



PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON (LASTON)

Novita Sariani^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika,
Universitas Muhammadiyah Palangka Raya,
Jl. RTA Milono, Langkai, Kec. Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah 73111

*Email: novsariani99@gmail.com

Diajukan: 18/06/2022 Direvisi: 29/11/2022 Diterima: 30/11/2022

Abstrak

Untuk meningkatkan kualitas permukaan jalan dapat dilakukan perubahan campuran aspal beton (LASTON) yang diharapkan memiliki kualitas aspal yang sesuai dengan standar. Contoh penelitian sering menggunakan bahan limbah kota sebagai alternatif untuk memodifikasi campuran perkerasan. Limbah botol plastik PET (polyethylene terephthalate) digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan sifat dan membandingkan nilai parameter Marshall. Proses pencampuran menggunakan proses kering dimana ditambahkan plastik dan agregat, kemudian dipanaskan dan kemudian ditambahkan aspal panas. Kandungan PET yang ditambahkan adalah 0%, 2%, 5%, 8% dari berat aspal. Berdasarkan analisis data perhitungan dan percobaan laboratorium, penambahan kepingan botol plastik PET (polyethylene terephthalate) terhadap pengendalian campuran AC-WC menyebabkan penurunan skor stabilitas sebesar 13,82%. Nilai VFA (Void Filled with Asphalt) mengalami penurunan sebesar 5,22 persen, sedangkan kuat luluh mengalami penurunan sebesar 15,522 %. Nilai VMA (Void in Mineral Aggregate) meningkat sebesar 1,196%, namun nilai VIM (Void in Mix) meningkat sebesar 0,540, sedangkan Marshall Ratio meningkat sebesar 0,452%. Hasil Uji Parameter Marshall menunjukkan penggunaan limbah botol plastik PET dengan variasi kandungan plastik 0%, 2%, 5 ± 8% masih belum optimal untuk digunakan sebagai bahan tambahan AC-WC Laston Bina Marga 2018 dibawah kondisi yang ditentukan pada spesifikasi umum Divisi 6, karena nilai VFA dan VIM yang ditentukan pada penelitian tidak memenuhi persyaratan.

Kata kunci: Lapis Aspal Beton, Limbah Botol Plastik PET, Parameter Marshall

Abstract

In order to improve the quality of a road pavement, a modification can be made to the added material for asphalt-concrete mixture (LASTON) which is expected to produce asphalt quality according to standards. In this research, the material used is PET (Polyethylene Terephthalate) plastic bottle waste. The purpose of this study was to determine the characteristics of Marshall, and to compare Marshall parameter values. The mixing method in the laboratory used the dry process, which is a method in which plastic is inserted together with the aggregate and then heated and then hot asphalt is added. The added PET content is 0%, 2%, 5%, 8% by weight of asphalt. Based on the analysis, the addition of PET (Polyethylene Terephthalate) plastic bottle waste to the characteristics of the marshall mixture of AC-WC laston has an effect that causes a decrease in the stability value of 13.82%, the VFA (Void Filled with Asphalt) value decreases by 5.22%, and the value of flow decreases by 15.522%. The VMA (Void in Mineral Aggregate) value increased by 1.196%, the VIM (Void in Mix) value increased by 0.540% and the marshall quotient value increased by 0.452%. The results of the Marshall parameter test show that the use of PET (Polyethylene Terephthalate) plastic bottle waste at variations in plastic content of 0%, 2%, 5% and 8% is still not optimal for use as an additive to the AC-WC laston mixture when viewed from the requirements that have been met.

Keywords: Road Improvement, Road Rehabilitation, Road Reconstruction

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah suatu penghubung antara daerah/ kawasan yang satu dengan yang lainnya, dan merupakan sebuah prasarana transportasi darat yang digunakan masyarakat untuk melakukan perjalanan. Baik dengan menggunakan kendaraan ataupun dengan berjalan kaki, dalam melakukan aktivitas keseharian pada bidang ekonomi, pendidikan, dan lain-lain.

Dalam usaha peningkatan kualitas jalan terdapat beberapa metode yang digunakan seperti penggunaan bahan tambah, maupun modifikasi campuran perkerasan jalan. Kondisi tersebut sering terkendala akibat minimnya ketersediaan bahan material. Pada contoh penelitian sering digunakan limbah bahan kebutuhan rumah tangga sebagai alternatif modifikasi suatu campuran perkerasan. Isma (2021) pernah melakukan penelitian terhadap penggunaan limbah botol plastik minuman untuk campuran perkerasan aspal jenis laston. Hasil yang diperoleh adalah beberapa sampel campuran dapat memenuhi persyaratan campuran aspal bahan botol plastik tersebut termasuk dalam jenis PET.

PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan botol minuman (Alwi dkk, 2020). Botol plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan. Kemasan minuman yang berbahan dasarnya plastik sangat banyak dijumpai di lingkungan sekitar, sehingga membuat limbah botol plastik banyak yang tidak dimanfaatkan dengan baik dan hanya terbuang sia-sia.

Pemanfaatan limbah botol plastik sebagai bahan tambahan campuran aspal menjadi latar belakang ketertarikan penulis melakukan penelitian ini untuk menghasilkan permukaan jalan yang berkualitas tinggi yang memenuhi standar dan mengurangi pencemaran limbah plastik sehingga limbah plastik dapat menghasilkan sesuatu jika didaur ulang dengan baik dan berevolusi.

1.1 Botol Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*)

PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan botol minuman. Botol plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan. Menurut Basri

(2019), PET sering disebut poliester dalam dunia tekstil. Biasanya digunakan untuk botol plastik bening/ transparan, mis. B. botol air mineral, botol jus dan hampir semua botol minuman lainnya. Bukan untuk air panas yang lebih panas. Jenis ini direkomendasikan untuk sekali pakai saja, tidak untuk menyimpan makanan pada suhu di atas 600 C, saat lapisan polimer botol meleleh dan melepaskan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker). Bahan bernama SbO₃ (*antimoni trioksida*) digunakan dalam pembuatan PET yang berbahaya bagi pekerja yang mengolah atau mendaur ulangnya, karena antimoni trioksida masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan, yaitu dengan menghirup debu yang mengandung senyawa ini. Kontaminasi jangka panjang dari senyawa ini menyebabkan iritasi kulit dan pernafasan. Senyawa ini meningkatkan masalah menstruasi dan keguguran, dan bahkan jika mereka melahirkan, anak mereka cenderung tumbuh lambat sebelum 12 bulan.

1.2 Agregat

Menurut Isma (2021), agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik alami maupun buatan, berupa mineral padat dalam ukuran besar atau kecil atau pecahan. Sifat agregat mempengaruhi kekuatan struktur perkerasan jalan. Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk konstruksi jalan, yaitu: skala, kekuatan, granularitas, tekstur permukaan, adhesi aspal, dan kebersihan dan sifat kimia. Jenis agregat dan campuran berpengaruh signifikan terhadap durabilitas atau kestabilan permukaan jalan. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1.2.1 Agregat kasar

Menurut Pratama (2010) agregat kasar adalah material yang tersisa pada layar #8 (2,36 mm). Agregat kasar yang digunakan dalam campuran aspal harus bersih, kokoh, kering, batu pecah bersudut, bebas dari kotoran tanah liat dan benda asing lainnya, dengan tekstur permukaan yang kasar dan tidak membulat untuk membentuk sifat ikatan yang baik dengan bahan lain.

1.2.2 Agregat Halus

Menurut Spesifikasi Bina Marga, (2018) agregat halus dari sumber bahan apapun harus terdiri dari pasir atau batu pecah yang disaring dan bahan yang melewati saringan No. 4 (4,75 mm). Bahan halus dan pasir digiling secara terpisah dan dikirim ke pabrik pencampur aspal melalui pemasok tangki dingin yang terpisah sehingga kadar gabungan dan kandungan pasir dalam campuran dapat dikontrol dengan baik. Agregat halus harus bersih, keras dan bebas dari lempung atau bahan lain yang tidak diinginkan.

1.2.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Dijelaskan sesuai aturan Spesifikasi umum bina marga (2018), bahwa *filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan telah diuji dengan penapisan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus berisi materi yang menyusun No. 200 (75 mikron) setidaknya 75% berat. Semua campuran aspal harus mengandung sekurang-kurangnya 1% dari berat agregat.

1.3 Gradasi Agregat

Menurut Debataraja (2020), gradasi agregat adalah distribusi ukuran partikel agregat dan dinyatakan sebagai persentase berat total. Klasifikasi agregat ditentukan oleh saringan, dimana sampel agregat ditimbang dan persentase agregat yang melewati atau tertinggal di setiap saringan ditentukan oleh berat total. Agregat mempengaruhi ukuran rongga campuran dan menentukan apakah agregat memenuhi persyaratan atau tidak.

1.4 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Menurut Irfansyah (2017), laston juga dikenal sebagai AC (*asphalt concrete*). Laston sendiri sering digunakan di Indonesia dengan gradasi menerus untuk beban trafik berat.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* pada campuran laston dengan penambahan penggunaan limbah botol plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan kadar 0%, 2%, 5%, dan 8% dari berat aspal.

Tahap awal penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan, kemudian pengujian material (agregat kasar dan halus) yang meliputi: uji analisa saringan, berat jenis, *absorption* dan keausan. Apabila hasil uji material memenuhi spesifikasi maka dilanjut dengan rancangan campuran, bila tidak memenuhi maka material diganti sampai memenuhi spesifikasi.

Tahap berikutnya membuat sampel pengujian dengan variasi PET 0%, 2%, 5% dan 8% dari berat sampel. Tiap variasi PET dibuat 3 sampel. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian *marshall*. Hasil pengujian dianalisis dan dibahas kemudian diambil kesimpulan.

2.1 ALAT DAN BAHAN

Bahan-bahan yang digunakan peneliti dalam penelitian kali ini adalah:

1. Aspal pen 60/70 produksi SHELL
2. Agregat halus (pasir) berasal dari daerah Tangkiling, Palangkaraya
3. Agregat kasar berasal dari daerah Merak
4. Agregat halus (Abu batu) berasal dari daerah Merak
5. *Filler* berupa semen Portland
6. Bahan aditif berupa limbah botol plastik tipe PET yang didapat dari hasil pengumpulan limbah rumah tangga, warung/toko.



Gambar 2. Botol Plastik Jenis PET

Peralatan yang digunakan peneliti dalam penelitian kali ini antara lain:

1. Alat pengujian material agregat dan filler
Alat yang digunakan untuk pengujian agregat dan *filler* antara lain mesin *Los Angeles* (pengujian abrasi), satu set alat analisa saringan standar, oven, timbangan dengan ketelitian 1 gram, alat pengujian berat jenis (piknometer, timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, oven), *water bath* (bak perendam) dan tabung *sand equivalent*.

2. Alat pengujian campuran metode *marshall*
Alat yang digunakan adalah satu set alat uji *marshall*, yaitu:
 - a) Alat tekan *marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujian berkapasitas 3000 kg (6000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan plastis (*flow meter*)
 - b) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 in) dengan tinggi 9,52 cm untuk *marshall* modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
 - c) Penumbuk manula yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inchi), berat 4,5 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inchi) untuk *marshall* standar.
 - d) *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.
 - e) Bak peredam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu
 - f) Alat-alat penunjang meliputi kompor pemanas, panci pencampur, kaos tangan, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, timbangan, sarung tangan, kain lap, spatula, dan spidol untuk menandai benda uji.

Tabel 1. Jumlah Sampel

Jenis Benda Uji	Jumlah Benda Uji
Variasi 0%	3
Variasi 2%	3
Variasi 5%	3
Variasi 8%	3
Total	12 Buah

2.2 Pengumpulan dan Analisis Data

Data – data yang diperoleh dari hasil penelitian di analisis menggunakan bantuan untuk mengolah data seperti perangkat lunak, yaitu *Microsoft excel* dan menggunakan campuran *hot mix* dengan cara penambahan limbah botol plastik jenis PET dengan variasi 0%, 2%, 5%, dan 8% sebagai aditif dari berat aspal. Acuan dari penelitian ini dapat melalui percobaan berikut:

1. Pengujian fisik agregat
2. Perhitungan *mix design* (persentase agregat)
3. Pembuatan sampel dengan penambahan limbah botol plastik sebagai bahan aditif dari berat aspal.

4. Pengujian *marshall*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pemeriksaan sifat fisik agregat terdiri dari pengujian keausan (abrasi) agregat kasar, pengujian gradasi agregat, dan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat. Berikut merupakan tabel mengenai sifat fisik agregat:

Tabel 2 Hasil Uji Sifat Fisik Agregat

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Ket
Agregat Kasar				
	Penyerapan air	0,442	≤ 3	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	2,648	≥ 2,5	Memenuhi
	Berat Jenis Kering Permukaan	2,629	≥ 2,5	Memenuhi
	Jenuh SSD (gram/cm ³)			
	Berat Jenis Bulk	2,618	≥ 2,5	Memenuhi
Agregat Medium				
	Penyerapan air	0,400	≤ 3	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	2,657	≥ 2,5	Memenuhi
	Berat Jenis Kering Permukaan	2,640	≥ 2,5	Memenuhi
	Jenuh SSD (gram/cm ³)			
	Berat Jenis Bulk	2,629	≥ 2,5	Memenuhi
Agregat Halus (FA)				
	Penyerapan air	2,531	≤ 3	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	2,980	≥ 2,5	Memenuhi
	Berat Jenis Kering Permukaan	2,581	≥ 2,5	Memenuhi
	Jenuh SSD (gram/cm ³)			
	Berat Jenis Bulk	2,504	≥ 2,5	Memenuhi
Agregat Halus (Sand)				
	Penyerapan air	1,730	≤ 3	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	2,701	≥ 2,5	Memenuhi
	Berat Jenis Kering Permukaan	2,625	≥ 2,5	Memenuhi
	Jenuh SSD (gram/cm ³)			
	Berat Jenis Bulk	2,580	≥ 2,5	Memenuhi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 divisi 6.

3.2 Penentuan Kadar Aspal Rencana

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta}$$

Keterangan:

P_b : Perkiraan kadar aspal terhadap campuran

CA : Agregat kasar (*Coarse aggregate*) tertahan saringan No.8

FA : Agregat halus (*Fine aggregate*)

FF : *Filler* (Bahan pengisi) lolos saringan No.200

K : Nilai Konstanta (0,5 – 1) untuk Laston.

Dengan CA sebesar 37,52%

$$CA = 100\% - 62,48\%$$

$$CA = 37,52\%$$

$$FA = 62,48\% - 4,79\%$$

$$FA = 57,49\%$$

$$FF = 4,79\%$$

Kemudian didapatkan nilai kadar aspal rencana (P_b) sebesar:

$$P_b = (0,035 \times 37,52) + (0,045 \times 59,49) + (0,18 \times 4,79) + 0,75$$

$$P_b = 5,387 \text{ menjadi } 5,5\%$$

Didapatkan P_b = 5,5%.

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai Parameter *Marshall*

Parameter	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Density	2,221	2,228	2,24	2,257	2,267
VMA	16,10	16,29	16,27	16,08	16,15
VFA	42,66	49,04	56,12	64,15	71,07
VIM	9,23	8,30	7,14	5,76	4,67
Stabilitas	1481	1374	1536	1657	1258
Flow	3,35	3,58	3,81	3,93	3,53
<i>Marshall Quotient</i>	442	384	403	422	356

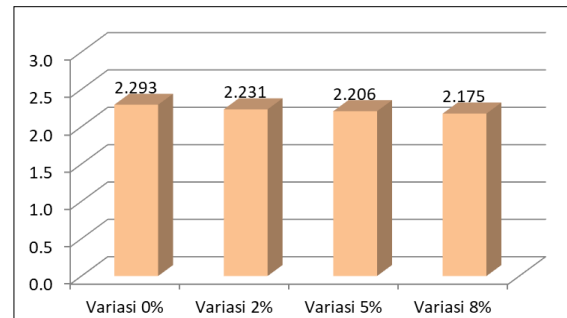
Hasil evaluasi sifat fisik menunjukkan bahwa pada nilai VIM, hanya kadar aspal 6,5 % yang memenuhi persyaratan. Dan berdasarkan rentang kadar aspal 6,4% hingga 6,5% memenuhi spesifikasi parameter *Marshall* dan diambil nilai tengah rentang yaitu 6,4% .

3.3 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran Variasi Limbah Botol Plastik PET

Setelah diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan tambah botol plastik bekas jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan menggunakan komposisi agregat yang

sama dengan KAO dan dengan variasi kadar bahan tambah yang sudah direncanakan.

1. *Density* (Kepadatan)

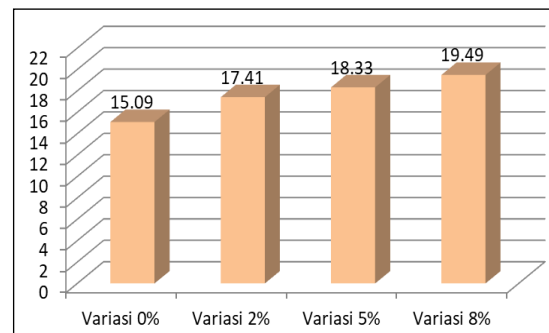


Gambar 1. Nilai *Density* Limbah Botol Plastik PET

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *density* semakin mengalami penurunan seiring penambahan kadar plastik. Hasil tertinggi diperoleh sebesar 2,293% pada kadar 2,0% dan hasil terendah sebesar 2,175% pada kadar 8,0%. Maka kadar variasi yang memenuhi spesifikasi hanya pada variasi 0% sedangkan variasi 2%,5%, dan 8% tidak memenuhi.

2. VMA

VMA merupakan hasil bagi persentase antara berat kering dengan berat isi benda uji.

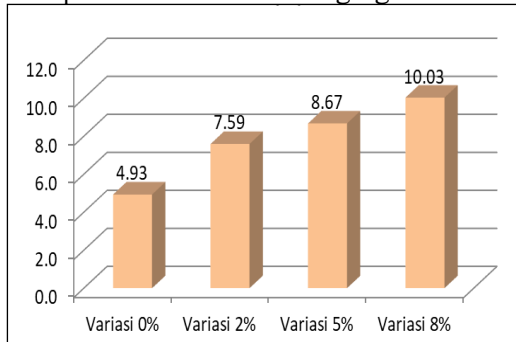


Gambar 2. Nilai VMA Limbah Botol Plastik

Dari grafik diatas dapat disimpulkan penambahan limbah botol plastik PET dapat menambah nilai VMA sesuai variasi yang digunakan. Nilai VMA terendah adalah 15,09% pada campuran aspal dengan penambahan plastik 2,0%, sedangkan nilai VMA tertinggi yaitu sebesar 19,49% dengan kadar plastik 8,0%.

3. VIM

Void in mix (VIM) merupakan hasil pengurangan antara prosentase dengan volume total aspal dan volume total agregat.

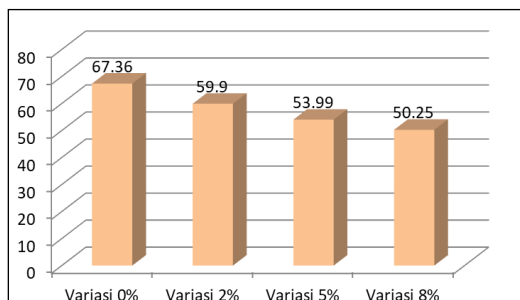


Gambar 3. Nilai VIM Limbah Botol Plastik

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan nilai VIM tertinggi yang diperoleh sebesar 10,03% pada kadar plastik 8,0% kemudian nilai terendah sebesar 4,93% pada kadar 2,0% dan hanya ada 1 variasi yang memenuhi spesifikasi yaitu pada variasi 0%.

4. VFA

VFA merupakan hasil bagi persentase antara berat kering dengan berat isi benda uji.

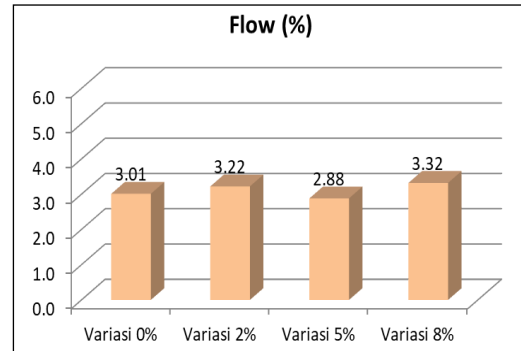


Gambar 4. Nilai VFA Limbah Botol Plastik

Dari grafik diatas dapat disimpulkan penambahan limbah botol plastik PET dapat mengurangi nilai VFA sesuai variasi yang digunakan. Nilai tertinggi yang diperoleh sebesar 67,36% pada kadar plastik 2,0% kemudian nilai terendah sebesar 50,25% pada kadar 8,0%. Maka seiring dengan penambahan kadar plastik maka hasil yang diperoleh akan semakin mengalami penurunan.

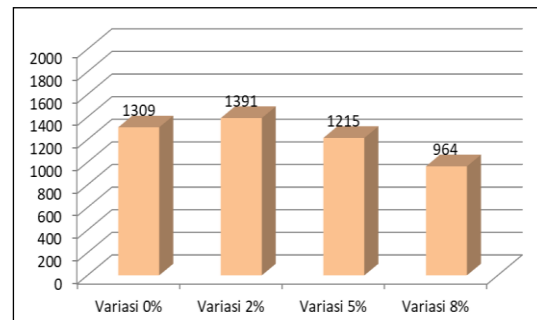
5. Stabilitas

Stabilitas merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca yang dikalikan dengan angka kalibrasi dan angka koreksi volume.



Gambar 5. Nilai Stabilitas Limbah Botol Plastik

6. Flow (Kelelehan)

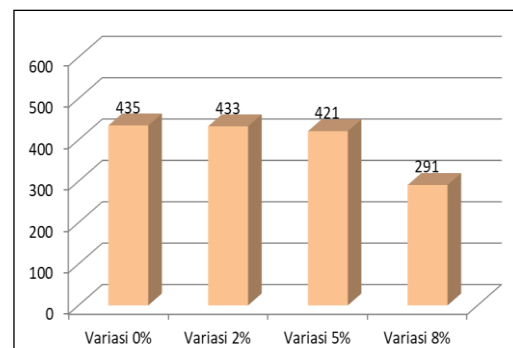


Gambar 6. Nilai Flow Limbah Botol Plastik

Berdasarkan kurva yang diperoleh, nilai flow cenderung meningkat saat aspal dicampur dengan material plastik, namun nilainya menurun saat kadar plastik 5,0%. Rata-rata nilai flow tertinggi adalah 3,32 mm dengan kadar plastik 8,0%, rata-rata terendah sebesar 2,88 mm dengan kadar plastik 5,0%.

7. Marshall Quotient

Marshall quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*.



Gambar 7. Nilai Marshall quotient Limbah Botol Plastik

Berdasarkan grafik 7. menunjukkan bahwa seiring besarnya variasi penggunaan limbah botol plastik maka nilai *marshall* akan cenderung menurun. Nilai *marshall quotient* tertinggi didapat sebesar 435 kg/mm pada kadar plastik 2,0% dan yang terendah 291 kg/mm pada kadar plastik 8,0%. Semua variasi memenuhi syarat Bina Marga 2018 divisi 6.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa data perhitungan dan percobaan laboratorium tentang penambahan limbah botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) terhadap karakteristik *marshall* campuran laston AC-WC memberikan pengaruh yang menyebabkan terjadinya penurunan pada nilai stabilitas sebesar 13,82%, nilai VFA (*Void Filled with Asphalt*) penurunan sebesar 5,22%, dan nilai *flow* penurunan sebesar 15,522%. Sedangkan nilai VMA (*Void in Mineral Agregate*) mengalami peningkatan sebesar 1,196%, nilai VIM (*Void in Mix*) meningkat sebesar 0,540% dan nilai *marshall quotient* meningkat sebesar 0,452%.
2. Hasil perbandingan yang diperoleh dari karakteristik jenis perkerasan AC-WC tanpa penambahan kadar plastik dengan dilakukannya penambahan kadar plastik adalah sebagai berikut:
 - a) Nilai stabilitas tanpa penambahan kadar plastik memiliki nilai tertinggi sebesar 1657 kg, sedangkan pada campuran dengan penambahan plastik mempunyai nilai tertinggi sebesar 1428 kg. Nilai *flow* tanpa menggunakan penambahan plastik mempunyai nilai tertinggi sebesar 3,93 mm, dan pada pencampuran menggunakan plastik memiliki nilai tertinggi sebesar 3,32 mm. Keduanya sama - sama memiliki hasil yang tidak stabil yaitu pada setiap kadar terjadi penurunan dan peningkatan.
 - b) Untuk nilai tertinggi dari VIM (*Void in Mix*) didapat sebesar 9,23% untuk campuran aspal tanpa penambahan plastik, semakin bertambahnya kadar aspal yang digunakan maka semakin

menurun nilainya, sedangkan campuran aspal dengan penambahan plastik sebesar 10,03%, semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan maka semakin menurun hasil yang diperoleh.

- c) Hasil untuk VFA (*Void Filled with Asphalt*) tanpa penambahan plastik yaitu semakin besar kadar aspal yang digunakan maka semakin meningkat juga hasil yang diperoleh dengan nilai tertingginya sebesar 71,07%, sedangkan campuran aspal dengan tambahan plastik memiliki hasil yang apabila semakin besar kadar yang digunakan maka semakin menurun nilai yang diperoleh, dengan nilai tertinggi sebesar 67,36%.
 - d) Campuran aspal tanpa penambahan plastik untuk parameter VMA (*Void in Mineral Agregate*) diperoleh hasil tertinggi sebesar 16,27%, dan campuran aspal dengan penambahan plastik yaitu sebesar 19,49% dimana setiap penambahan kadar variasi maka terdapat peningkatan.
 - e) Berdasarkan parameter *marshall quotient* nilai tertinggi yang diperoleh sebesar 435 kg/mm untuk campuran dengan tambahan plastik, namun untuk campuran tanpa penambahan plastik didapat sebesar 442 kg/mm.
3. Hasil penggunaan limbah botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada variasi kadar plastik 0%, 2%, 5% dan 8% masih belum maksimal untuk digunakan sebagai bahan penambah bahan campuran laston AC-WC apabila dilihat dari syarat yang sudah ditentukan sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018 divisi 6, karena nilai VFA, dan VIM yang diperoleh pada penelitian tidak memenuhi spesifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, S., Sudiby, A., & Herni, H. (2020). Pengaruh Penggunaan Plastik Pet (*Polyethylene Terephthalate*) Pada Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Inersia*, 12(1), 16-24.

- Basri, D.R. (2019). Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton. *Racic: Rab Construction Research*, 4(2), 66-77.
- Debataraja, S. M. T., & Sihite, N. (2020). Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephthalate (Pet) Terhadap Daya Lekat Campuran Laston Lapis Ac-Wc. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 59-69.
- Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum RI (2010). Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, Pu, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum RI, (1987), Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, Skbi-2.4.26, Pu, Jakarta.
- Isma, L. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Aspal Menggunakan Aditif (Polyethylene Terephthalate). *Jurnal Sipil Sains Terapan*, 4(01).
- Irfansyah, P.A., Setyawan, A., & Djumari, D. (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3).
- Mujiarto, I (2005). Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif. *Traksi* 3(2), 65.
- Pratama, N, Y., Widodo, S., & Sulandari, E. (2010). Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Aspal Beton (*Laston*). *Jelast: Jurnal Pwk, Laut, Sipil, Tambang*, 5(3).
- Rahayu, P., Rifqi, M, G., & Amin, M. S. U. (2021). Pengaruh Penambahan Plastik Tipe Pet (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Campuran Laston Ac-Wc. *Journal Of Applied Civil Engineering And Infrastructure Technology*, 2(1), 1-5.
- Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) 'Spesifikasi Umum 2018', Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/Se/Db/2018, (September).
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Sukirman, Silvia. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.