

PERBANDINGAN PENGARUH PENAMBAHAN PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETILENE* (HDPE) DALAM LASTON-WC DAN LATASTON-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Anita Rahmawati¹, Maryam Amrina Rosyada², Pepi Nega³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY, 55183
Email: anita_ygy@yahoo.com

Abstrak

Indonesia adalah negara yang terletak didaerah tropis sehingga temperatur yang relative tinggi menjadi salah satu penyebab kerusakan pada lapisan perkerasan lentur yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Untuk itu diperlukan aspal dengan mutu yang mempunyai titik lembek lebih tinggi agar ketahanan terhadap temperatur lebih besar dari pada aspal konvensional. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan HDPE sebagai bahan campuran aspal dalam campuran Lapis Aspal Beton (Laston-WC) dan Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston-WC) ditinjau dari karakteristik Marshall. Kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kadar aspal optimum 6,5% untuk LASTON dan 7,5% untuk LATASTON. Sedangkan prosentase HDPE sebagai campuran aspal adalah 0%, 2%, 4%, dan 6% dari total berat aspal. Masing-masing variasi dibuat sebanyak dua sampel (duplo). Dari pengujian Marshall yang dilakukan didapatkan hasil bahwa penambahan HDPE sebanyak 2% pada aspal untuk campuran LASTON-WC dapat meningkatkan stabilitas campuran sebesar 37,18% dari campuran LASTON-WC tanpa tambahan HDPE, yaitu dengan nilai stabilitas campuran tanpa HDPE sebesar 1755kg dan dengan HDPE 2% sebesar 2407,5kg. Begitu juga campuran aspal dengan tambahan HDPE sebesar 4% dan 6% terjadi juga peningkatan nilai stabilitas sebesar 2306,25kg dan 2677,5 kg. Sedangkan untuk campuran LATASTON-WC, penambahan HDPE 2% pada campuran aspal dibandingkan tanpa tambahan HDPE pada campuran aspal memberikan hasil peningkatan stabilitas dari 1879 menjadi 254,50 atau sebesar 35%. Selain nilai stabilitas campuran, indikasi peningkatan kualitas campuran dengan penambahan HDPE juga terjadi pada hasil VIM, VMA, VFA dan MQ.

Kata kunci: *High Density Polyethylene, karakteristik Marshall, Laston, Lataston*

Pendahuluan

Aspal adalah bahan pengikat campuran berasal dan merupakan faktor utama yang memengaruhi kinerja campuran beraspal (Robert et.al, 1996; Woodside et.al, 2001). Ada beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat fisik aspal sebagai bahan pengikat untuk menghasilkan suatu bahan campuran jalan yang lebih kuat. 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, arang atau dikenal dengan aspal modifikasi. Pemberian bahan tambah polimer diharapkan memberikan penambahan pada sifat-sifat fisik aspal seperti kepekaan terhadap temperatur dengan meningkatkan nilai titik lembek, dan kinerja terhadap stabilitas yang lebih besar dari aspal konvensional atau aspal dengan penetrasi 60/70.

Selain dapat dilaksanakan dengan biaya yang murah, penggunaan limbah plastik ini dapat mengurangi masalah lingkungan yang timbul akibat meningkatnya limbah plastik tiap tahunnya. Melalui aspal modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif baru dalam meningkatkan kinerja dari perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat-sifat fisik plastik HDPE yang digunakan sebagai campuran aspal pada perkerasan jalan, mengevaluasi sifat-sifat aspal modifikasi plastik HDPE dan membandingkan dengan sifat-sifat aspal tanpa modifikasi dan mengevaluasi kinerja campuran *Marshall* aspal dengan aspal modifikasi plastik HDPE dan campuran aspal panas (tanpa modifikasi aspal).

Landasan Teori

High density polyetilena

Polietilena berdensitas tinggi (*High Density Polyethylene*, HDPE) adalah termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Untuk membuat 1 kg plastik HDPE membutuhkan 1,75 kg minyak bumi sebagai bahan baku. HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi serta lebih keras dan dapat bertahan pada temperature yang tinggi (120°C). HDPE bisa diproduksi dengan katalis *Cromium/Silica*, katalis *Ziegler-Natta*, atau katalis

Metallocene. HDPE digunakan sebagai bahan pembuat botol susu, botol kemasan detergen, kemasan margarin, pipa air dan tempat sampah (Yogi, 2010).

Dalam Yogi, 2010, Sifat-sifat dari plastik jenis HDPE adalah sebagai berikut:

- High density*, dimana berat jenis HDPE adalah tertinggi dikelompok Polyethylene yaitu $0,96 \text{ g/cm}^3$ dan *melt flow* yang dihasilkan juga besar yaitu $0,28 \text{ g/10 menit}$.
- High temperature resistance*, karena temperatur leleh dari HDPE cukup tinggi yaitu 130°C sehingga tahan terhadap panas.
- Chemical resistance*, HDPE termasuk plastik yang tahan terhadap berbagai macam zat kimia, sehingga banyak sekali dalam pembuatan kemasan untuk bahan kimia atau yang mengandung unsur kimia menggunakan HDPE.
- Excellent dimensional stability*, yaitu mampu dibentuk dan tidak akan mengalami perubahan bentuk setelah selesai dibentuk.
- High gloss or matte*, memiliki permukaan yang halus sehingga tidak perlu adanya finishing pada permukaan setelah dibuat untuk suatu produk.

Metode Penelitian

Limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai pengganti sebagian aspal yang digunakan. Limbah plastik yang digunakan adalah jenis HDPE yang berasal dari sebuah pabrik di Solo.

Pengujian aspal dan agregat yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pedoman dari Bina Marga yang merujuk pada standar yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM), meliputi pengujian berat jenis, keausan agregat dan penyerapan air.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian agregat

Hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat dan aspal ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini, memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-2417-1991, sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan dasar campuran aspal dari penelitian ini.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar dan halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Minimal	Maksimal	
I. Agregat Kasar						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,59	-	-	SNI 03-1969-1990
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,614	2,5	-	SNI 03-1969-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,59	-	-	SNI 03-1969-1990
4	Penyerapan	%	0,39	-	3	SNI 03-1969-1990
5	Penyerapan Abrasi	%	27,38	-	40	SNI 03-2417-1991
II. Agregat Halus						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,354	-	-	SNI 03-1979-1990
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,779	2,5	-	SNI 03-1979-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,507	-	-	SNI 03-1979-1990
4	Penyerapan	%	6,553	-	3	SNI 03-1979-1990

Hasil pengujian aspal

Aspal yang digunakan merupakan aspal dengan penetrasi tinggi 80/100 murni yang ditambahkan dengan plastik jenis HDPE. Pemeriksaan aspal penetrasi sebagai dasar dari penelitian aspal campuran plastik harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Standar menurut Departemen Pekerjaan Umum (DPU, 2007) yang telah ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel.2.

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, menunjukkan bahwa pengujian penetrasi rata-rata adalah 85 mm. Hasil ini masih berada dalam batas untuk aspal penetrasi 80/100 yaitu antara 80-99. Pemeriksaan lainnya adalah pemeriksaan daktilitas yang bertujuan untuk mengukur fleksibilitas aspal yang digunakan. Menurut persyaratan dari SNI 06-2432-1991, nilai minimal untuk daktilitas adalah 100 cm dan hasil pemeriksaan daktilitas didapat sebesar 103 cm, sehingga aspal yang digunakan memenuhi syarat.

Tabel .2 Hasil pengujian aspal keras AC 80/100

No	Jenis Pengujian	Hasil	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 ⁰ C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	85	SNI 06-2456-1991	80 – 99
2	Titik lembek; ⁰ C	53	SNI 06-2434-1991	46 – 54
3	Titik Nyala; ⁰ C	255	SNI 06-2434-1991	Min. 200
4	Daktalitas, 25 ⁰ C; cm	103	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat jenis	1,10	SNI 06-2488-1991	Min. 1,0
6	Kehilangan berat; berat	0,1	SNI 06-2441-1991	Max 1

Hasil pengujian HDPE

Pemeriksaan terhadap sifat fisik plastik *High Density Polyetilene* (HDPE) ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel.3 Hasil pengujian plastik *High Density Polyetilene* (HDPE)

No	Jenis pengujian	Standar (kg/m ³)	Hasil	Satuan
1	Titik leleh	130 - 137	134	(⁰ C)
2	Berat jenis	941 - 965	945	gr/ml
3	Kehilangan berat akibat pemanasan	<1	0,625	%/wt

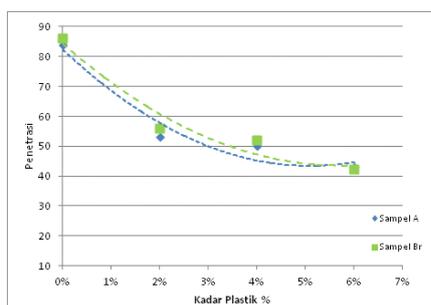
Dari hasil pengujian plastik *high density polyethilene* (HDPE) didapat hasil yang memenuhi standar. Sebagai contoh, berat jenis yang didapat sebesar 0,9424 gr/ml sedangkan standar yang diperlukan adalah sebesar 941-965 kg/m³. Suhu yang setelah pengujian sebesar 134⁰C, sedangkan standar yang diperbolehkan adalah sebesar 130-137⁰C. Kehilangan berat akibat pemanasan didapat sebesar 0,625 %wt, sedangkan standaryang diperbolehkan adalah kurang dari 1 %wt. Sehingga plastik *High density polyetilene* (HDPE) dapat digunakan sebagai campuran pada aspal

Hasil pengujian aspal-HDPE

Pemeriksaan terhadap penetrasi pada campuran aspal plastik HDPE dengan kadar plastik 0%, 2%, 4%, dan 6% ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Gambar 2

Table 4 Hasil pengujian penetrasi aspal plastik HDPE

No.	Kadar Plastik	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
1	Sampel A	84	53	50	43
2	Sampel B	86	56	52	42

**Gambar 2.** Hubungan penetrasi aspal-plastik terhadap kadar plastik

Dari grafik pengujian penetrasi di atas terlihat bahwa setelah menambahkan kadar plastik 2%, 4%, dan 6% HDPE pada campuran aspal nilai penetrasi yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini terjadi karena plastik HDPE termasuk ke dalam jenis polimer yang memiliki sifat yang mampu menahan beban yang berat namun tetap elastis. Semakin banyak kadar plastik yang ditambahkan, semakin rendah penetrasi yang dihasilkan.

Pengujian ini berdasarkan SNI-06-2434-1991. Dari hasil pemeriksaan, diperoleh nilai titik lembek aspal plastik sebesar 53⁰C, 55⁰C, 56⁰C dan 58⁰C untuk masing-masing variasi kadar plastik 0%, 2%, 4% dan 6%. Nilai ini telah memenuhi spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum 2007 yang menetapkan persyaratan titik lembek sebesar 48⁰C – 58⁰C. Tabel 5 dan Gambar 3. menunjukkan hasil pengujian titik lembek aspal plastik.

Table 5. Hasil pengujian titik lembek aspal plastik HDPE

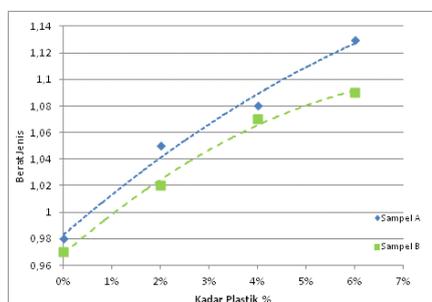
Kadar plastik	Standar ⁰ C	0%	2%	4%	6%
Nilai titik lembek	48-58	53	55	56	58

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil pengujian titik lembek yang diperoleh dari pengujian meningkat seiring dengan penambahan plastik dalam campuran aspal. Hal ini terjadi karena plastik mempunyai sifat *high temperature resistance*, daya tahan panas sampai suhu 120⁰C.

Dari hasil pemeriksaan, berat jenis diperoleh nilai rata-rata 0.975, 1.035, 1.075, dan 1.11 untuk masing-masing variasi kadar plastik 0%, 2%, 4% dan 6%. Nilai ini telah memenuhi spesifikasi SNI-03-1737-1989 yang menetapkan persyaratan berat jenis minimum sebesar 1. Tabel.6 dan Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian titik lembek aspal plastik.

Tabel 6 Hasil pengujian berat jenis aspal-plastik HDPE

No.	Kadar Plastik	0%	2%	4%	6%
1	Sampel A	0.98	1.05	1.08	1.13
2	Sampel B	0.97	1.02	1.07	1.09

**Gambar 3.** Hubungan berat jenis aspal-plastik terhadap kadar plastik

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa hasil pengujian titik lembek yang diperoleh dari pengujian meningkat seiring dengan penambahan plastik dalam campuran aspal. Hal ini terjadi karena semakin mengecilnya rongga dalam campuran maka penyerapan aspal ke dalam pori akan semakin mengecil.

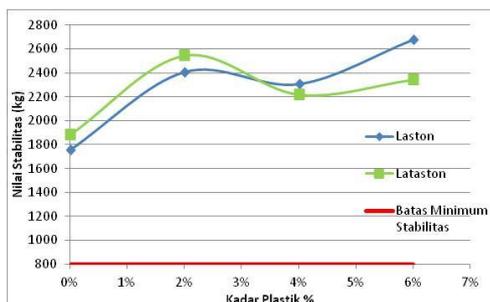
Hasil pengujian Marshall untuk campuran laston

Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk menggambar untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran aspal atau kemampuan campuran untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 4.

Tabel 7 Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
laston				
6.5 A	1800,00	2340,00	2317,50	2430,00
6.5 B	1710,00	2475,00	2295,00	2925,00
Rata-rata	1755	2407,5	2306,25	2677,5
lataston				
7.5 A	1924,80	2655,00	2250,00	2700,00
7.5 B	1833,20	2430,00	2182,50	1980,00
Rata-rata	1879	2542,5	2216,25	2340



Gambar 4. Hubungan antara stabilitas dan variasi aspal-plastik HDPE

Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan plastik HDPE pada campuran beraspal dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran baik untuk campuran laston maupun lataston. Pada campuran laston nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran HDPE sebanyak 6% yakni sebesar 2430 kg untuk sampel A dan 2677,5 kg, sedangkan nilai stabilitas tertinggi pada campuran lataston dicapai pada campuran HDPE sebanyak 2% dengan nilai 2542,5 kg. Berdasarkan Bina Marga (RSNI-03-1737-1989), persyaratan untuk nilai stabilitas yaitu minimal 800 kg, sehingga dari campuran-campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas.

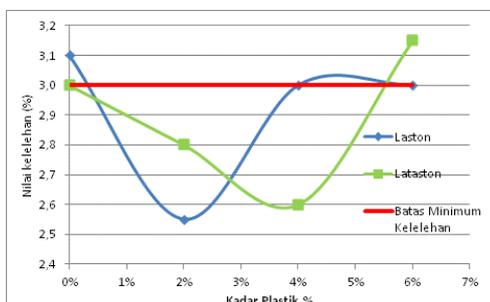
Semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan, maka akan semakin rendah penetrasi yang dihasilkan. Nilai penetrasi yang rendah mengakibatkan nilai stabilitas yang didapat tinggi, sehingga akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Demikian pula sebaliknya, jika nilai stabilitas yang dihasilkan terlalu rendah kan menyebabkan mudahnya terjadi deformasi.

Kelelahan

Kelelahan menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan agregat. Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelahan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan *inch*, maka harus dikonversikan dalam satuan millimeter. Hasil kelelahan ditunjukkan dalam Tabel 8 dan Gambar 5.

Tabel 8. Nilai kelelahan untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Flow</i> (mm)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
laston				
6.5 A	2,8	2,5	3,0	3,0
6.5 B	3,4	2,6	3,0	3,0
Rata-rata	3,1	2,6	3,0	3,0
lataston				
7.5A	3,3	2,30	2,60	2,80
7.5B	2,7	3,30	2,60	3,50
Rata-rata	3,0	2,8	2,6	3,2



Gambar 5. Hubungan antara kelelahan (*Flow*) dan variasi aspal-plastik HDPE

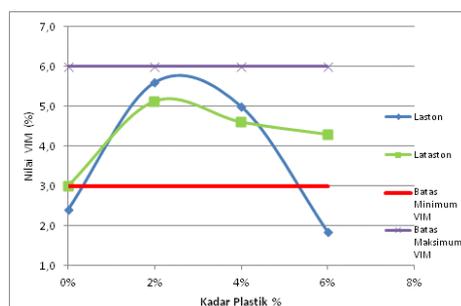
Penggunaan HDPE dalam campuran laston maupun lataston cenderung menurunkan nilai kelelahan. Nilai kelelahan tertinggi pada campuran Laston terdapat pada campuran yang menggunakan 0% HDPE yakni sebesar 3,1 mm sedangkan untuk lataston nilai kelelahan tertinggi terjadi pada campuran yang menggunakan 6% HDPE yakni sebesar 3,2 mm. Semakin bertambahnya kadar plastik kedalam campuran semakin mengurangi kelenturan campuran. Hal ini diakibatkan oleh mengerasnya aspal jika plastik tergabung ke dalam campuran.

Voids in Mix (VIM)

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 meningkatkan proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Spesifikasi dari VIM berkisar antara 3%-6%. Hasil nilai VIM ditunjukkan pada Tabel.9 dan Gambar 6

Tabel.9. Nilai VIM untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5 A	3,4	4,9	5,6	1,6
6.5 B	1,4	6,3	4,4	2,1
Rata-rata	2,4	5,6	5,0	1,9
Lataston				
7.5 A	2,5	5,2	5,1	5,1
7.5 B	3,5	5,05	4,12	3,5
Rata-rata	3,0	5,1	4,6	4,3



Gambar 6. Hubungan antara VIM dan variasi aspal-plastik HDPE

Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan HDPE pada campuran laston maupun lataston dapat meningkatkan nilai VIM. Dari perhitungan di atas, semakin bertambahnya kadar plastik HDPE yang digunakan semakin tinggi nilai VIM yang diperoleh. Namun pada kadar tertentu nilai VIM akan menurun, hal ini menunjukkan bahwa kadar plastik optimum yang diperlukan campuran aspal. Sebagai contoh, pada kadar 6% HDPE kedua campuran mengalami penurunan. Semakin bertambahnya kadar plastik HDPE 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 kecil. Nilai VIM yang kecil mengakibatkan lapisan kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas. 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.

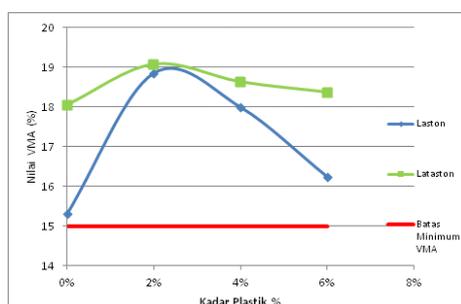
Void In Mineral Aggregate (VMA)

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 hasil pengujian VMA ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 7.

Dari hasil analisis, semakin bertambahnya kadar plastik HDPE yang digunakan maka nilai VMA akan semakin menurun, hal ini menunjukkan bahwa bertambahnya kadar plastik sebagai bahan campuran aspal ke dalam campuran laston maupun lataston, memberikan pengaruh terhadap berat isi campuran yang nilainya cenderung bertambah dan mengakibatkan penurunan nilai VMA.

Tabel 10 Nilai VMA untuk masing-masing campuran

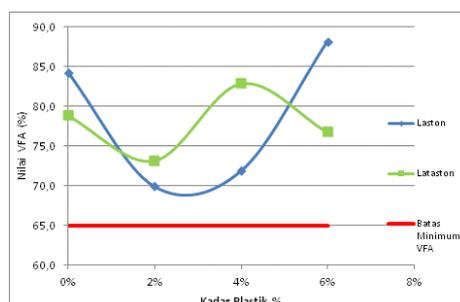
Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5 A	16,2	18,7	18,2	16
6.5 B	14,4	19	17,8	16,5
Rata-rata	15,3	18,85	18	16,25
Lataston				
7.5 A	18,5	19,1	19,0	19,0
7.5 B	17,6	19,0	18,2	17,7
Rata-rata	18,1	19,1	18,6	18,4

**Gambar 7.** Hubungan antara VMA dan variasi aspal-plastik HDPE**Voids Filled with Asphalt (VFA)**

Rongga dalam campuran terjadi akibat adanya ruang sisa antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara dan dalam kondisi basah akan diisi oleh air. Kriteria VFA bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Hasil nilai VFA dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 8

Tabel 11. Nilai VFA untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai VFA (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5 A	78,4	73,6	68,7	89,7
6.5 B	90,2	66,3	75,1	86,7
Rata-rata	84,3	70,0	71,9	88,2
Lataston				
7.5 A	83,8	72,9	80,7	73,3
7.5 B	73,9	73,5	85,1	80,2
Rata-rata	78,9	73,2	82,9	76,8

**Gambar 8.** Hubungan antara VFA dan variasi Aspal-plastik HDPE

Penggunaan HDPE sebagai bahan campuran pada aspal cenderung meningkatkan nilai VFA seperti yang terlihat di grafik di atas. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar plastik sebagai

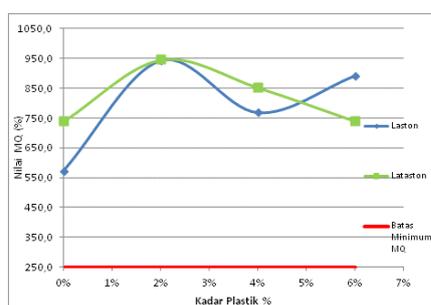
bahan campuran aspal pada campuran Laston-WC, akan mengakibatkan semakin mengecilnya rongga dalam campuran akibat berat jenis aspal semakin meningkat. Bertambahnya nilai VFA pada penelitian ini diakibatkan oleh mengecilnya rongga dalam campuran (VIM) yang merupakan bagian dari pembagi dalam menentukan nilai VFA. Selain itu, dengan masuknya plastik ke dalam campuran maka penyerapan aspal kedalam pori material (absorbs) akan semakin mengecil.

Marshall Quotient (MQ)

MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut. Semakin rendah nilai MQ suatu campuran, maka resiko yang memungkinkan adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Hasil untuk pengujian MQ tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 9.

Tabel 12. Nilai *Marshall Quotient* untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5 A	642,9	936,0	772,5	810,0
6.5 B	503,0	952,0	765,0	975,0
Rata-rata	573,0	944,0	768,8	892,5
Lataston				
7.5 A	712,0	1154,4	865,4	707,1
7.5 B	763,8	736,4	839,4	771,4
Rata-rata	737,9	945,4	852,4	739,3



Gambar 10. Hubungan antara MQ dan kadar Aspal-plastik HDPE

Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan HDPE pada campuran laston dan lataston cenderung meningkatkan nilai MQ. Nilai MQ tertinggi terjadi pada campuran laston dan lataston dengan menggunakan 2% HDPE yaitu sebesar 944 kg/mm untuk laston dan 945,4 kg/mm untuk lataston, sedangkan nilai MQ terendah terjadi pada tanpa campuran dengan 0% HDPE yaitu sebesar 573 kg/mm untuk laston dan 737,9 kg/mm untuk lataston. Pada 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. Nilai MQ cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan kadar plastik HDPE.

Hasil bagi *Marshall* atau *Marshall Quotient* (MQ) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*) yang juga merupakan indikator terhadap kekakuan campuran secara empiris. Jika tabilitas naik dengan nilai *flow* menurun maka MQ menjadi lebih baik. Dengan bertambahnya kadar plastik kedalam campuran Laston-WC mempengaruhi nilai MQ yang semakin tinggi. Tidak ada pembatas spesifikasi sampai dimana besar angka MQ, sehingga dapat dikatakan dengan bertambahnya kadar plastik ke dalam campuran akan memperbaiki konstruksi tersebut dari segi MQ.

Kesimpulan

Pertumbuhan pesat jumlah penduduk yang diiringi dengan peningkatan jumlah konsumsi berbagai hal, seperti penggunaan agregat alam dalam bidang konstruksi sudah seharusnya dicarikan solusi untuk mendapatkan agregat alternatif. Selain itu, konsumsi plastik yang menghasilkan limbah plastik dalam jumlah besar tidak berbanding lurus dengan pemanfaatan limbah plastik. Penelitian ini mencoba menggunakan limbah plastik jenis High Dessity Polyethylene (HDPE) sebagai pengganti sebagian aspal untuk campuran laston dan lataston dalam kadar 0%, 2%, 4% dan 6%. Penggunaan HDPE pada jenis ini memberikan pengaruh pada campuran laston dan

laston terhadap berbagai karakteristik Marshall, yakni untuk nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VFA, MQ cenderung mengalami peningkatan, sedangkan nilai Flow dan VMA cenderung mengalami penurunan.

Daftar Pustaka

- Al-Hadidy, A.I dan Qiu, T.Y., (2009), "Mechanistic approach for polypropylene-modified flexible pavements", *Construction and Building Materials*, Vol. 30:1133-1140
- Anonim, (2003), "*Tata Cara Pengujian Marshal*", Pusjatan-Balitbang PU, Bandung.
- Anonim, (2010), "*Spesifikasi Umum 2010 (revisi 2)*", Pusjatan-Balitbang PU
- Asrar, Y. D., (2007), "*Karakteristik Aspal Dengan Bahan Tambah Plastik dan Kinerjanya Dalam Campuran HRA*", Departemen Civil and Engineering, Medan.
- Bina Marga, (1999), "*Pedoman Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*", Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Pradana, J.P., (2009) "*Pengaruh Penambahan Parutan Karet Ban Gradasi 2 Terhadap Parameter Marshall Hot Rolled Sheet Wearing Cours*", Yogyakarta : Tugas Akhir UMY
- Rizana, R., (2012), "*Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Polipropilena sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall*", UMY, Yogyakarta
- Suroso, T. W., 2008, "*Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*", Bandung
- Tapkin, S., (2007), "The effect of polypropylene fibers on asphalt performance., *Building and Environment*, Vol. 43 : 1065-1071
- Zulfiani, A.R., 2012, "*Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Pengaruh Plastik Sebagai Bahan Substitusi Aspal*", Universitas Hasanuddin, Makassar.