

PERBANDINGAN PENGARUH ADITIF LIMBAH *STYROFOAM* DENGAN PLASTIK LDPE PADA ASPAL PORUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*

Nuryasin Abdillah¹, Halimatusadiyah^{2*}, Nabil Huda Gemilang³, Aidil Abrar⁴, dan Welly Desriyati⁵

^{1,2,3,4} Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Kota Dumai, Indonesia

⁵ Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Kota Dumai, Indonesia
Jl. Utama Karya Bukit Batrem, Kec. Dumai Timur, Kota Dumai, Riau

* E-mail: h5tussadiyah08@gmail.com

Abstrak

Penggunaan *Styrofoam* dan plastik LDPE sebagai aditif aspal keras untuk campuran aspal porus diharapkan bisa menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan limbah yang sulit terurai. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal porus dengan aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dari variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14%, dan mengetahui perbandingan nilai optimum pada karakteristik *Marshall* dari variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE pada campuran aspal porus. Karakteristik *Marshall* meliputi nilai stabilitas, *Flow*, VIM, dan MQ. Dapat disimpulkan untuk aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar aditif mendapatkan nilai yang relatif tinggi dan memenuhi nilai minimal persyaratan pada stabilitas, *Flow*, dan VIM. Kekurangan dalam campuran dua jenis aditif yang berbeda dan variasi kadar yaitu pada nilai MQ dengan tingkat kekakuan yang tinggi pada sampel benda uji.

Kata kunci: Aspal Porus; Plastik LDPE, *Styrofoam*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu dari empat negara terpadat di dunia. Karena jumlah penduduk yang besar, banyak jenis plastik yang digunakan sebagai alat sekali pakai untuk memenuhi kebutuhan kita sehari-hari. Jumlah plastik yang kita gunakan setiap hari sangat banyak, sehingga jumlah sampah yang dihasilkan juga sangat besar. Ada beberapa jenis plastik yang biasa digunakan untuk keperluan sehari-hari, antara lain *Styrofoam* dan LDPE. Banyak cara yang telah ditemukan untuk menangani sampah plastik ini, termasuk mendaur ulang sampah non-organik agar dapat digunakan kembali. Tapi sampah daur ulang menciptakan sampah baru. Proses alami membutuhkan waktu sekitar 1 juta tahun untuk menguraikan semua jenis sampah plastik.

Salah satu solusi untuk pengelolaan sampah plastik adalah penggunaannya sebagai aditif aspal keras untuk campuran aspal porus. Limbah plastik memiliki sifat yang hampir sama dengan aspal, meleleh saat dipanaskan dan memadat pada suhu kamar. Aspal berpori itu sendiri merupakan gradien terbuka. Jumlah agregat kasar lebih banyak, lebih seragam, dan pori-pori yang terbentuk lebih besar, yang membantu mengalirkan air saat permukaan jalan basah.

Penggunaan plastik *styrofoam* dan plastik LDPE sebagai bahan tambah aspal keras untuk aspal porus diharapkan bisa menjadi solusi untuk mengatasi masalah limbah *styrofoam* dan plastik LDPE. Sehingga untuk melakukan penelitian mengenai perbandingan pengaruh aditif limbah *Styrofoam* dengan plastic LDPE pada aspal porus terhadap karakteristik Marshall perlu dilakukannya perhitungan karakteristik Marshall pada campuran aspal porus dengan aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dari variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14%, dan perbandingan nilai optimum pada karakteristik Marshall dari variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE pada campuran aspal porus.

Penelitian mengenai perbandingan pengaruh aditif limbah *Styrofoam* dengan plastic LDPE pada aspal porus terhadap karakteristik *Marshall*, telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan bahan yang berbeda seperti penelitian oleh Fitri, S., dkk (2018) dengan judul "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah plastik kresek sebagai substitusi aspal pen 60/70 menggunakan agregat Bassalt

terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal beton AC-BC. Langkah awal dalam penelitian ini adalah mencari kadar aspal optimal (KAO). Penambahan varian kantong plastik bekas sebagai bahan tambahan masing-masing 2%, 4%, 6% dan 8% pada KAO -0,5, KAO dan KAO +0,5 dibandingkan dengan KAO asli 5,35%. Di antara ketiga KAO tersebut, nilai tertinggi yang dipertahankan yaitu KAO + 0,5-3,3% untuk produksi sampel pada variasi plastik KPO \pm 2% dengan mengambil nilai Marshall dan Durability. Nilai stabilitas terus meningkat dengan persentase variasi kadar plastik bekas 1,3%, 3,3% dan 5,3% menjadi 1470,48 kg, 1476,28 kg dan 489,28 kg pada saat perendaman selama 30 menit (600 °C). Keadaan ini disebabkan kandungan aditif yang dicampur dengan aspal per 60/70 dalam campuran tersebut meningkatkan daya rekat aspal terhadap agregat hingga mencapai nilai batas tertentu yaitu pada nilai batas 5,3% dengan stabilitas terbaik nilainya adalah 1489,28 kg selama perendaman 30 menit dan meningkat menjadi 1345,41 kg selama perendaman 24 jam. Dari perbandingan tersebut diperoleh nilai kekuatan sebesar 99,84% untuk memenuhi spesifikasi campuran aditif 90%.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium, yaitu metode yang dilakukan dengan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan data. Kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh dari aditif limbah *Styrofoam* dan plastik LDPE terhadap karakteristik *Marshall*.

Pada penelitian ini dibuat sampel benda uji sesuai dengan kadar aditif limbah *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar aditif 8%, 10%, 12%, dan 14% dengan masing-masing variasi kadar aditif mewakili 2 sampel benda uji.

Pencampuran untuk pembuatan sampel benda uji dilakukan secara manual sesuai prosedur metode *Marshall*, dengan cetakan (*mold*) berbentuk silinder dan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm. Proses pemadatan dilakukan dengan tumbukan tiap sisi (75 kali tumbukan) menggunakan alat *Manual Marshall Compactor*.

Pengumpulan data yang dilakukan peneliti berupa data primer diperoleh secara langsung oleh peneliti pada pengujian *Marshall* di Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, seperti data stabilitas dan *Flow*, *Void in the mix* (VITM), dan data

Marshall Quotient (MQ). Dan data sekunder berupa gradasi agregat diperoleh dari *Australian Asphalt Pevement Association* 2004. Adapun tahapan analisis yang dilakukan sebagai berikut :

1. Menyediakan bahan - bahan pengujian seperti agregat kasar, agregat halus, semen (Filler), *Styrofoam* dan plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*).
2. Pemeriksaan agregat yang digunakan dengan pengujian keausan agregat menggunakan mesin Los Angeles dan pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat kasar dan Agregat halus.
3. Pemeriksaan Filler yaitu Filler semen yaitu yang lolos saringan No. 200 atau lebih banyak dari 75% terhadap beratnya.
4. Pembuatan benda uji dengan tambahan zat aditif yaitu *Styrofoam* dan plastik LDPE sebagai campuran aspal porus, variasi dari kadar *Styrofoam* dan plastik LDPE adalah 8%, 10%, 12%, dan 14% dari berat aspal.
5. Pengujian benda uji dengan menggunakan *Marshall Test*.

Adapun bahan yang digunakan yaitu Agregat kasar, Agregat halus, *Filler* (semen), Aspal penetrasi 60/70, Minyak tanah, Limbah *Styrofoam*, dan Limbah plastik LDPE. Dan rincian jumlah sampel yaitu seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rincian jumlah sampel dari variasi kadar aditif

Kadar Additive Styrofoam & plastik LDPE	Jumlah Sampel	Total Sampel
<i>Styrofoam</i> 8%	2 Sampel	4 Sampel
Plastik LDPE	2 Sampel	
<i>Styrofoam</i> 10%	2 Sampel	4 Sampel
Plastik LDPE	2 Sampel	
<i>Styrofoam</i> 12%	2 Sampel	4 Sampel
Plastik LDPE	2 Sampel	
<i>Styrofoam</i> 14%	2 Sampel	4 Sampel
Plastik LDPE	2 Sampel	
TOTAL		16 Sampel

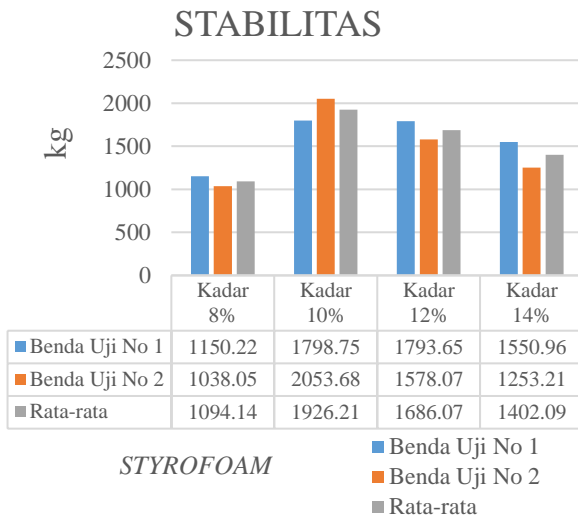
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian *Marshall test* dari total sampel benda uji yang digunakan sejumlah 16 buah, dimana 8 sampel benda uji aspal pori dengan variasi campuran kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% aditif limbah *Styrofoam* untuk setiap variasi kadar mewakili 2 sampel benda uji, dan 8 sampel benda uji aspal pori dengan

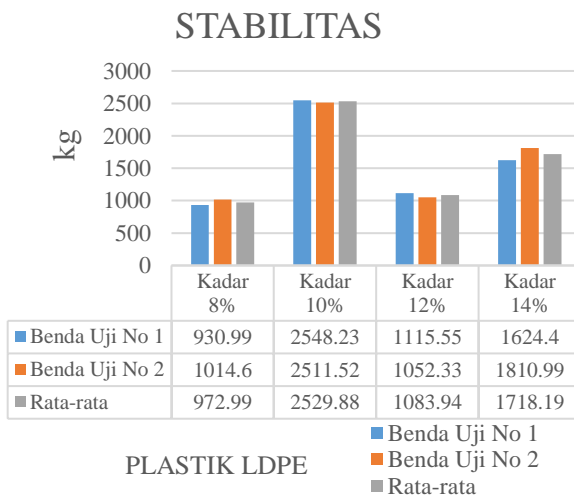
variasi campuran kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% aditif limbah plastik LDPE untuk setiap variasi kadar mewakili 2 sampel benda uji. Data karakteristik *marshall* yang didapatkan yaitu stabilitas, kelelahan (*Flow*), rongga dalam campuran (*VIM*), dan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (*MQ*).

HASIL PENGUJIAN STABILITAS

Hasil nilai stabilitas dari sampel benda uji aspal pori dengan aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar aditif 8%, 10%, 12%, dan 14% dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Stabilitas Aditif *Styrofoam* dengan Variasi Kadar Aditif



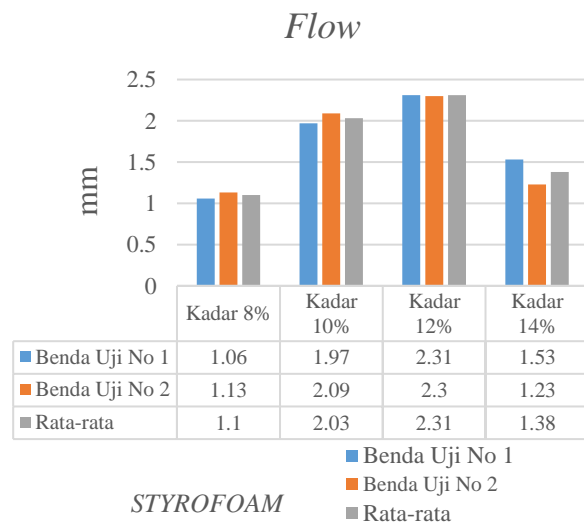
Gambar 2. Grafik Stabilitas Aditif Plastik LDPE dengan Variasi Kadar Aditif

Dari Gambar Grafik 1 diatas dapat terlihat bahwa semua variasi kadar aditif *Styrofoam* memenuhi nilai rata-rata stabilitas persyaratan yaitu minimal 500 kg. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi sebesar 1926,21 kg pada kadar 10%, kemudian terjadi penurunan stabilitas pada kadar 12% sebesar 1686,07 kg, kemudian terjadi penurunan stabilitas pada kadar 14% sebesar 1402,09 kg, dan nilai rata-rata stabilitas terendah terjadi pada kadar 8% sebesar 1094,14 kg. Kesimpulan yang di dapatkan bahwa aspal pori dengan kadar 10% aditif *Styrofoam* menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi.

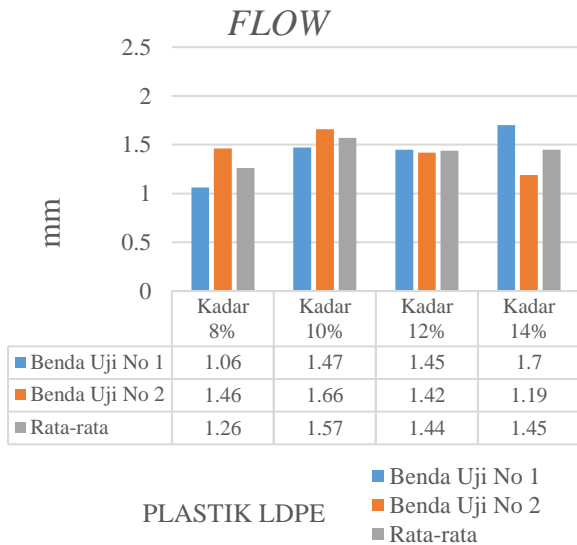
Sedangkan berdasarkan hasil Gambar Grafik 2 semua variasi kadar aditif Plastik LDPE memenuhi nilai rata-rata stabilitas persyaratan yaitu minimal 500 kg. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi sebesar 2529,88 kg pada kadar 10%, kemudian terjadi penurunan stabilitas pada kadar 12% sebesar 1083,94 kg, kemudian terjadi peningkatan stabilitas pada kadar 14% sebesar 1718,19 kg, dan stabilitas terendah terjadi pada kadar 8% sebesar 972,99 kg. Kesimpulan yang di dapatkan bahwa aspal pori dengan kadar 10% aditif Plastik LDPE menghasilkan nilai rata-rata stabilitas yang tinggi.

HASIL PENGUJIAN FLOW

Hasil nilai *Flow* dari sampel benda uji aspal pori aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar aditif 8%, 10%, 12%, dan 14% dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini :



Gambar 3. Grafik Flow Aditif *Styrofoam* dengan Variasi Kadar Aditif



Gambar 4. Grafik Flow Aditif Plastik LDPE dengan Variasi Kadar Aditif

Dari Gambar grafik 3 diatas dapat terlihat bahwa variasi kadar 10% dan kadar 12% aditif *Styrofoam* pada nilai rata-rata *Flow* memenuhi persyaratan yaitu minimal 2 mm - 6 mm. Pada variasi kadar 8% dan 14% tidak memenuhi syarat untuk nilai rata-rata minimal *Flow*. Nilai rata-rata *Flow* tertinggi didapat pada kadar 12% aditif *Styrofoam* yaitu sebesar 2,31 mm dan nilai rata-rata *Flow* Terendah didapat pada kadar 8% aditif *Styrofoam* yaitu sebesar 1,1 mm.

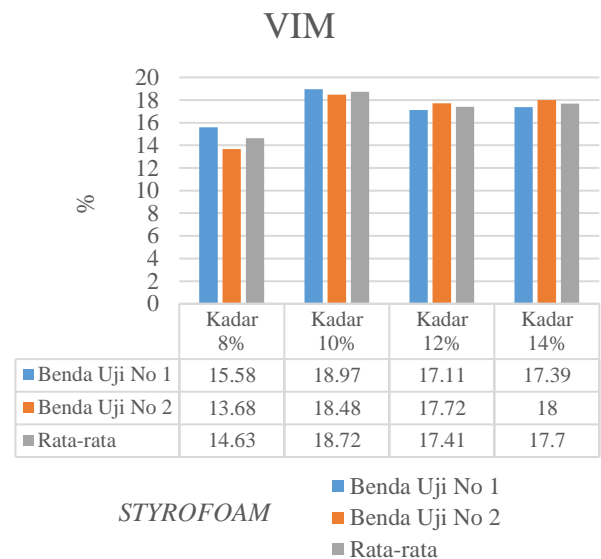
Dari Gambar grafik 4 diatas dapat terlihat bahwa semua variasi kadar dari aditif plastik LDPE tidak ada yang mencapai nilai rata-rata minimal *Flow* yaitu 2-6 mm. Nilai rata-rata *Flow* tertinggi didapat pada kadar 10% aditif plastik LDPE sebesar 1,6 mm dan nilai rata-rata *Flow* Terendah didapat pada kadar 8% aditif plastik LDPE sebesar 1,1 mm.

HASIL PENGUJIAN VIM (VOID IN MIX)

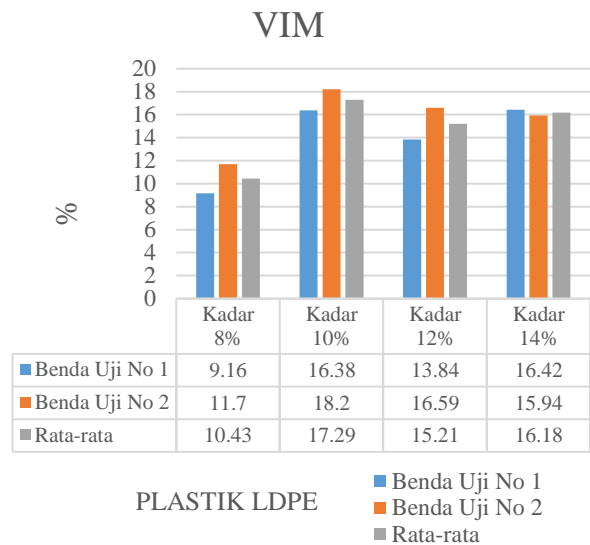
Hasil nilai VIM dari sampel benda uji aspal pori aditif *Styrofoam* dan Plastik LDPE dengan variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% aditif dapat dilihat pada grafik 5 dan grafik 6.

Dari Gambar grafik 5 diatas dapat terlihat bahwa variasi kadar 10% aditif *Styrofoam* untuk nilai rata-rata VIM memenuhi persyaratan yaitu minimal 18%. Nilai rata-rata VIM tertinggi sebesar 18,72% pada kadar 10%, dan nilai rata-rata VIM terendah didapat pada aditif *Styrofoam* kadar 8% sebesar 14,63%. Dan dari Gambar grafik 6 diatas dapat terlihat bahwa semua variasi kadar aditif plastik LDPE untuk nilai rata-rata VIM tidak memenuhi persyaratan yaitu minimal 18%.

Nilai rata-rata VIM tertinggi sebesar 17,29% hampir mendekati nilai minimum persyaratan. Nilai rata-rata VIM terendah didapat pada aditif *Styrofoam* kadar 8% sebesar 10,43%.



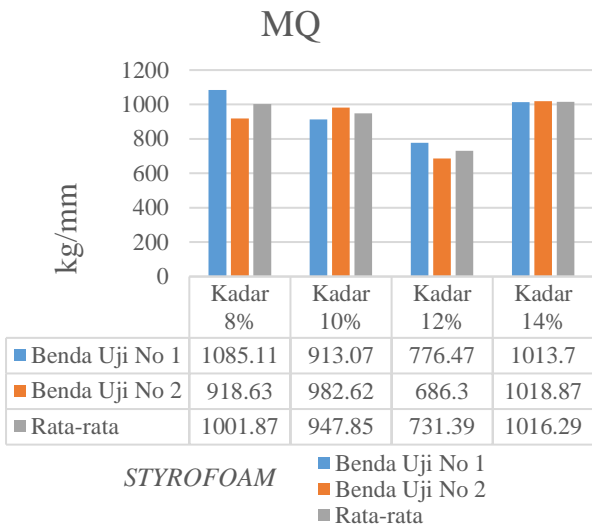
Gambar 1. Grafik Nilai VIM Aditif *Styrofoam* dengan Variasi Kadar Aditif



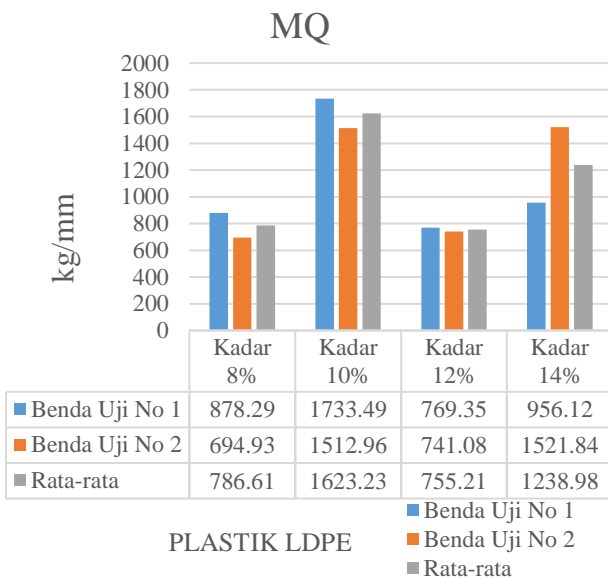
Gambar 2. Grafik VIM Aditif Plastik LDPE dengan Variasi Kadar Aditif

HASIL PENGUJIAN MQ (Marshall Quotient)

Hasil nilai *Marshall Quotient* (MQ) dari sampel benda uji aspal pori aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar 8%, 10%, 12%, dan 14% bisa dilihat pada grafik 7. dan grafik 8.



Gambar 3. Grafik Nilai MQ Aditif Styrofoam dengan Variasi Kadar Aditif



Gambar 4. Grafik MQ Aditif Plastik LDPE dengan Variasi Kadar Aditif

Dari Gambar grafik 7 diatas dapat terlihat bahwa semua variasi kadar aditif Styrofoam untuk nilai rata - rata MQ tidak memenuhi persyaratan yaitu maksimal 400 kg/mm. Nilai rata-rata MQ tertinggi didapat pada aditif Styrofoam dengan kadar 14% yaitu sebesar 1016,29 kg/mm. Nilai rata-rata MQ terendah didapat pada aditif Styrofoam dengan kadar 12% yaitu sebesar 731,39 kg/mm.

Dari Gambar grafik 8 diatas dapat

terlihat bahwa semua variasi kadar dari aditif plastik LDPE untuk nilai rata - rata MQ tidak memenuhi persyaratan yaitu minimal 400 kg/mm. Nilai rata-rata MQ tertinggi didapat pada aditif plastik LDPE dengan kadar 10% yaitu sebesar 1623,23 kg/mm. Nilai rata-rata MQ terendah didapat pada aditif plastik LDPE dengan kadar 12% yaitu sebesar 755,21 kg/mm.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah didapatkan dari Pengujian *Marshall Test*, maka dibuatlah rekap data hasil dari pengujian tersebut yaitu seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3 :

Tabel 2. Rekap Data Hasil Perhitungan Aditif Styrofoam

Variasi Kadar Aditif	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	MQ (kg/mm)
8%	1094,14	1,10	14,63	1001,87
10%	1926,21	2,03	18,72	947,85
12%	1686,07	2,31	17,41	731,39
14%	1402,09	1,38	17,70	1016,29
Spesifikasi	Min 500 kg	Min 2mm-6mm	Min 18%-25%	Maks 400 kg/mm

Berdasarkan Tabel 2, pada kadar 8% aditif Styrofoam mendapatkan nilai stabilitas 1094,14 kg, Flow 1,10 mm, VIM 14,63%, dan MQ 1001,87 kg/mm. Untuk kadar 10% aditif Styrofoam mendapatkan nilai stabilitas 1926,21 kg, Flow 2,03 mm, VIM 18,72%, dan MQ 947,85 kg/mm. Untuk kadar 12% aditif Styrofoam mendapatkan nilai stabilitas 1686,07 kg, Flow 2,30 mm, VIM 17,41%, dan MQ 731,39 kg/mm. Untuk kadar 14% mendapatkan nilai stabilitas 1402,09 kg, Flow 1,38 mm, VIM 17,70%, dan MQ 1016,29 kg/mm.

Tabel 3. Rekap Data Hasil Perhitungan Aditif Plastik LDPE

Variasi Kadar Aditif	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	MQ (kg/mm)
8%	972,79	1,26	10,43	786,61
10%	2529,88	1,57	17,29	1623,23
12%	1083,94	1,44	15,21	755,21
14%	1718,19	1,45	16,18	1238,98
Spesifikasi	Min 500 kg	Min 2mm-6mm	Min 18%-25%	Maks 400 kg/mm

Berdasarkan Tabel 3, pada aditif plastik LDPE dengan kadar 8% mendapatkan nilai stabilitas 972,79 kg, *Flow* 1,26 mm, VIM 10,43%, dan MQ 786,61 kg/mm. Untuk aditif plastik LDPE kadar 10% mendapatkan nilai stabilitas 2529,88 kg, *Flow* 1,57 mm, VIM 17,29%, dan MQ 1623,23 kg/mm. Untuk aditif plastik LDPE kadar 12% mendapatkan nilai stabilitas 1083,94 kg, *Flow* 1,44mm, VIM 15,21%, dan MQ 755,21 kg/mm. Untuk aditif Plastik LDPE kadar 14% mendapatkan nilai stabilitas 1718,19 kg, *Flow* 1,45mm, VIM 16,18% dan MQ 1238,98 kg/mm.

Pada aditif *Styrofoam* kadar 10% mendapatkan nilai stabilitas optimum sebesar 1926, 21 kg dan pada aditif plastik LDPE kadar 10% mendapatkan nilai stabilitas optimum sebesar 2529,88 kg. Untuk nilai optimum *Flow* pada aditif *Styrofoam* didapatkan pada kadar 12% sebesar 2,31 mm. Pada aditif plastik LDPE didapatkan pada kadar 10% sebesar 1,57 mm. Untuk nilai optimum VIM pada aditif *Styrofoam* didapatkan pada kadar 10% sebesar 18,72%. Pada aditif plastik LDPE didapatkan pada kadar 10% sebesar 17,29%. Untuk nilai optimum aditif *Styrofoam* didapatkan pada kadar 14% sebesar 1016,29 kg/mm. Pada aditif plastik LDPE didapatkan pada kadar 10% sebesar 1623,23 kg/mm.

PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu untuk nilai stabilitas dari aditif *Styrofoam* dan Plastik LDPE pada semua variasi kadar aditif memenuhi nilai minimal persyaratan. Untuk nilai *Flow* dari aditif *Styrofoam* pada kadar 10% dan 12% memenuhi nilai minimal persyaratan, untuk nilai *Flow* dari aditif Plastik LDPE pada semua variasi kadar aditif tidak ada yang memenuhi nilai minimal persyaratan. Untuk nilai VIM dari aditif *Styrofoam* hanya kadar 10% yang memenuhi nilai minimal persyaratan. Untuk nilai VIM dari aditif Plastik LDPE pada semua variasi kadar aditif tidak ada yang memenuhi nilai minimal persyaratan. Untuk nilai MQ dari aditif *Styrofoam* dan Plastik LDPE untuk semua variasi kadar tidak ada yang memenuhi nilai maksimal persyaratan. Nilai stabilitas pada kadar 10% aditif Plastik LDPE lebih tinggi dari pada aditif *Styrofoam* dengan kadar yang sama. Nilai *Flow* pada kadar 12% aditif *Styrofoam* lebih tinggi dari pada aditif Plastik LDPE dengan kadar yang sama. Untuk nilai VIM kadar 10% aditif *Styrofoam* lebih tinggi dari pada aditif Plastik LDPE dengan kadar yang sama. Nilai MQ dari aditif *Styrofoam* dan Plastik LDPE tidak ada yang memenuhi persyaratan. Dapat

disimpulkan untuk aditif *Styrofoam* dan plastik LDPE dengan variasi kadar aditif mendapatkan nilai yang relatif tinggi dan memenuhi nilai minimal persyaratan pada stabilitas, *Flow*, dan VIM. Kekurangan dalam campuran dua jenis aditif yang berbeda dan variasi kadar yaitu pada nilai MQ dengan tingkat kekakuan yang tinggi pada sampel benda uji.

Saran dalam penelitian ini tentang pengaruh aditif dan variasi kadar aditif terhadap aspal pori yaitu jenis aditif yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah *Styrofoam* dan Plastik LDPE, untuk penelitian lanjutan dari penelitian ini bisa menggunakan jenis aditif lainnya seperti plastik HDPE, plastik PET, atau getah karet agar dapat mengetahui jenis aditif yang lebih optimal untuk nilai karakteristik *Marshall* nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Asphalt Pavement Association, A. (2004). National Asphalt Specification. April.
- Becker, Y., Mendez, M., & Rodriguez, Y. (2001). Polymer Modified Asphalt. Semantic Scholar.
- Bento, S. R. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Batu Marmer Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Lapis Aus Permukaan Aspal Beton (AC-WC) Terhadap Persyaratan Parameter Marshall. Repository Unj.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2010). Spesifikasi Umum. Departemen Pekerjaan Umum.
- Faisal, M. (2020). Pemanfaatan Plastik Kresek Sebagai Bahan Substitusi Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus.
- Fitri, S., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC. Jurnal Teknik Sipil.
- Koestalam, P., & Sutoyo, S. (2010). Perancangan Tebal Perkerasan Jalan Jenis Lentur (Flexible Pavement) Dan Jenis Kaku (Rigid Pavement) (Sesuai AASHTO,1986 & 1993) (1st ed.). Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum PT Mediatama Saptakarya.
- Pengimplementasian, D., & Budi, P. (2007). Revisi 1. 1–14.
- Putri, E. E., Hermistanora, H., & Adji, B. M. (2020). Studi Penggunaan Limbah *Styrofoam* Pada Perkerasan Aspal Porus. Ruang Teknik.
- Saleh, S. M., Anggraini, R., & Aquina, H. (2014). Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi *Styrofoam* pada Aspal Penetrasi 60/70. Jurnal Teoritis dan

- Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 21.
- Setyowati, V. A., & Widodo, E. W. (2017). Studi Sifat Fisis, Kimia, dan Morfologi pada Kemasan Makanan Berbahan Styrofoam dan LDPE (Low Density Polyethylene): Telaah Kepustakaan. *Jurnal Ilmiah Teknik*.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit.
- Syammaun, T., Rani, H., & Amalia, P. (2020). Pengaruh Substitusi Styrofoam Pada Campuran Aspal Porus Dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler. *Researchgate*.
- Yudaningrum, F., & Ikhwanudin, I. (2017). Identifikasi Jenis Kerusakan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Kedungmundu-Meteseh). *Journals Usm*.