah pembebanan hingga runtuh, dimana semakin besar tegangan yang diberikan maka jumlah siklus pembebanan akan semakin pendek. Hal ini disebabkan karena besarnya tegangan yang diberikan menyebabkan semakin besar pula regangan yang dihasilkan untuk mempertahankan tegangan tersebut, akibatnya beban yang diterima campuran akan semakin besar yang berdampak kepada makin cepatnya campuran tersebut mengalami keruntuhan. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan mengekstrapolasi trend garis yang ada dapat diprediksi umur siklus keruntuhan pada regangan 100 $\mu\epsilon$ (besar regangan in-situ yang umumnya terjadi akibat beban standar pada lapisan perkerasan antara 30 – 200 $\mu\epsilon$, Read dan Whiteoak, 2003).

Secara umum, pada suhu 20°C campuran yang mengandung Elvaloy 1,5% memiliki ketahanan yang paling baik pada tiap variasi nilai tegangan dibandingkan dengan campuran dengan Aspal Pen. 60/70 dan Elvaloy 2,5%. Semakin tinggi modulus elastisitasnya memberikan umur layan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang memiliki modulus elastisitas lebih kecil (Tabel 4).



Gambar 4 Pengaruh Penambahan Elvaloy terhadap KAO, Stabilitas, Flow dan MQ

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat disimpulkan bahwa:

Dari segi aspal, penambahan Elvaloy meningkatkan ketahanan terhadap temperatur (*lower temperature susceptibility*) sehingga diharapkan dapat bertahan lebih baik terhadap suhu layan di lapangan.

Kebutuhan campuran akan aspal meningkat dengan penggunaan Polimer Elvaloy. Namun hal ini sebanding dengan peningkatan Stabilitas, MQ dan Ketahanan terhadap Kelelahannya (*Fatigue*)

Campuran Laston Lapis Antara bergradasi menerus (AC-BC) dengan Aspal Modifikasi dengan plastomer Elvaloy menghasilkan campuran beraspal dengan kinerja baik dalam hal Stabilitas Marshall yang tinggi dan ketahanan terhadap *fatigue*, dapat dijadikan salah satu alternatif lapisan struktur dalam perkerasan jalan dengan umur layan yang lebih lama dari pada Aspal Pen 60/70.

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa campuran beraspal panas menggunakan Aspal Modifikasi Polimer Elvaloy dengan kadar disekitar 1,5% memberikan kinerja yang paling baik karena memiliki Stabilitas Marshall yang tinggi dan Ketahanan terhadap *fatigue* yang juga tinggi.

REFERENSI

- ASTM, (2012) : *ASTM 2012 Standards*, ASTM International, West Conshohocken.
- AASHTO T 321-07 (2011), *Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending*
- Huang, Yan H, (2012), *Pavement Analysis and Design Second Edition*, Prentice-Hall, Inc, New Jersey
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2010), *Spesifikasi Umum 2010 Divisi VI. Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas*.
- Polacco, N, Stastna, J, Biondi, D, Antonelli, F, dan Vlachovicova, Z (2004), *Rheology of asphalts modified with glycidylmethacrylate functionalized polymers*, Journal of Colloid and Interface Science 280 (2004) 366–373.
- Read J. and Whiteoak D. (2003), *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, U.K.
- Standar Nasional Indonesia, SNI (2003), *Metoda Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*, RSNI M-01-2003, Badan Standar Nasional Indonesia.
- Yoder, E.J. dan Witczak, M.W. (1975), *Principles of Pavement Design*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- DuPont, (2012), DuPont Elvaloy RET, tersedia di <http://www2.dupont.com/Elvaloy/en_US/uses_apps/polymer_modified_asphalt_pma.html>, dilihat Maret 2012