

## PENGARUH LIMBAH SAMPAH TYPE HDPE (*HIGH DENSITY POLYTHYLENE*) PADA LAPISAN ASPAL AC WC

Okky Hendra<sup>1</sup>, Nurdiana yusuf<sup>2</sup>, Isradias Mirajhusnita<sup>3</sup>, Teguh Haris<sup>4</sup>, Weimintoro<sup>5</sup>

*Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal*

<sup>1</sup>E-mail: okijavva@gmail.com

**ABSTRAK:** Meningkatnya mobilisasi penduduk memunculkan kendaraan-kendaraan baru baik kendaraan ringan sampai dengan kendaraan berat yang melintas di jalan raya, sehingga dibutuhkan juga sarana penunjang transportasi yang cukup memadai untuk menampung volume kendaraan yang akan melintas di atasnya. Karena itu peneliti akan mencoba untuk melakukan penelitian dengan cara memanfaatkan limbah plastik jenis HDPE (High Density Polyethylene) untuk campuran aspal tersebut sesuai dengan acuan pada SNI Bina Marga 2010 dengan menggunakan metode Marshall Test. Penambahan plastik yang digunakan ada 3 variasi yaitu dengan campuran plastik 5%, 7,5% dan 10%. Dari pengujian Stabilitas Marshall yang dilakukan dengan penambahan plastik 5% nilainya sebesar 2843,5 kg, dan 7,5 % dengan nilai 2695,8 kg dan 10% dengan nilai 2455,0 kg, pengujian Flow / kelelahan dengan penambahan plastik 5% sebesar 4,91%, dan 7,5% sebesar 4,26 % dan 10% sebesar 1,63 %. Pengujian Marshall Quotient untuk penambahan plastik 5% sebesar 655,39 kg/mm, dan 7,5% sebesar 704,38 kg/mm, dan untuk 10% sebesar 1714,02 kg/mm.

**Kata Kunci :** *Marshall Test, plastic waste, asphalt (AC-WC)*

### 1. PENDAHULUAN

Jalan memungkinkan seluruh masyarakat mendapatkan akses pelayanan pendidikan, kesehatan, perdagangan dan pekerjaan lainnya. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi. Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat, seiring dengan hal tersebut mengakibatkan meningkatnya peningkatan mobilisasi penduduk, sehingga muncul kendaraan-kendaraan baru baik kendaraan ringan sampai dengan kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Dibutuhkan juga sarana penunjang transportasi yang cukup memadai untuk menampung volume kendaraan yang akan melintas di atasnya.

Seiring dengan perkembangan zaman, penawaran dan permintaan dari penggunaan plastik pun meningkat pada sektor industri atau masyarakat. Namun dengan adanya peningkatan penggunaan dari plastik maka limbah yang berupa sampah plastik pun meningkat. Plastik merupakan polimer hidrokarbon yang sulit terurai. Sehingga banyak sampah plastik yang tertimbun dan tidak terolah dengan baik dan benar. Hal ini merupakan salah satu permasalahan bagi Indonesia dan perlu penanganannya yang baik. Umumnya dimasyarakat maupun di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), timbunan sampah plastik dibakar untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang ada.

Plastik memiliki banyak manfaat tetapi juga memiliki sisi negatif khususnya limbah plastik, namun limbah plastik ini membuka peluang untuk dimanfaatkan dalam bidang konstruksi jalan raya. Campuran aspal memiliki beberapa kelemahan seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan oleh tekanan yang terlalu berat seperti muatan truk yang berlebihan, keretakan-keretakan yang ditimbulkan oleh panas, dan juga disebabkan oleh kelembaban, ini semua terjadi pada campuran aspal (Brown, 1990).

Sampah plastik yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sampah plastik jenis HDPE (High Density Polyethylene), yang merupakan bahan baku jenis plastik HDPE dimana umumnya hasil produksi berbentuk kantong plastik, plastik roll dan plastik lembaran. Masyarakat Indonesia dalam kesehariannya mengenal

kantong plastik HDPE dengan sebutan kantong HD, kantong kresek, kantong asoy, tas plastik HD, ataupun shopping bag. Mengacu pada uraian di atas maka penulis ingin melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan terhadap limbah sampah type HDPE (High Density Polyethylene) pada lapisan aspal AC WC sebagai bahan karakteristik campuran pembuatannya.

### 2. METODELOGI PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan ini adalah dengan metode eksperimen, dimana dalam penelitian kali ini penulis akan menganalisa tentang pemanfaatan Limbah plastik jenis HDPE (High Density Poly-Ethylene) Sebagai Bahan Campuran Lapis Aspal AC-WC Dengan Metode Marshall test (SNI BINA MARGA TAHUN 2010), dengan perbandingan variasi tambahan limbah plastik HDPE dengan campuran aspal 5%, 7,5% dan 10%. Serta dengan pembuatan sampel sebanyak 5 sampel benda uji dengan kandungan plastik yang berbeda. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah :

#### 1) Variabel Bebas

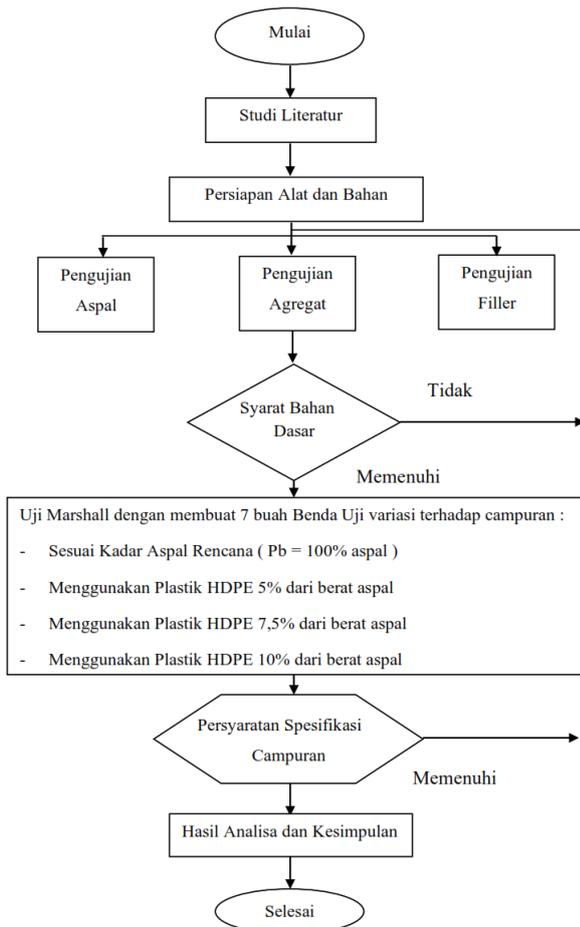
Bahan atau agregat yang sudah diuji sifat fisiknya untuk terjaminnya kesesuaian bahan yang akan digunakan dalam campuran beton aspal. Agregat dalam campuran beton aspal akan dibuat komposisi campuran. Bahan atau agregat yang digunakan dalam komposisi campuran aspal beton melewati proses pengujian sifat dan pengujian fisiknya sesuai spesifikasi. Sebelum menjadi campuran aspal agregat yang akan digunakan dibuatkan komposisi.

#### 2) Variabel Terikat

Didalam penelitian pemanfaatan Limbah plastik jenis HDPE (High Density Poly-Ethylene) Sebagai Bahan Campuran Lapis Aspal AC-WC Dengan Metode Marshall test.

Jenis aspal yang diteliti adalah jenis Pertamina 60/70, lapisan Aspal jenis AC-WC merupakan lapisan yang terletak di posisi paling atas, lapisan aspal AC-WC adalah lapisan yang memiliki struktur paling halus dibandingkan dengan lapisan lainnya.

Selengkapnya metode penelitian ini terdapat pada gambar 1 Diagram Penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 60/70 pen dan pencampuran plastik dengan variasi plastik 5%, 7,5% dan 10 % . Dengan mencari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), rongga terisi aspal (VFB), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), dan Marshall Quotien (MQ).

Dari hasil pengujian Marshall test dengan penambahan plastik jenis HDPE dapat disajikan pada Tabel 1. Dibawah ini

Table 1. Hasil pengujian Marshall Test dengan penambahan Plastik HDPE dengan Variasi 5%, 7,5% dan 10%

Hasil Pemeriksaan	Penambahan Plastik 5%							Spesifikasi
	1	2	3	4	5	6	7	
Kepadatan (gr/ml)	2,121	2,2089	2,136	2,087	2,125	2,034	2,094	Min 2,270
	<b>Rata-rata 2,098</b>							
Stabilitas (kg)	2791,8	2895,2	2998,6	2998,6	2998,6	2895,2	2326,5	Min 800
	<b>Rata-rata 2843,5</b>							
Flow/kelelahan (mm)	7,2	3,2	4,8	6,5	2,7	6,4	3,6	2,0-4,0
	<b>Rata-rata 4,91</b>							
VIM (%)	11,366	12,704	10,740	12,787	11,199	15,002	12,495	3,0-5,0
	<b>Rata-rata 12,328</b>							
VFB (%)	49,549	46,392	51,140	46,208	49,966	41,642	46,864	Min 65
	<b>Rata-rata 47,394</b>							
VMA (%)	22,529	23,698	21,981	23,771	22,383	25,707	23,515	Min 15
	<b>Rata-rata 23,369</b>							
MQ (kg/mm)	387,75	904,75	624,71	461,32	1110,59	452,37	646,25	Min 250
	<b>Rata-rata 655,39</b>							

Table 2. Hasil pengujian Marshall Test dengan penambahan Plastik HDPE dengan Variasi 7,5%.

Hasil Pemeriksaan	Penambahan Plastik 7,5%							Spesifikasi
	1	2	3	4	5	6	7	
Kepadatan (gr/ml)	1,989	2,029	2,028	2,014	1,961	2,087	2,017	Min 2,270
	<b>Rata-rata 2,018</b>							
Stabilitas (kg)	2843,5	3360,5	2998,6	2843,5	2688,4	1447,6	2688,4	Min 800
	<b>Rata-rata 2695,8</b>							
Flow/kelelahan (mm)	7,1	6,1	4,6	3,7	3,1	2,5	3,7	2,0-4,0
	<b>Rata-rata 4,4</b>							

Lanjutan Tabel 2

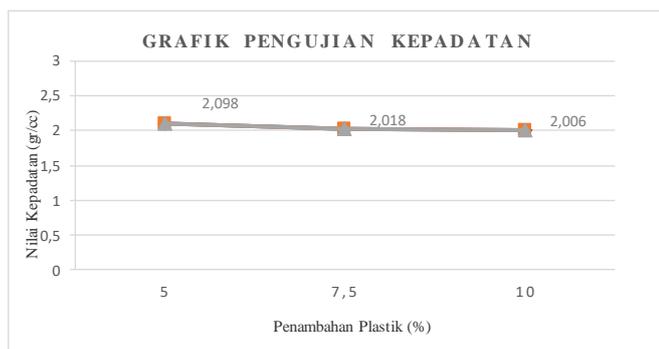
<b>VIM (%)</b>	16,883	15,211	15,253	15,838	18,053	12,787	15,712	3,0-5,0
<b>Rata-rata 16,677</b>								
<b>VFB (%)</b>	47,389	50,491	50,410	49,296	45,370	55,513	49,534	Min 65
<b>Rata-rata 49,715</b>								
<b>VMA (%)</b>	32,090	30,724	30,758	31,236	33,046	28,743	31,134	Min 15
<b>Rata-rata 31,104</b>								
<b>MQ (kg/mm)</b>	400,5	550,9	651,87	768,51	867,51	965,06	726,6	Min 250
<b>Rata-rata 704,38</b>								

Table 3. Hasil pengujian Marshall Test dengan penambahan Plastik HDPE dengan Variasi 10%.

Hasil Pemeriksaan	Penambahan Plastik 10%							Spesifikasi
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Kepadatan (gr/ml)</b>	2,048	2,051	2,016	1,986	1,958	2,005	1,980	Min 2,270
<b>Rata-rata 2,006</b>								
<b>Stabilitas (kg)</b>	2791,8	2429,9	2347,2	2171,4	2357,5	2347,2	2740,1	Min 800
<b>Rata-rata 2455,0</b>								
<b>Flow/kelelahan (mm)</b>	1	1,1	1,4	1,7	2,8	1,2	2,2	2,0-4,0
<b>Rata-rata 1,63</b>								
<b>VIM (%)</b>	14,417	14,292	15,754	17,008	18,178	16,214	17,259	3,0-5,0
<b>Rata-rata 16,160</b>								
<b>VFB (%)</b>	42,778	43,028	40,244	38,063	36,179	39,423	37,646	Min 65
<b>Rata-rata 39,623</b>								
<b>VMA (%)</b>	25,195	25,086	26,364	27,460	28,483	26,766	27,679	Min 15
<b>Rata-rata 26,719</b>								
<b>MQ (kg/mm)</b>	2791,8	2209	16766,56	1277,30	841,97	1955,99	1245,5	Min 250
<b>Rata-rata 1714,02</b>								

a. Kepadatan (*Density*)

Berdasarkan Tabel 1. diatas menunjukkan bahwa penambahan plastik 5 % menghasilkan nilai rata-rata kepadatan 2,098 (g/cc), pada penambahan plastik 7,5 % dengan nilai rata-rata 2,018 (g/cc), dan pada penambahan plastik 10 % dengan nilai rata-rata 2,006 (gr/cc).



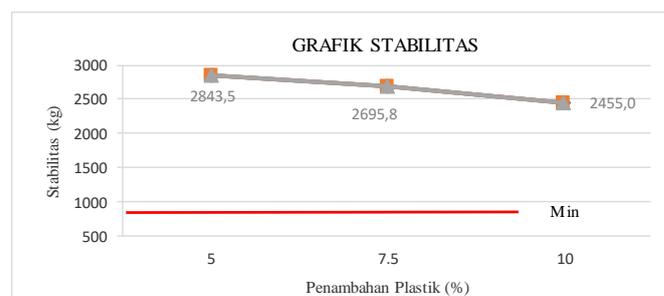
Gambar 2. Grafik hubungan kepadatan (*Density*) dan campuran plastic

Dari Gambar 2 diatas terlihat bahwa nilai kepadatan maksimum dapat diperoleh dengan pencampuran 5% plastic dan terendah diperoleh oleh pencampuran 10% plastic. Dengan demikian semakin banyak peresentasi plastic yang ditambahkan akan mengurangi kepadatan dari campuran aspal yang dihasilkan.

b. Stabilitas

Dari Gambar 2. diatas menunjukkan bahwa hubungan stabilitas dengan penambahan plastik di atas, pada

penambahan plastik 5%, 7,5%, dan 10%, Nilai stabilitas berturut- turut mengalami penurunan sebesar 146,71%, dan 240,8 % terhadap nilai stabilitas 5% .Nilai stabilitas Marshall Optimum tercapai pada campuran beton aspal dengan penambahan plastik 5% dengan hasil rata-rata nilai stabilitas sebesar 2843,5 kg.



Gambar 3. Grafik hubungan Stabilitas dan campuran plastic

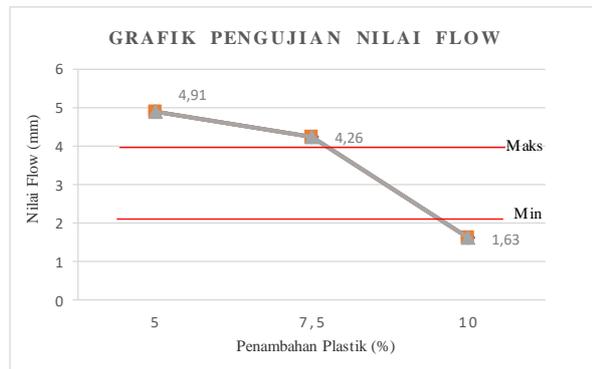
Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai stabilitas Marshall Optimum tercapai pada campuran beton aspal dengan penambahan plastik 5% dengan hasil rata-rata nilai stabilitas sebesar 2843,5 kg.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2010 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan yang ada.

c. Flow

Pengaruh penambahan plastik terhadap flow/ kelelahan campuran AC-WC dapat kita lihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Table 3. yaitu pengaruh penambahan

plastik sebanyak 5%, ke 7,5% mengalami penurunan sebanyak 0,65 mm lalu pada penambahan plastik dari 7,5% ke 10% mengalami penurunan sebanyak 2,63 mm

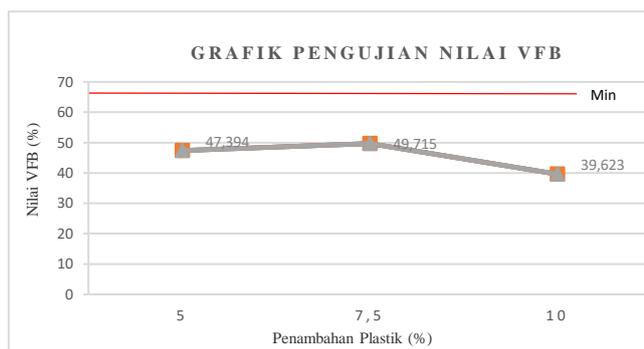


Gambar 4. Grafik hubungan flow dan campuran plastic

Sehingga Gambar 4. dapat disimpulkan semakin banyak campuran plastik yang digunakan maka nilai *flow* juga semakin menurun. Dari besarnya nilai *flow* tertinggi terdapat pada campuran plastik sebanyak 5% dengan rata-rata sebesar 4,91 mm. Sedangkan jika ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2010 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston limbah plastik nilai *flow* Minimal 2 mm dan Maksimal 4 mm. Sehingga dari penelitian yang dilakukan terhadap penambahan plastik 5%, 7,5% dan 10% tidak ada yang memenuhi persyaratan SNI Bina Marga 2010 yang ada

d. Void Filled Bitumen

Pengaruh penambahan plastik terhadap VFB campuran AC-WC dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Table 3 yaitu Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada penambahan plastik sebanyak 5% dengan rata-rata 47,394 %, penambahan plastik 7,5 % dengan rata-rata 49,715 % dan penambahan plastik yang 10 % dengan rata-rata 39,623 %.



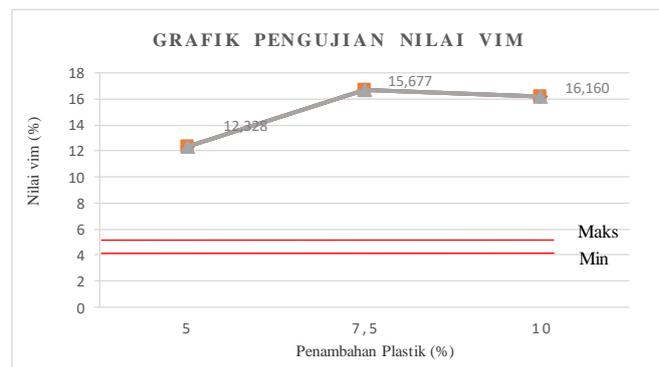
Gambar 5. Grafik hubungan VIB dan campuran plastic

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada Gambar 5 dari campuran 5% ke 7,5% mengalami kenaikan sebesar 2,321 %, sedangkan dari penambahan plastik 7,5% ke penambahan plastik 10% mengalami penurunan sebesar 10,092 %. Dari Gambar 5. nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) tertinggi didapat pada grafik plastik yang 7,5% dengan nilai rata-rata yaitu 47,715 %.

Dari persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) harus > 68%. Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) sehingga dapat disimpulkan yang tidak memenuhi persyaratan yaitu pada campuran plastik 5% , 7,5% maupun campuran plastik yang 10 %.

e. Voids In Mix (VIM)

Pengaruh penambahan plastik terhadap VIM campuran AC-WC pada Tabel 1, Tabel 2 dan Table 3 memperlihatkan nilai VIM (*Void In Mix*) pada penambahan plastik 5% dengan rata-rata 12,328%, pada penambahan plastik 7,5% dengan rata-rata 15,677%, dan penambahan plastik yang 10% dengan rata-rata 16,160%.

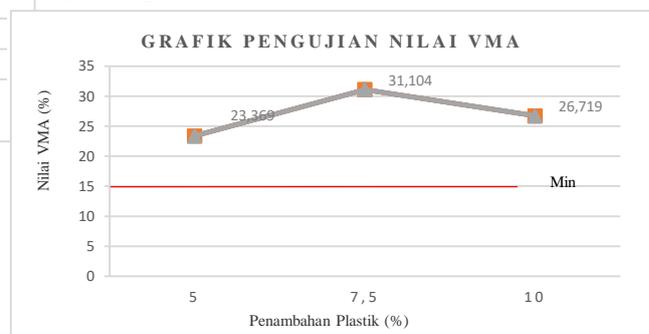


Gambar 6. Grafik hubungan VIM dan campuran plastic

Dari Gambar 6 didapat nilai VIM (*Void In Mix*) yang tertinggi yaitu pada penambahan plastik 10% dengan rata-rata 16,160%. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (*Void In Mix*) dari ketiga nya tidak ada yang sesuai dengan persyaratan yang ada.

f. VMA (*Void In Mineral Agregat*)

Pada Tabel 1, Tabel 2 dan Table 3 Pengaruh penambahan plastik terhadap VMA campuran AC-WC yaitu Nilai VMA (*Void In Mineral Agregate*) pada Penambahan Plastik sebanyak 5% dengan rata-rata sebesar 23,369 %, pada penambahan plastik 7,5 % dan 10 % mengalami peningkatan sebesar 31,104 %, sedangkan pada penambahan plastik yang 10% mengalami penurunan sebesar 26,719 %.

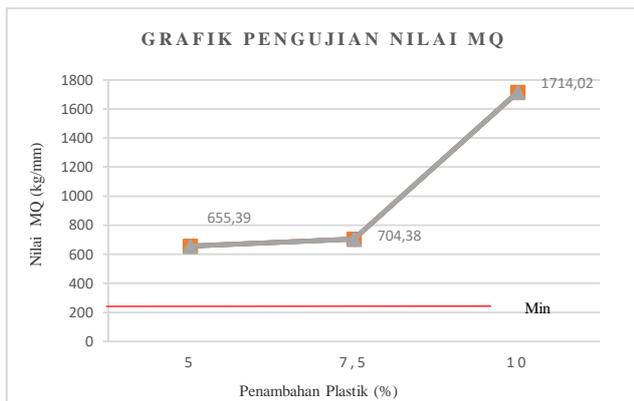


Gambar 7. Grafik hubungan VMA dan campuran plastic

Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Leston nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) minimal sebesar 15%, >13%, jadi dari penambahan plastik 5%, 7,5% dan 10% semuanya memenuhi persyaratan nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) yang sesuai dengan SNI Bina Marga 2010 seperti pada Gambar 7.

g. MQ (*Marshall Quotient*)

Pengaruh penambahan plastik terhadap Marshall Quotient campuran AC-WC yaitu hubungan MQ (*Marshall Quotient*) dan penambahan plastik, pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 terlihat penambahan plastik 5%, 7,5% dan 10% berturut-turut mengalami kenaikan sebesar 655,39 (kg/mm), 704,38 (kg/mm), dan 1714,02 (kg/mm).



Gambar 8. Nilai Marshall Quotient

Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan penambahan plastik 10% memiliki nilai MQ (*Marshall Quotient*) tertinggi yaitu 1714,02 kg/mm. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat bantak memenuhi syarat MQ berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018 yaitu > 250 kg/mm.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai pengaruh penambahan limbah plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) terhadap lapis aspal AC-WC adalah :

- 1) Penambahan limbah plastik type HDPE (*High Density Polyethylene*) berpengaruh terhadap lapisan aspal AC-WC. Aspal beton pada penambahan plastik HDPE dapat meningkatkan mutu campuran. Penambahan plastik ke agregat bisa meningkatkan kekuatan agregat terhadap abrasi dan mengurangi pengerapan.
- 2) Nilai kuat tekan aspal AC-WC dengan menggunakan metode pengujian Stabilitas sampai pengujian Marshall Quotient dengan menggunakan Marshall Test antara lain :
  - Nilai stabilitas terbaik adalah ada pada penambahan plastik 5% dengan nilai 2843,5kg.
  - Nilai density campuran aspal dengan penambahan plastik 5 % dengan nilai 2,098gr/ml, menurun sebanyak 0,08 pada penambahan plastik 7,5%, dan terus menurun

sebesar 0,012gr/ml pada penambahan plastik 10%.

- Nilai VIM pada campuran aspal dengan penambahan plastik 5% dengan nilai 12,328%, dan meningkat pada penambahan plastik 7,5% dengan nilai 15,677%, dan terus meningkat pada penambahan plastik 10% dengan nilai 16,160%.
- Nilai VMA pada campuran aspal dengan penambahan plastik 5% dengan nilai 23,369%, dan meningkat pada penambahan plastik 7,5% dengan nilai 31,104% dan pada penambahan plastik 10% kembali menurun dengan nilai 26,719%.
- Nilai VFB pada campuran aspal dengan penambahan plastik 5% dengan nilai 47,394%, dan meningkat pada penambahan plastik 7,5% dengan nilai 49,715%, kemudian kembali menurun dengan nilai 39,623%.
- Nilai flow (kelelehan) pada campuran aspal dengan penambahan plastik 5% dengan nilai 4,91mm dan menurun pada penambahan plastik 7,5% dengan nilai 4,26 mm dan terus menurun pada penambahan plastik 10% dengan nilai 1,63 mm.
- Nilai Marshall Quotient pada campuran aspal dengan penambahan plastik 5% dengan nilai 655,39 kg/mm, dan meningkat pada penambahan plastik 7,5% dengan nilai 704,38 kg/mm, dan terus meningkat pada penambahan plastik 10% dengan nilai 1714,02 kg/mm.

6. DAFTAR PUSTAKA

*A Technique to Dispose Waste Plastics in an Ecofriendly Way – Application in Construction of Flexible Pavements*. Tamil Nadu: Elsevier Ltd.

*Construction of Flexible Pavements*. Tamil Nadu: Elsevier Ltd. Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, (2004)

Direktorat Jendral Bina Marga. 2010. *Departemen Pekerjaan Umum, Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan, Buku 1 Umum, Manual Konstruksi dan Bangunan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Hermawan, Okky Hendra. 2018. *Pengaruh Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton*. Volume no 16. Dosen Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal.

Hirst, E., & Brown, M. (1990). Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. *Resources, Conservation and Recycling*.

Lapian, F. E. P., Ramli, M. I., Pasra, M., & Arsyad, D. A. (2019). Pengaruh Limbah Plastik PET (Polyethylene Teterphthalate) terhadap Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC. *Adaptasi Dan Mitigasi Bencana Dalam Mewujudkan Infrastruktur Yang Berkelanjutan, November*, 139–149.

Mirajhusnita, I., Santosa, T. H., & Hidayat, R. (2020). *Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton*. 1(1), 24–33.

- Peacock, A. J. 2000. Handbook of Polyethylene ( Structures, Properties, and Applications ). New York, USA : Marcel Dekker, Inc.
- P, P., Diansyah., Surabaya, U. N., Mahardi, P., Sc, M., & Risdianto, Y. (n.d.).
- Simanjuntak, S., Saragi, Y. 2012. Analisa Perbandingan Kualitas Aspal Beton Dengan Filler Bentonite. Medan: Lembaga Penelitian Universitas HKBP Nommensen.
- Sukirman, S, ( 2003 ) Beton Aspal Campuran Panas, Nova, Bandung.
- Supriyanto, Mudjanarko, S. W., Koespiadi, & Limantara, A. D. (2019). Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Density Polyethylene ( Hdpe ) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus Ac- Wc ( Asphalt Concrete Wearing Course ). Paduraksa, 8(2), 222–233.
- Sri, :, & Purwonugroho, W. (2018). Pengolahan Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) dan Polypropylene (Pp) dengan metode Mix Plastic Coated Aggregate untuk meningkatkan kualitas aspal beton. Skripsi.
- Susanto, I., & Suaryana, N. (2019). Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 17(2), 27.
- Tripoli, B., Teknik, D., Fakultas, S., Universitas, T., Umar, T., Sipil, J. T., Teknik, F., & Teuku, U. (2020). Studi Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal dengan Penambahan Kresek. 6(2), 30– 40.
- Utomo, T. ., Hasanudin, U., & Suroso, E. (2010). World Congress on Engineering : WCE 2010 : 30 June - 2 July, 2010, Imperial College London, London, U.K. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010*.
- Yolly, Detra., Asrar, 2007. *Karakteristik Aspal Dengan Bahan Tambah Plastik dan Kinerjanya dalam Campuran HRA*. Departemen Civil and Engineering, Medan.