

PENGARUH PENAMBAHAN PLASTIK *HIGH DENSITY POLY ETHYLENE* PADA LAPISAN PERKERASAN ASPAL BETON AC-BC

(Effect of Addition of High Density Polyethylene Plastics on Layers Asphalt Concrete AC-BC)

Rian Wanardi Eriyono¹, Imam Hagni Puspito¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasila

E-mail: rian_unitedarmy@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Kondisi tersebut harus didukung oleh kualitas lapis perkerasan yang baik. Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling diminati pada struktur perkerasan jalan raya. Cara yang sering digunakan untuk menaikkan mutu aspal untuk memperbaiki kerusakan adalah dengan menambah bahan aditif, salah satunya plastik. Penelitian ini mencoba menggunakan bahan aditif berupa biji plastik *High Density Poly Ethylene* yang diharapkan menambah nilai stabilitas dan bahkan mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal lapis perkerasan beton aspal terhadap kerusakan. Penelitian ini menggunakan metode suatu percobaan untuk mendapatkan hasil perbandingan antara campuran aspal normal dan aspal-plastik HDPE, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan biji plastik HDPE akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal beton dengan variasi penambahan plastik sebesar 3% dan 6% terhitung dari berat aspal rencana. Dari hasil analisa campuran aspal normal dan campuran aspal biji plastik HDPE 3% dan 6% didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III yaitu sebesar 5,9 %, 5% dan 5,8%. Dari proses analisa hasil pengujian *Marshall* didapat nilai parameter karakteristik campuran untuk campuran normal berupa VIM (4,46%), VMA (16,42%), VFB (72,78%), Stabilitas (1155 Kg), Flow (3,56 mm), MQ (325 Kg/mm) ; campuran aspal plastik HDPE 3% VIM (3,98%), VMA (14,67%), VFB (72,88%), Stabilitas (1417 Kg), Flow (3,49 mm), MQ (406 Kg/mm) dan campuran aspal plastik HDPE 6% VIM (3,71%), VMA (15,60%), VFB (76,28%), Stabilitas (1408 Kg), Flow (3,71 mm), MQ (379,60 Kg/mm). Secara keseluruhan pada nilai stabilitas dengan ditambahkan kadar plastik HDPE 3% dan 6% maka semakin bertambah nilai stabilitas nya dari nilai aspal normal.

Kata Kunci : Perkerasan Lentur, Plastik *High Density Poly Ethylene* (HDPE), Karakteristik campuran aspal

ABSTRACT

Increased population growth is accompanied by an increase in the volume of traffic. These conditions must be supported by good pavement quality. Bending hardening is the most preferred pavement on highway pavement structures. A common way to increase asphalt quality to repair damage is by adding additives, one of them is plastic. This research tries to use additives in the form of High Density Poly Ethylene plastic seed which is expected to add stability value and even able to overcome the weakness of asphalt pavement asphalt pavement layer against damage. This study used an experimental method to obtain a comparison result between normal asphalt mixture and HDPE-asphalt plastics, it will be seen that the utilization of HDPE plastic seed will influence the characteristics of concrete asphalt mixture with variation of plastic addition of 3% and 6% calculated from the asphalt weight of the plan. From the analysis of normal asphalt mixture and asphalt mixture of HDPE 3% and 6% asphalt found the optimum asphalt content (KAO) that test results obtained values of mixed characteristic parameters for the normal mixture of VIM (4.46%), VMA (16.42%), VFB (72.78%), Stability (1155 Kg), Flow (3.56 Mm), MQ (325 Kg / mm); HDPE plastic meet the specification of Bina Marga 2010 revision III that is 5.9%, 5% and 5.8%. From the analysis process of Marshall asphalt mixture 3% VIM (3.98%), VMA (14.67%), VFB (72.88%), Stability (1417 Kg), Flow (3.49 mm), MQ (406 Kg / mm) And HDPE 6% mixture of HDPE 6% VIM (3.71%), VMA (15.60%), VFB (76.28%), Stability (1408 Kg), Flow (3.71 mm), MQ (379, 60 Kg / mm). Overall on the stability value with the added 3% and 6% HDPE plastic content, the stability value of the normal asphalt value increases.

Keywords: Bending Plastering, Plastic High Density Poly Ethylene (HDPE), Characteristic of asphalt mixture

PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Kondisi tersebut harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara. Dan dengan meningkatnya pula lalu lintas jalan selama dua dekade belakangan ini ditambah dengan kurang mencukupinya dana pemeliharaan perkerasan jalan mempercepat tingkat kerusakan jalan. Untuk mengurangi proses kerusakan tersebut diperlukan beberapa tindakan antara lain dengan peningkatan pemeliharaan jalan, perbaikan desain perkerasan jalan dan juga meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan.

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling diminati pada struktur perkerasan jalan raya. Daya dukung yang besar sehingga mampu menerima beban lalu lintas kendaraan ditambah biaya konstruksi yang lebih ekonomis merupakan kelebihan dari perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya. Dari segi kenyamanan berkendara, perkerasan lentur mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih dari perkerasan jenis lainnya, karena sifatnya yang lentur dan permukaan yang lebih rata. Dari berbagai kelebihan yang dimilikinya perkerasan lentur juga memiliki beberapa kelemahan salah satunya rentan nya kerusakan pada jalan seperti retak dan lubang pada permukaan jalan.

Salah satu cara mencegah terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan akibat beban muatan dan pengaruh air adalah dengan meningkatkan mutu aspal sebagai bahan pengikat dari agregat. Cara yang sering digunakan untuk menaikkan mutu aspal adalah dengan menambah bahan aditif, salah satunya seperti polimer, plastik atau dikenal dengan aspal modifikasi. Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu dilakukan penanganan yang tepat selain solusi pendauran ulang dengan peningkatan nilai fungsinya.

Pemanfaatan plastik *High density poly ethylene* (HDPE) sebagai salah satu jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan kemasan seperti membuat botol susu, botol deterjen, botol shampo, botol minyak, dan beberapa tas plastik. Disini saya mencoba melakukan inovasi pemanfaatan biji plastik *High density poly ethylene* (HDPE) sebagai bahan tambahan dalam campuran lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*) guna peningkatan nilai stabilitasnya yang lebih besar dari aspal konvensional, sekaligus langkah untuk mengurangi masalah lingkungan yang timbul akibat meningkatnya limbah plastik tiap tahunnya dengan memanfaatkan lebih limbah biji plastik yang ada. Melalui aspal modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif baru dalam meningkatkan kinerja dari perkerasan jalan. Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui serta menganalisis pengaruh campuran aspal plastik *High Density Poly Ethilene* dan membandingkannya dengan aspal konvensional dan memanfaatkan hasil daur

ulang sampah plastik jenis HDPE berupa biji plastik. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai dalam evaluasi ini adalah untuk mengetahui nilai karakteristik marshall yang terdiri dari stabilitas, kelekatan (*flow*), VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient* terhadap campuran aspal modifikasi plastik HDPE sebagai aditif pada lapis AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*). Ruang lingkup pembahasan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tipe campuran yang digunakan adalah (AC-BC) dengan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010 revisi III.
2. Pengujian dilakukan di Laboratorium PT. Prayoga Pertambangan dan Energi Jl. Babakan Madang Ds. Citaringgul Kec. Babakan Madang.
3. Variasi penambahan HDPE yang digunakan 3% dan 6% terhitung dari berat aspal rencana.
4. Pencampuran variasi HDPE dilakukan dengan sistem basah.
5. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal pertamina 60/70.
6. *Filler* yang digunakan adalah abu batu.
7. Biji plastik HDPE yang digunakan sebagai aditif campuran aspal berasal dari pengelolaan limbah sampah Bantar Gebang, Bekasi.
8. Agregat berasal dari Gunung Bitung, Cintamanik, Cigudeg, Bogor, Jawa Barat.
9. Penelitian ini menggunakan perbandingan campuran aspal beton sebagai berikut :

Tabel 1. Jumlah Sampel Penelitian

Kadar aspal	Penambahan biji plastik HDPE		Normal
	3%	6%	
4,50%	3	3	3
5%	3	3	3
5,50%	3	3	3

Sumber : Penulis (2017)

METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70, dan plastik HDPE (*High Density Poly Ethylene*). Percobaan dilakukan dengan cara basah dimana plastik dengan kadar 3% dan 6% terhitung dari berat aspal rencana yaitu 2 kg dimasukan kedalam aspal panas dan di aduk hingga homogen. Limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai aditif pada campuran aspal. Pengujian aspal dan agregat yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pedoman dari Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi III. Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu :

1. Tahap pertama yaitu persiapan alat dan bahan untuk menyiapkan bahan dan pengecekan alat-alat yang akan digunakan.
2. Tahap kedua yaitu pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran uji Marshall. Pengujian terhadap agregat termasuk

- pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala, titik bakar, titik lembek, kehilangan berat, kelarutan, daktilitas dan berat jenis.
3. Tahap ketiga yaitu perencanaan campuran aspal untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran.
 4. Tahap keempat yaitu persiapan pembuatan benda uji yang telah didapat presentase komposisinya yaitu 45 sampel benda uji.
 5. Dan yang terakhir tahap kelima yaitu pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall*. Dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil berupa komponen-komponen *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *void in mixture* (VIM), *void in mineral aggregate* (VMA), *void filled with bitumen* (VFB) dan kemudian dapat dihitung *Marshall Quotient*-nya.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Satu Set Saringan (*Sieve*)
Penggunaan alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat.
2. Alat Uji Pemeriksaan Aspal
Pemakaian alat ini digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain seperti uji penetrasi, uji titik lembek, uji kehilangan berat, uji daktilitas, uji berat jenis (piknometer dan timbangan).
3. Alat Uji Pemeriksaan Agregat
Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat antara lain mesin *LosAngeles* (tes abrasi), alat pengering yaitu oven, timbangan berat, alat ujiberat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).
4. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat dan Aspal (Alat tekan *Marshall* ; Alat cetak benda uji ; Alat Tumbuk ; *Ejektor* ; Bak perendam (*water bath*) ; Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan, kompor, termometer, sarung tangan anti panas, timbangan dan lain lain).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

Tabel 2. Bahan-bahan Penelitian

NO	Bahan	Keterangan
1	Agregat Kasar 	- Berasal dari Gunung Bitung, Kabupaten Bogor. - fraksi kasar, tertahan di atas saringan 2,38 mm atau saringan No.8. - fraksi sedang, tertahan di atas saringan 1,17 mm atau saringan No.16.
2	Agregat Halus 	- Berasal dari Gunung Bitung, Kabupaten Bogor. - Didapat dari proses disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. - Ukuran nominal maksimum 2,36 mm.
3	Aspal 	- Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70.
4	Filler 	- Bahan Pengisi (filler) lolos saringan No.200 (Filler). - Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu.
5.	Biji Plastik HDPE 	- Berasal dari pengelolaan limbah sampah Bantar Gebang, Bekasi. Dihasilkan melalui proses pendaurulangan sampah-sampah plastik seperti kantong plastik, botol plastik, plastik minyak dan beberapa tas plastik oleh mesin daur ulang. - Variasi penambahan yang digunakan adalah 3% dan 6%. - Jumlah plastik yang dibutuhkan adalah 600 gr (3%) dan 1200 gr (6%) terhitung dari berat aspal rencana yaitu 2 Kg.

Sumber : Hasil Dokumentasi Penulis (2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan merupakan aspal dengan penetrasi 60/70 murni. Pemeriksaan aspal penetrasi sebagai dasar dari penelitian aspal campuran plastik harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Adapun hasil pengujian aspal dapat dilihat pada tabel 3. yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi III.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Aspal

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Spesifikasi Aspal Pen. 60 – 70	Hasil	Status
1.	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm) * Viskositas	SNI 2456-1991	60-70	62	Layak
2.	Absolut 60°C (Pa.S) ** Viskositas	SNI 03-6440-2000	160-240	207,5	Layak
3.	Kinomatis 135°C (Cst) ** Titik	SNI 7729-2011	≥ 300	347,5	Layak
4.	Lembek (°C) * Daktilitas	SNI 2434-2011	≥ 48	52	Layak
5.	Pada 25°C, (cm) **	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 140	Layak
6.	Titik Nyala (°C) * Kelarutan	SNI 2433-2011	≥ 232	301	Layak
7.	Dalam C ₂ HCl ₃ (%)**	SNI 06-2438-1991	≥ 99	99,7	Layak
8.	Berat Jenis**	SNI 2441-2011	≥ 1,0	1,033	Layak
Pengujian Residu Hasil TFOT					
9.	Kehilangan Berat (%)** Viskositas	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	0,015	Layak
10.	Absolut pada 60°C (Pa,S) **	SNI 03-6440-2000	≤ 8000	274,4	Layak
11.	Penetrasi Pada 25°C (%)** Daktilitas	SNI 2456-1991	≥ 54	≥ 54	Layak
12.	Pada 25°C (cm) **	SNI 2432-2011	≥100	≥ 50	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan bahwa hasil dari pengujian material aspal layak untuk digunakan karena nilai dari setiap pemeriksaannya masuk didalam persyaratan aspal keras yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi III.

Hasil Pengujian Agregat

Dapat dilihat seluruh hasil pengujian agregat mulai dari agregat halus pada tabel 4. agregat sedang pada tabel 5. dan agregat kasar pada tabel 6. menunjukkan kelayakan untuk digunakan karena setiap nilai dari pemeriksaannya masuk dalam persyaratan yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi III.

Tabel 4. Hasil pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Uji	Satuan	Status	Metode Pengujian
1	Berat jenis curah**	≥2,5	2,524	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990
2	Berat jenis kering permukaan jenuh**	≥2,5	2,577	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990
3	Berat jenis semu**	≥2,5	2,664	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990
4	Penyerapan**	≥ 3	2,072	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990
5	Setara Pasir*	≥50	76	%	Layak	SNI 03-4428-1997

Sumber : ** Hasil Lab. PT Prayoga
* Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 5. Hasil pengujian Agregat Sedang

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Uji	Satuan	Status	Metode Pengujian
1	Berat jenis curah**	≥2,5	2,534	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
2	Berat jenis kering permukaan jenuh**	≥2,5	2,583	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
3	Berat jenis semu**	≥2,5	2,663	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
4	Penyerapan**	≤ 3	1,918	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990

Sumber : ** Hasil Lab. PT Prayoga
* Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 6. Hasil pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Uji	Satuan	Status	Metode Pengujian
1	Berat jenis curah**	≥2,5	2,546	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
2	Berat jenis kering permukaan jenuh**	≥2,5	2,593	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
3	Berat jenis semu**	≥2,5	2,672	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
4	Penyerapan**	≤ 3	1,853	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990
5	Kelekatan terhadap aspal*	≥95	96	%	Layak	SNI-2439-2011
6	Abrasi*	≤40	20	%	Layak	SNI-2417-2008

Sumber : ** Hasil Lab. PT Prayoga
* Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 7. Hasil pengujian Split

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Uji	Satuan	Status	Metode Pengujian
1	Berat jenis curah**	≥2,5	2,541	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
2	Berat jenis kering permukaan jenuh	≥2,5	2,585	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
3	Berat jenis semu	≥2,5	2,658	gr/cm3	Layak	SNI-03-1969-1990
4	Penyerapan	≤ 3	1,739	gr/cm3	Layak	SNI-03-1970-1990

Sumber : ** Hasil Lab. PT Prayoga
 * Hasil Pengujian Penulis (2017)

Hasil Pengujian Marshall

a. Stabilitas

Stabilitas merupakan faktor penting dalam menjelaskan kinerja suatu campuran dalam menahan beban. Stabilitas sendiri terjadi dari hasil geseran anatar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dar lapisan aspal. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 8, 9, 10 dan Gambar 1, 2, 3.

Tabel 8. Nilai Stabilitas Aspal Normal

Spesifikasi (Kg)	Kadar Aspal	Hasil uji Stabilitas (Kg)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 800	Hasil	910	1043	1131	1161	1131
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 9. Nilai Stabilitas Aspal-Plastik HDPE 3%

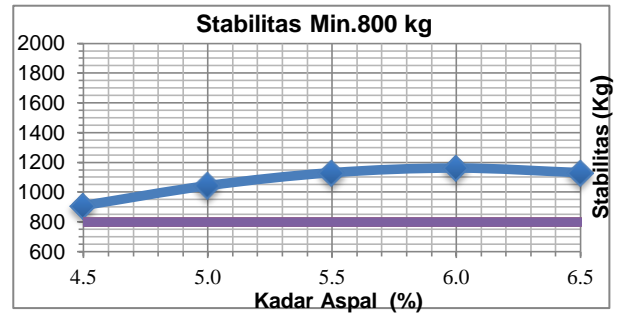
Spesifikasi (Kg)	Kadar Aspal	Hasil uji stabilitas HDPE 3% (Kg)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 800	Hasil	1444	1417	1231	1155	1142
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

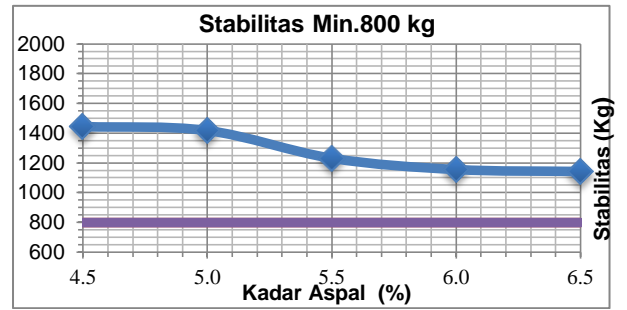
Tabel 10. Nilai Stabilitas Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (Kg)	Kadar Aspal	Hasil uji stabilitas HDPE 6% (Kg)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 800	Hasil	1262	1480	1515	1337	1191
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

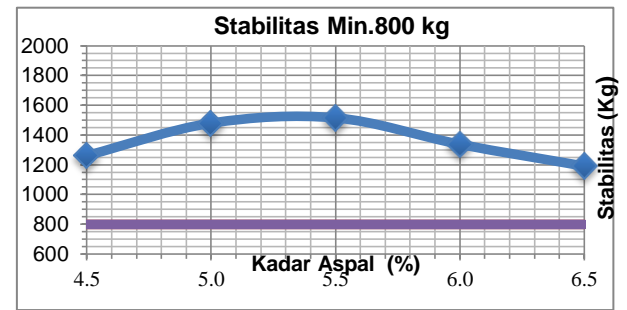
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 1. Grafik Stabilitas Aspal Normal



Gambar 2. Grafik Stabilitas Aspal-Plastik HDPE



Gambar 3. Grafik Stabilitas Aspal-Plastik HDPE 6%

Dari Gambar 2. terlihat bahwa penambahan kadar aspal pada campuran beraspal ternyata dapat Menaikan nilai stabilitas pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 5%, begitu juga dengan gambar 3 terlihat juga bahwa penambahan kadar aspal menaikan nilai stabilitas pada kadar aspal 4,5% samapai dengan 5,5% campuran untuk campuran laston. Namun pada akhirnya saat kadar aspal 6,5% stabilitas campuran aspal beton inovasi biji plastik HDPE 3% dan 6% mengalami penurunan yakni sebesar 1142 kg dan 1191 kg. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III, persyaratan untuk nilai stabilitas yaitu minimal 800 kg, sehingga dari campuran-campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas.

Semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan, maka akan semakin rendah penetrasi yang dihasilkan, hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya kadar plastik yang ditambahkan (3-6%) akan mengakibatkan campuran aspal-plastik menjadi lebih keras.

Nilai penetrasi yang rendah mengakibatkan nilai stabilitas yang didapat tinggi, sehingga akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Demikian pula

sebaliknya, jika nilai stabilitas yang dihasilkan terlalu rendah kan menyebabkan mudahnya terjadi deformasi.

b. Kelelahan (Flow)

Kelelahan menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan agregat. Hasil kelelahan ditunjukkan dalam Tabel 11, 12, 13 dan Gambar 4, 5, 6.

Tabel 11. Nilai Kelelahan Aspal Normal

Spesifikasi (mm)	Hasil uji Kelelahan (mm)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
2-4	Hasil	2,99	3,09	3,32	3,62	4,19
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Tidak Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 12. Nilai Kelelahan Aspal-Plastik HDPE 3%

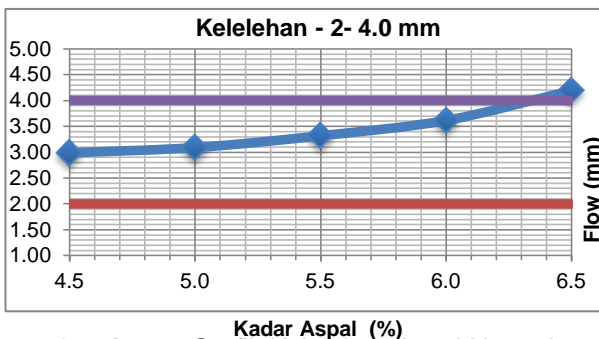
Spesifikasi (%)	Hasil uji kelelahan HDPE 3% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
2-4	Hasil	3,35	3,49	3,64	3,73	3,77
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

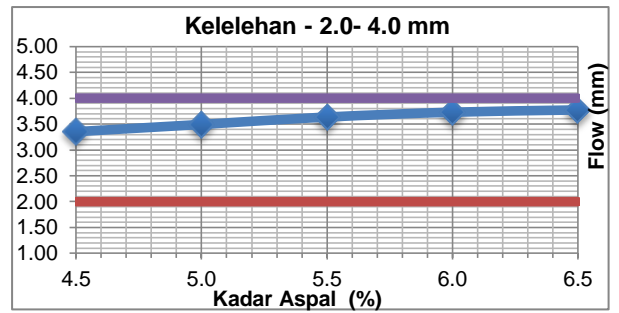
Tabel 13. Nilai Kelelahan Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (%)	Hasil uji kelelahan HDPE 6% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
2-4	Hasil	3,31	3,40	3,65	3,75	3,90
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

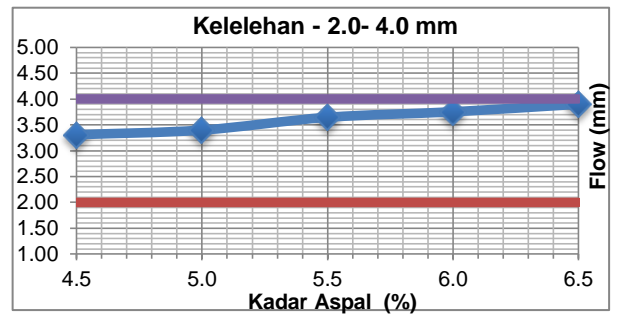
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 4. Grafik Kelelahan Aspal Normal



Gambar 5. Grafik Kelelahan Aspal-Plastik HDPE 3%



Gambar 6. Grafik Kelelahan Aspal-Plastik HDPE 6%

Dari gambar 5. dan 6. dapat dilihat secara jelas bahwa nilai kelelahan (*flow*) ini meningkat secara bertahap. Untuk inovasi biji plastik HDPE 3% meningkat dari nilai 3,35% sampai dengan 3,77%. Sedangkan untuk inovasi biji plastik HDPE 6% meningkat dari nilai 3,31% sampai dengan 3,90%.

Penggunaan HDPE dalam campuran laston cenderung menaikkan nilai kelelahan (*flow*). Nilai kelelahan (*flow*) tertinggi dihasilkan pada campuran aspal-plastik dengan prosentase biji plastik HDPE sebesar 6%. Semakin banyak kadar plastik yang digunakan dalam campuran aspal akan mengakibatkan mengentalnya campuran aspal-plastik, hal ini lah yang menjadi penyebab mengapa hasil kelelahan (*flow*) meningkat dengan bertambahnya kadar plastik yang dicampurkan.

VIM (Void In Mixtures)

Nilai *VIM* menunjukkan nilai persentase rongga dalam suatu campuran aspal. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap nilai dari durabilitas, semakin besar nilai *VIM* menunjukkan campuran bersifat keropos (*porous*). Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat mempercepat penuaan aspal. Hasil *VIM* ditunjukkan dalam Tabel 14, 15, 16 dan Gambar 7, 8, 9.

Tabel 14. Nilai *VIM* Aspal Normal

Spesifikasi (mm)	Hasil uji <i>VIM</i> (mm)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
3-5	Hasil	8,04	6,16	4,91	4,35	4,28
Keterangan		Tidak Layak	Tidak Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 15. Nilai VIM Aspal-Plastik HDPE 3%

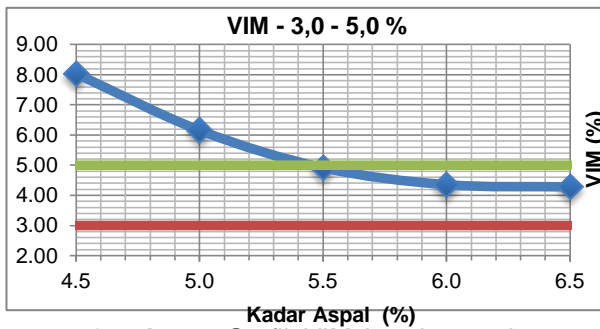
Spesifikasi (%)	Hasil uji VIM HDPE 3% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
3-5	Hasil	4,63	3,98	3,12	2,39	2,09
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

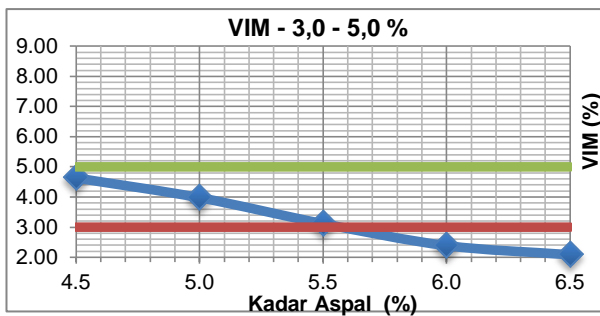
Tabel 16. Nilai VIM Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (%)	Hasil uji VIM HDPE 6% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
3-5	Hasil	6,38	5,42	4,28	3,34	2,22
Keterangan		Tidak Layak	Tidak Layak	Layak	Layak	Tidak Layak

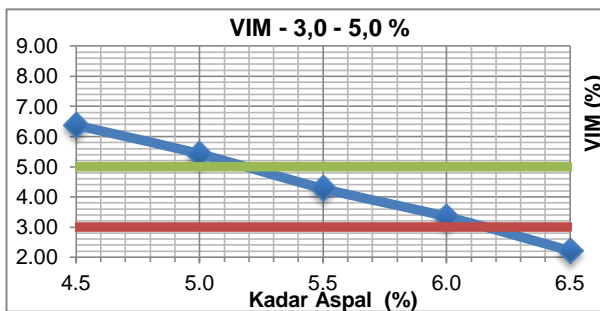
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 7. Grafik VIM Aspal normal



Gambar 8. Grafik VIM Aspal-Plastik HDPE 3%



Gambar 9. Grafik VIM Aspal-Plastik HDPE 6%

Dari gambar 8 dan 9 terlihat bahwa penambahan plastik HDPE pada campuran laston dapat menurunkan nilai VIM. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan, maka akan semakin kental campuran aspal plastik saat dipanaskan. Hal ini menyebabkan sulitnya

campuran aspal-plastik tersebut masuk ke rongga dalam campuran. Sehingga nilai VIM yang dihasilkan akan semakin rendah.

Nilai VIM yang sangat kecil mengakibatkan lapisan kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran. Penggunaan aspal yang cukup banyak mempengaruhi nilai VIM yang kecil. Jika nilai VIM kecil serta kadar aspal yang digunakan cukup tinggi, maka kemungkinan terjadinya bleeding besar. Namun jika aspal plastik sudah masuk ke dalam rongga dalam campuran akan membuat ikatan antara aspal semakin kuat dan dapat mengisi rongga-rongga udara yang terdapat dalam campuran.

VMA (Void In Mineral Agregate)

VMA adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan. VMA atau yang lebih dikenal dengan rongga dalam agregat merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. VMA menunjukkan banyaknya % aspal dari rongga yang terisi aspal. Nilai VMA untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 17, 18, 19 dan Gambar 10, 11, 12.

Tabel 17. Nilai VMA Aspal Normal

Spesifikasi (%)	Hasil uji VMA (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 14	Hasil	17,52	16,60	16,26	16,46	17,15
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 18. Nilai VMA Aspal-Plastik HDPE 3%

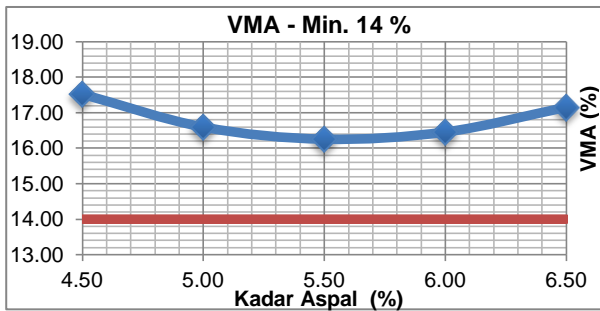
Spesifikasi (%)	Hasil uji VMA HDPE 3% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 14	Hasil	14,47	14,66	14,67	14,74	15,25
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

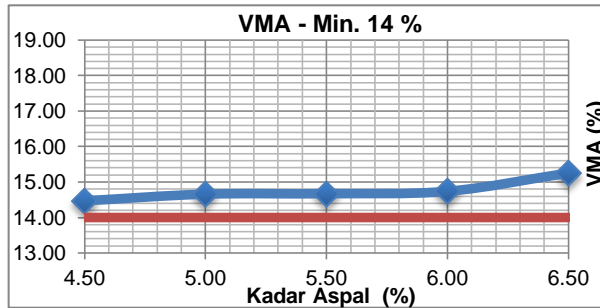
Tabel 18. Nilai VMA Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (%)	Hasil uji VMA HDPE 6% (%)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 14	Hasil	16,02	15,93	15,68	15,56	15,36
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

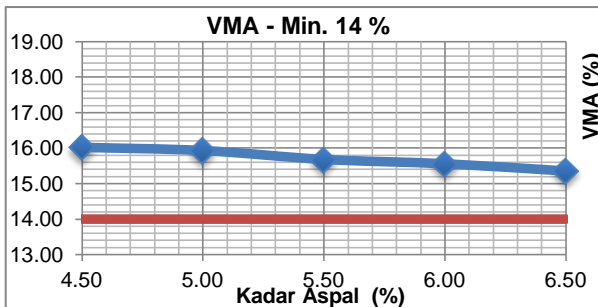
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 10. Grafik VMA Aspal Normal



Gambar 11. Grafik VMA Aspal-Plastik HDPE 3%



Gambar 12. Grafik VMA Aspal-Plastik HDPE 6%

Terjadi kecenderungan penurunan nilai *Void in mineral aggregate* (VMA) pada setiap penambahan kadar aspal pada campuran aspal normal, namun terjadi kenaikan nilai VMA setiap penambahan kadar aspal pada campuran aspal inovasi biji plastik HDPE 3% dan 6%. Dan semakin bertambahnya kadar plastik HDPE yang digunakan dalam campuran akan memberikan nilai VMA yang semakin menurun, karena penggunaan biji plastik membuat aspal menjadi pengikat yang semakin kuat mengikat fraksi agregat dan juga membuat aspal menyelimuti rongga permukaan agregat dengan baik. Di ketiga jenis campuran ini nilai VMA pada campuran aspal normal secara keseluruhan memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding campuran aspal inovasi.

VFB (Void Filled With Bitumen)

Nilai VFB (*void filled with bitumen*) merupakan nilai yang menunjukkan seberapa banyak rongga yang terisi aspal di dalam suatu campuran aspal. Dalam pengujian VFB lapis AC- BC ini mengalami kenaikan, seiring dengan bertambahnya kadar aspal pada campuran aspal normal. Keberadaan aspal tersebut

cenderung meresap kedalam campuran aspal normal, sehingga semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin besar nilai VFB nya. Nilai VFB untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 19, 20, 21 dan Gambar 13, 14, 15.

Tabel 19. Nilai VFB Aspal Normal

Spesifikasi (Kg/mm)	Kadar Aspal	Hasil uji VFB (%)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 65	Hasil	54,15	62,90	69,77	73,54	75,05
Keterangan		Tidak Layak	Tidak Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 20. Nilai VFB Aspal-Plastik HDPE 3%

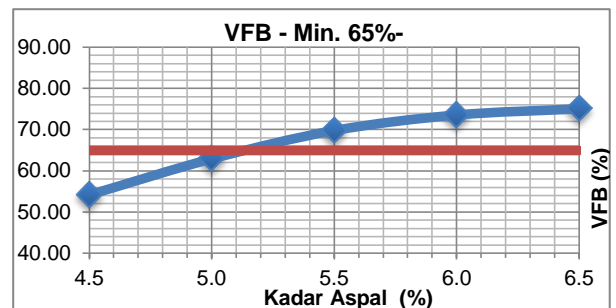
Spesifikasi (%)	Kadar Aspal	Hasil uji VFB HDPE 3% (%)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 65	Hasil	68,03	72,88	78,81	83,80	87,27
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

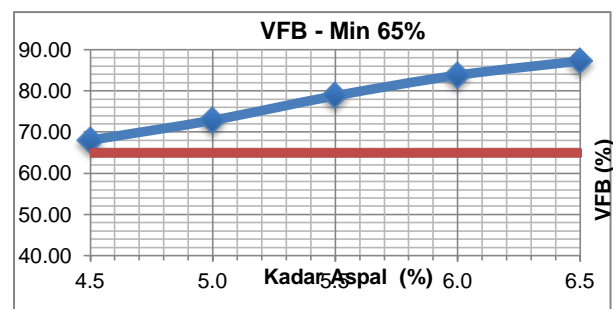
Tabel 21. Nilai VFB Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (%)	Kadar Aspal	Hasil uji VFB HDPE 6% (%)				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 65	Hasil	60,22	66,04	72,73	78,65	85,72
Keterangan		Tidak Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

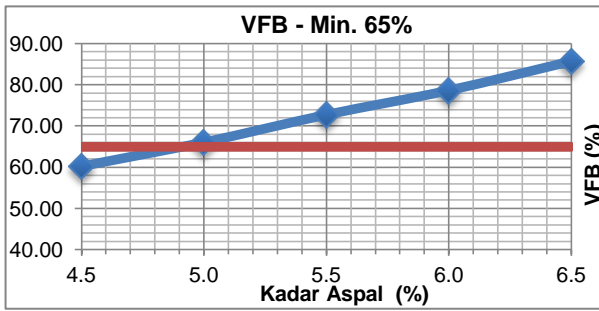
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 13. Grafik VFB Aspal normal



Gambar 14. Grafik VFB Aspal-Plastik HDPE 3%



Gambar 15. Grafik VFB Aspal-Plastik HDPE 6%

Dari gambar 14. terjadi kenaikan yang signifikan dari kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% dan semua nilai masuk ke dalam spek karena semua rongga dalam campuran tersebut dapat terisi oleh aspal dengan baik yang telah ditentukan. Tetapi pada gambar 15. kenaikan juga terjadi secara signifikan namun saat kadar aspal 4,5% VFB nya begitu rendah dan tidak masuk ke dalam batas spek minimum yaitu (min 65%) karena % kadar aspal yang terlalu kecil sehingga rongga dalam campuran tidak terisi aspal.

Nilai VFB aspal normal secara keseluruhan memiliki nilai yang kecil dibanding campuran aspal-plastik, karena sulitnya campuran aspal-plastik tersebut masuk ke rongga dalam campuran mengakibatkan rongga dalam campuran tidak terisi dengan baik oleh aspal.

Marshall Quotient

Faktor terakhir yang perlu di tinjau untuk mengetahui kinerja campuran aspal adalah nilai *Marshall Quotient (MQ)* yang merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan. MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran.

Sehingga semakin besar nilai MQ suatu campuran menandakan bahwa campuran tersebut tahan dan menahan beban dan tahan terhadap deformasi. Semakin rendah nilai MQ suatu campuran, maka resiko yang memungkinkan adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Hasil MQ ditunjukkan dalam Tabel 22, 23, 24 dan Gambar 16, 17, 18.

Tabel 22. Nilai MQ Aspal Normal

Spesifikasi (Kg/mm)	Hasil uji <i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 250	Hasil	305	338	341	321	270
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Tabel 23. Nilai MQ Aspal-Plastik HDPE 3%

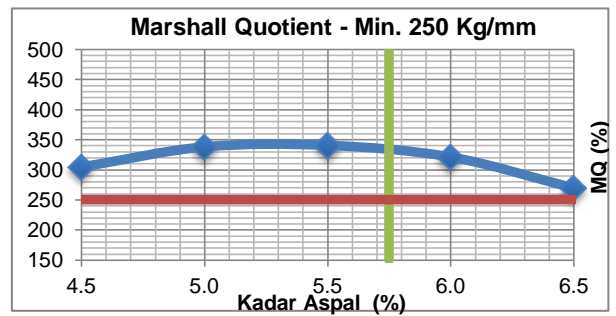
Spesifikasi (Kg/mm)	Hasil uji <i>MQ</i> HDPE 3% (Kg/mm)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 250	Hasil	432	406	339	310	303
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

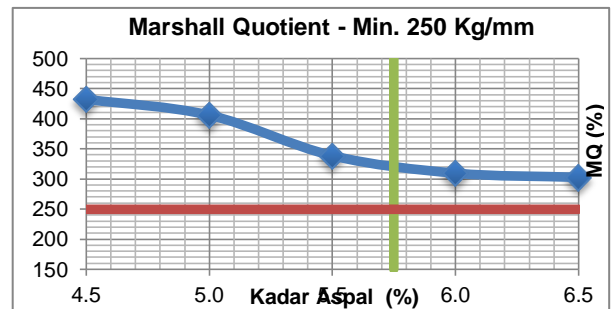
Tabel 24. Nilai MQ Aspal-Plastik HDPE 6%

Spesifikasi (Kg/mm)	Hasil uji <i>MQ</i> HDPE 6% (Kg/mm)					
	Kadar Aspal	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Min 250	Hasil	381	435	415	356	305
Keterangan		Layak	Layak	Layak	Layak	Layak

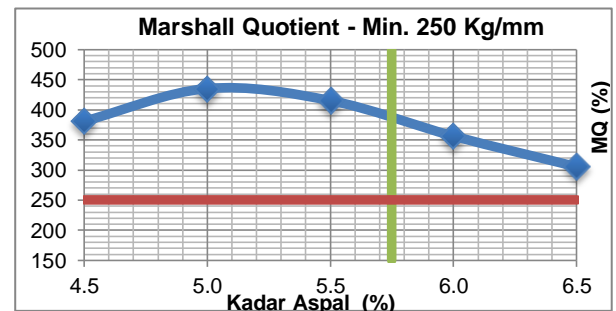
Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)



Gambar 16. Grafik MQ Aspal Normal



Gambar 17. Grafik MQ Aspal-Plastik HDPE 3%



Gambar 18. Grafik MQ Aspal-Plastik HDPE 6%

Dari grafik di atas terlihat bahwa HDPE pada campuran laston cenderung menurunkan nilai MQ. Pada grafik 17. nilai MQ tertinggi terjadi pada kadar aspal 4,5% sebesar 432 kg/mm dan pada grafik 18 nilai MQ tertinggi terjadi pada kadar aspal 5,0% sebesar 435 kg/mm. Grafik di atas menunjukkan

bahwa semua campuran Laston untuk berbagai variasi penggunaan HDPE memenuhi syarat yang ditetapkan untuk nilai MQ yaitu lebih dari 250 kg/mm. Dari ketiga jenis campuran aspal yang diuji terlihat bahwa campuran aspal-plastik HDPE memiliki kekerasan yang lebih besar dibanding campuran aspal normal.

Setelah pengujian *marshal*, maka dapat menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal normal, campuran aspal biji plastik HDPE 3% dan campuran aspal biji plastik HDPE 6% dengan menggunakan faktor penentu kinerja capuran aspal dari ketiga capuran aspal yang ada. Apabila hasil rekap faktor penentu kinerja campuran ini digabungkan, maka kadar aspal optimum (%) tiap campuran adalah :

1. Campuran Aspal Normal
Diperoleh kisaran kadar aspal yang memenuhi seluruh nilai faktor penentu kinerja campuran aspal yaitu terletak antara kadar aspal 5,5% sampai dengan 6,3%. Maka didapat kadar aspal optimum (KAO) dari campuran aspal normal dengan nilai **5,9%**.
2. Campuran Aspal Biji Plastik HDPE 3%
Diperoleh kisaran kadar aspal yang memenuhi seluruh nilai faktor penentu kinerja campuran aspal yaitu terletak antara kadar aspal 4,5% sampai dengan 5,5%. Maka didapat kadar aspal optimum (KAO) dari campuran aspal-plastik HDPE 3% dengan nilai **5%**.
3. Campuran Aspal Biji Plastik HDPE 6%
Diperoleh kisaran kadar aspal yang memenuhi seluruh nilai faktor penentu kinerja campuran aspal yaitu terletak antara kadar aspal 5,1% sampai dengan 6,5%. Maka didapat kadar aspal optimum (KAO) dari campuran aspal-plastik HDPE 3% dengan nilai **5,8%**.

Berikut rekapitulasi perbandingan nilai karaktereistik jenis campuran yang paling baik kinerjanya pada masing-masing kadar aspal optimum seperti yang tertera pada tabel 25.

Tabel 25. Rekapitulasi Perbandingan Nilai Karakteristik Campuran Aspal

No.	Jenis Pengujian	Jenis Campuran			Spesifikasi
		Aspal Normal	Aspal HDPE 3%	Aspal HDPE 6%	
1.	VIM	4,462	3,98	3,716	3-5%
2.	VMA	16,42	14,67	15,608	Min 15%
3.	VFB	72,786	72,88	76,282	Min 65%
4.	Stabilitas	1155	1417	1408,2	Min 800 kg
5.	Flow	3,56	3,49	3,71	2-4 mm
6.	MQ	325	406	379,6	Min 200 kg/mm
7.	KAO	5,9%	5%	5,8%	(%)

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Berdasarkan dari hasil rekapitulasi nilai karakteristik campuran aspal diatas menunjukkan bahwa campuran aspal normal, aspal-plastik HDPE 3% dan aspal-plastik HDPE 6% telah memenuhi persyaratan dari Bina Marga 2010 Revisi III untuk kategori campuran aspal laston AC-BC.

Karena nilai stabilitas pada lapisan aspal beton AC-BC merupakan faktor yang paling penting dalam lapisan perkerasannya, maka untuk mengetahui jenis campuran aspal yang paling baik kinerjanya dari antara ketiga campuran ini dilakukan perbandingan antara aspal normal dan aspal inovasi biji plastik HDPE 3% dan 6% seperti yang ada pada tabel 26.

Tabel 26. Rekapitulasi Perbandingan Nilai Stabilitas Antar Campuran

No	Jenis Campuran	KAO (%)	Nilai Stabilitas (Kg)					Hasil Uji
			Kadar Aspal (%)					
			4,5%	5,5%	5,5%	6%	6,5%	
1	Aspal Normal	5,9%	910	1043	1131	1161	1131	1155
2	Aspal Plastik HDPE 3%	5%	1444	1417	1231	1155	1142	1417
3	Aspal Plastik HDPE 6%	5,8%	1262	1480	1515	1337	1191	1408

Sumber : Hasil Pengujian Penulis (2017)

Berdasarkan hasil diatas (Tabel 26.) nilai stabilitas ketiga campuran ini mengalami penurunan saat kadar aspal bertambah. Stabilitas paling tinggi dan campuran yang memiliki kinerja paling baik yaitu campuran aspal platik HDPE 3% sebesar 1417 kg.

Maka jika semakin ditambah kadar plastik pada campuran aspal akan menambah nilai stabilitasnya. Namun nilai stabilitas yang terlau tinggi akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban lalu lintas.

Untuk perhatian terhadap analisa tersebut diatas, perlu dilakukan pengujian lapangan (*trial mix*) dari skala laboratorium guna mendukung hasil analisa campuran aspal yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* Pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC antara lain adalah dilihat dari nilai karakteristik *Marshall* (VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Kelelahan, Marshall Quotient) penggunaan biji plastik HDPE 3% dan 6% dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010 Revisi III.

Penggunaan HDPE pada jenis ini memberikan pengaruh pada campuran laston terhadap berbagai

karakteristik Marshall. Dari hasil pengujian campuran karakteristik Marshall menunjukkan bahwa campuran aspal-plastik HDPE 3% dan 6% memiliki pengaruh kinerja yang lebih baik dari aspal normal seperti ditunjukkan dari nilai *Void in mineral aggregate* (VMA) pada nilai 14,67% dan 15,608%, Stabilitas pada nilai 1417 Kg dan 1408,2 Kg, Kelelahan (*Flow*) pada nilai 3,49 mm dan 3,71 mm dan *Marshall Quotient* pada nilai 406 Kg/mm dan 379,6 Kg/mm.

Sedangkan untuk aspal-plastik HDPE 3% dan 6% memiliki pengaruh kinerja yang lebih rendah dari aspal normal seperti ditunjukkan dari nilai *Void in mixture* (VIM) pada nilai 3,98% dan 3,716%, *Void filled with bitumen* (VFB) pada nilai 72,88% dan 76,282%.

Dilihat dari nilai stabilitas, campuran aspal normal memiliki stabilitas yang lebih rendah dengan nilai 1155 Kg dibanding dengan campuran yang menggunakan biji plastik HDPE dengan nilai 1417 Kg dan 1408,2 Kg, karena aspal plastik memiliki titik leleh yang tinggi sehingga campuran yang terdiri dari aspal modifikasi tersebut lebih tahan terhadap potensi deformasi pada temperatur yang tinggi, dalam hal ini 60°.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung berupa material dan spiritual. Oleh sebab itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada penulis. Ucapan terimakasih juga penulis haturkan kepada kedua Orang Tua, Bapak Eriyono dan Ibu Santi Dewi Dartia yang selalu memberikan doa dan nasehat yang membangun semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini kepada penulis, serta kedua adik penulis, Satria Wanardi dan Aris Maulana Wanardi yang selalu memberikan keceriaan dan semangat lebih ketika penulis dalam rasa kemalasan dan kepenatan.

Ucapan terimakasih pula kepada Bapak Ir. Akhmad Dofir, M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, serta Ibu Niken Warastuti, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pancasila dan juga selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan kesempatan dan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Terimakasih juga kepada Ir. Imam Hagni Puspito, MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, arahan, bimbingan, dorongan semangat dan kesabaran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tak lupa pula terimakasih kepada Ir. H. Tartib Prawira selaku Manager PT. Prayoga Pertambangan dan Energi beserta staf pekerja lain yang telah sudi memberi ijin kepada penulis melakukan penelitian di laboratorium hingga skripsi ini selesai tepat waktu. Dan juga Kang Eko dan kang Irfan selaku bagian

laboratorium PT. Prayoga Pertambangan dan Energi yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian penulis dari awal hingga akhir sampai penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis juga berterimakasih kepada Yulia Kartika Amd, Keb yang tak henti hentinya memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dan yang terakhir terimakasih kepada Teman-teman Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pancasila khususnya Saudara-saudari Angkatan 2013 serta 2016 yang telah membantu, menemani, menyemangati, memotivasi dan mendukung penulis selama proses perkuliahan sampai penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis namun tak dapat penulis sebutkan satu persatu, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan.

REFERENSI

- Rahmawati Anita, Rosyada Amrina Maryam, Nega Pepi. 2015.** Perbandingan Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) Dalam Laston-Wc dan Lataston-WC Terhadap Karakteristik Marshall. Seminar Nasional Teknik Sipil V. 2015.
- Rahmawati, Anita. 2015.** Pengaruh Penggunaan Plastik *Polyethylene* (PE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) Pada Campuran Lataston-WC Terhadap Karakteristik Marshall. Jurnal Semesta Teknik Vol. 18, No. 2, 147-159. November 2015
- Rahmawati, Anita. 2017.** Perbandingan Penggunaan *Polypropilene* (PP) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) pada campuran Laston_WC. Februari 2017.
- Setiadji Bagus Hario, Kusumaningrum Dyah, Kushardjoko Wahyudi, dan Wantoro Widi.** Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe *Low Density Polyethylene* (LDPE) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Jl.Prof.Soedarto,SH., Tembalang, Semarang, 50239.
- Sukirman, Silvia (1992).** Perkerasan Lentur Jalan Raya: Bandung: Nova.
- Sukirman, Silvia (2003).** Beton Aspal Campuran Panas: Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sulaksono W, Sony, 2001.** Rekayasa Jalan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Suprpto Tm. 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta. 59 hal.

Suroso, T.W., 2004, "Pengaruh Penambahan Plastik Cara basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal, Puslitbang Jalan dan Jembatan",

Tenrisukki, Andi Tenriajeng. *Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan Raya* Gunadarma. 207 hal.

Wasiah, Tjitjik Suroso. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low DensityPolyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal.* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Pusat Penelitian danPengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung.17 hal.

2010. *Bab VII Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal.* Republik Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 113 hal.