



ANALISIS PEMANFAATAN PLASTIK POLYSTYRENE (PS) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN ASPAL AC-WC DAN AC-BC DENGAN METODE MARSHALL

Mirsandy Permana Putra^{1*}, Hendro Widarto², Hamka³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 7 Juni 2023
Revisi: 16 Juni 2023
Diterima: 29 Juni 2023
Tersedia online: 30 Juni 2023

Keywords:

AC-WC, AC-BC, Polystyrene, Marshall

*Penulis Korespondensi:

Mirsandy Permana Putra,
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah
Parepare,
Jln Jendral Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.
Email:
mirsandy.prmnptra@gmail.com

ABSTRACT

Polystyrene is type of plastic waste that difficult to decompose naturally and becomes microplastic which pollutes the environment. Therefore, it is necessary to utilize the plastic waste in a mixture of road pavement. This study aims to determine the effect of adding polystyrene to AC-WC and AC-BC on the marshall test based on Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.. The results shoed that the AC-WC with addition of 4% and 5% polystyrene content has stability, VMA, VIM, VFA, flow, and marshall quotient that met the specifications. Meanwhile, the AC-BC with addition of 4% polystyrene content does not meet the specifications except for VIM and the addition of 5% polystyrene content does not meet the specifications at all. Utilization of polystyrene in the AC-WC mixture can be recommended as an additive in the flexible pavement, while AC-BC is not recommended because it cannot improve the quality of the overall marshall characteristics.

ABSTRAK

Limbah plastik jenis *polystyrene* sulit terurai secara alami dan dapat menjadi mikroplastik yang mencemari lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemanfaatan limbah plastik salah satunya menjadi campuran untuk perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik *polystyrene* pada aspal AC-WC dan AC-BC terhadap pengujian *marshall* berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan aspal AC-WC dengan penambahan kadar *polystyrene* 4% dan 5% memiliki nilai stabilitas, VMA, VIM, VFA, *flow* dan MQ yang memenuhi spesifikasi. Sementara itu untuk aspal AC-BC dengan penambahan kadar *polystyrene* 4% tidak memenuhi spesifikasi kecuali pada nilai VIM dan penambahan kadar *polystyrene* 5% tidak memenuhi spesifikasi sama sekali. Pemanfaatan limbah plastik jenis *polystyrene* pada campuran aspal AC-WC dapat direkomendasikan sebagai bahan tambahan pada perkerasan lentur, sedangkan aspal AC-BC tidak disarankan karena tidak dapat meningkatkan kualitas karakteristik *marshall* secara keseluruhan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Permasalahan perkerasan jalan di Indonesia saat ini adalah beban lalu lintas yang meningkat pesat di luar daya guna perkerasan jalan, curah hujan yang tinggi dan sistem drainase yang tidak dikelola dengan baik, serta kerusakan akibat proses pemadatan lapisan di atas dasar tanah [1].

Aspal adalah pengikat campuran sebagai faktor utama yang mempengaruhi kinerja campuran beraspal, berbagai upaya dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat fisik aspal sebagai bahan pengikat untuk menghasilkan campuran jalan yang lebih kuat. Salah satu cara untuk mencegah kerusakan dini pada perkerasan jalan adalah dengan meningkatkan kualitas aspal sebagai pengikat agregat. Cara yang sering dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal adalah dengan menambahkan bahan tambah, salah satunya

menggunakan bahan plastik atau disebut aspal modifikasi [1].

Sampah plastik dapat digunakan sebagai bahan tambahan. Selain mudah didapat serta biaya pelaksanaan yang murah, penggunaan limbah plastik juga dapat mengurangi permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh bertambahnya sampah plastik setiap tahunnya [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di 18 Kota utama Indonesia menemukan 0,27 juta ton hingga 0,59 juta ton sampah masuk ke laut Indonesia. Sampah yang paling banyak ditemukan adalah sampah plastik jenis *polystyrene* (PS). Menariknya, dari penelitian tersebut ditemukan bahwa *polystyrene* (PS) lebih dominan dari jenis sampah lain. Hal itu dikarenakan sampah botol plastik masih memiliki nilai ekonomi yang tinggi serta

dapat di daur ulang sedangkan jenis plastik *polystyrene* (PS) atau *styrofoam* memiliki tingkat daur ulang yang cukup rendah [2].

Adapun landasan atau acuan dan teori-teori yang terkait pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

A. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai berupa batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan yaitu aspal, abu batu, dan semen [3].

B. Aspal

Aspal adalah bahan material yang berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat dan bersifat termoplastis. Jika dipanaskan pada suhu tertentu akan mencair dan kembali padat apabila temperatur turun. Aspal umum digunakan sebagai bahan campuran agregat untuk pekerjaan konstruksi perkerasan jalan [3].

C. Jenis Aspal

Berdasarkan proses diperolehnya aspal terbagi menjadi dua, yaitu [3] :

- 1) *Aspal Alam*: Aspal alam ada dua macam yaitu aspal gunung (*natural rock asphalts*) yang umumnya dikenal di Indonesia sebagai aspal batu buton atau asbuton yang terletak di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Kedua adalah aspal danau (*trinidad lake asphalt*), yang terletak di Danau Pitch, Trinidad yang merupakan salah satu danau aspal terbesar di dunia.
- 2) *Aspal Buatan*: Aspal buatan atau aspal minyak yang merupakan residu penggilingan minyak bumi dan ada juga yang diproses melalui penyulingan batu bara.

D. Campuran Aspal Beton

Campuran aspal beton adalah sebuah campuran bahan fungsional sebagai bahan pengikat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bitumen perekat. Campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, tahan geser, kedap air dan mudah dilaksanakan [3].

E. Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton (laston) selanjutnya disebut AC terdiri dari tiga jenis yaitu AC lapis aus (AC-WC), AC lapis antara (AC-BC) dan AC lapis pondasi (AC-Base). Dengan ukuran agregat maksimum masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Laston (AC) memiliki ketebalan nominal 4-7,5 cm sesuai dengan fungsinya [3].

F. Polystyrene (PS)

Polystyrene (PS) adalah bahan polimer dengan monomer stirena, merupakan hidrokarbon cair yang dibuat secara komersial dari minyak bumi. Pada suhu ruangan *polystyrene* (PS) biasanya bersifat termoplastik padat, dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi [4]. *Polystyrene* (PS) termasuk dalam plastik kode 6 dengan sifat lunak, ringan dan praktis. Pada umumnya *polystyrene* (PS) dapat digunakan untuk kemasan makanan, bahan kerajinan, dekorasi, bahan bangunan dan lainnya. *Styrofoam* adalah salah satu varian dari *polystyrene* (PS) yang pada proses pembuatannya melibatkan pencampuran gelembung udara sehingga mengembang dan membuatnya ringan seperti busa [5].

G. Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* dirancang untuk mengetahui karakteristik dan kadar aspal yang optimal dari suatu campuran aspal. Konsep ini dikembangkan oleh seorang insinyur material aspal bernama *Bruce Marshall* bekerja sama dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Pengujian ini bertujuan agar dapat menentukan nilai stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*), serta menganalisa kepadatan dan pori campuran padat yang terbentuk [6].

H. Penelitian Terdahulu

- 1) *Pengaruh Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Laston Lapis Aus*: Pengaruh penambahan *styrofoam* pada campuran laston lapis aus mampu mengisi rongga pada campuran yang membuat rongga menjadi lebih kecil, membuat ikatan antara agregat menjadi lebih kuat sehingga dengan adanya penambahan *styrofoam* campuran menjadi lebih kedap air/tahan terhadap air, cuaca dan beban lalu lintas [7].
- 2) *Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Material Reclaimed Asphalt Pavement Dengan Tambahan Aspal Pen. 60/70 Yang Disubstitusi Styrofoam*: Nilai stabilitas terbaik diperoleh pada campuran aspal menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang disubstitusi *styrofoam* sebesar 12% pada KAO berdasarkan JMD Bina Marga Aceh, yaitu sebesar 3.308,72 Kg. Nilai durabilitas yang diperoleh pada semua jenis campuran menggunakan agregat baru maupun material RAP telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai durabilitas tertinggi diperoleh pada campuran menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang di substitusi 8% *styrofoam* yaitu sebesar 104,25% [8].
- 3) *Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang*: Pengaruh adanya penambahan limbah *styrofoam* dapat meningkatkan kinerja campuran aspal AC-BC, dimana nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFB penggunaan limbah *styrofoam* yang bertambah maka ikatan antar agregat menjadi kuat stabilitas campuran besar sehingga campuran memberikan

dukungan yang kuat bagi lapisan yang ada di atasnya dan meneruskan ke lapisan di bawahnya, dan penggunaan kadar limbah *styrofoam* yang sedikit dalam campuran aspal AC-BC akan menghasilkan selimut aspal yang tipis pada permukaan agregat [9].

4) *Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Penambahan Styrofoam*: Pencampuran dengan *styrofoam* akan mengeraskan campuran. Namun, seiring dengan meningkatnya kandungan *styrofoam* dalam aspal, capuran mulai menjadi lunak kembali, yang berdampak pada faktor yang mempengaruhi MQ yaitu kohesi dan suhu [10].

5) *Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan Aspal Beton AC-WC*: Diperoleh nilai karakteristik *marshall* yaitu: Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *styrofoam* 5% dapat meningkatkan kekuatan campuran aspal AC-WC. Sedangkan untuk kadar *styrofoam* sebanyak 10%, 15% dan 20% tidak memenuhi standar SNI yang telah disyaratkan [11].

I. Tujuan Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik *polystyrene* pada aspal AC-WC dan AC-BC terhadap pengujian *marshall* berdasarkan spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode uji eksperimental yang merupakan metode pengujian kuantitatif untuk mengetahui bagaimana penelitian ini dilaksanakan di laboratorium serta menyelidiki efek satu sama lain.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare mulai dari tanggal 12 November hingga 19 Desember 2022.

E. Teknik Pengumpulan Data

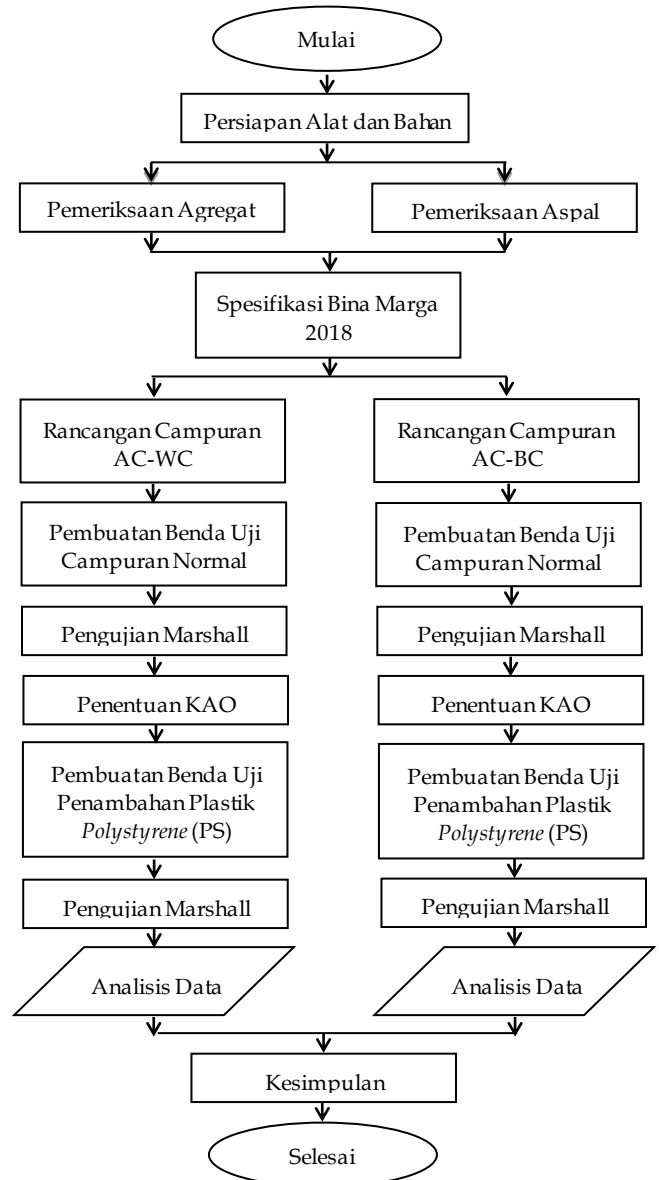
1) *Data Sekunder*: Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur seperti referensi jurnal, bahan yang akan digunakan, ketentuan spesifikasi dan metode yang akan dikerjakan dalam penelitian.

2) *Data Primer*: Pengumpulan data melalui hasil pengujian di laboratorium mulai dari pemeriksaan bahan material agregat dan aspal, pembuatan benda uji (briket) sampai pengujian *marshall*.

F. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul setelah pengujian *marshall* akan diolah dan dianalisis sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [12].

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat-sifat fisik agregat terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian keausan agregat kasar (abrasi) dan analisa saringan agregat.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Agregat Halus

| Pengujian | Material | | | Spek. |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | Agg. 1-2 | Agg. 0,5 | Abu batu | |
| Berat jenis bulk | 2,64 | 2,7p8 | 2,82 | |
| Berat jenis kering permukaan | 2,69 | 2,74 | 2,85 | Min. 2,5 |
| Berat jenis semu | 2,80 | 2,67 | 2,91 | |
| Penyerapan | 2,15 | 1,41 | 1,17 | Maks. 3 |

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar (Abrasi) 500 Putaran

| Saringan | | Berat | | Spesifikasi |
|--|-------------------|--------------|--------------|-------------|
| Lolos | Tertahan | Sebelum (gr) | Sesudah (gr) | |
| 19 mm (3/4") | 12,5 mm (1/2") | 2500 | 3978 | |
| 12,5 mm (1/2") | 9,5 mm (3/8") | 2500 | 3978 | |
| Jumlah berat (gram) | | 5000 | 3978 | |
| Berat tertahan saringan No. 12 (gram) | | 5000 | 3978 | |
| Persen keausan | | 20,44% | Maks. 30% | |

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan Setiap Agregat

| No. saringan | Rata-rata Persentase Lolos Saringan (%) | | | |
|--------------|---|-------------|-------------|----------|
| Inch | mm | Agregat 1-2 | Agregat 0,5 | Abu Batu |
| 3/4" | 19 | 90,35 | 100 | 90,35 |
| 1/2" | 12,5 | 20,07 | 100 | 20,07 |
| 3/8" | 9,5 | 9,72 | 77,03 | 9,72 |
| No. 4 | 4,75 | 4,87 | 28,09 | 4,87 |
| No. 8 | 2,36 | 1,94 | 1,31 | 1,94 |
| No. 16 | 1,18 | 1,91 | 0,29 | 1,91 |
| No. 30 | 0,6 | 1,67 | 0,28 | 1,67 |
| No. 50 | 0,3 | 1,57 | 0,28 | 1,57 |
| No. 100 | 0,15 | 1,32 | 0,21 | 1,32 |
| No. 200 | 0,075 | 1,18 | 0,06 | 1,18 |

B. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Aspal

Pengujian sifat-sifat aspal terdiri dari pengujian berat jenis aspal, titik lembek aspal, kehilangan berat aspal dan penetrasi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal

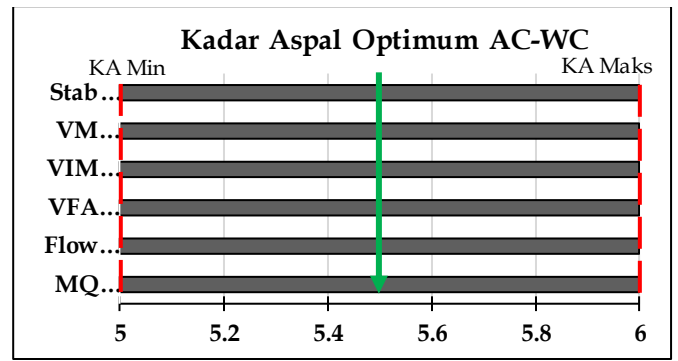
| Pengujian | Hasil Pemeriksaan | Spesifikasi |
|------------------------|-------------------|-------------|
| Berat jenis aspal | 1,03 | ≥ 1,0 |
| Titik lembek aspal | 49 | ≥ 48 |
| Kehilangan berat aspal | 0,26 | ≤ 0,8 |
| Penetrasi pada 25°C | 66,20 | 60-70 |

C. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari hasil pengolahan data *marshall* diperoleh nilai parameter *marshall* untuk menentukan Kadar Aspal Optimum

Tabel 5. Hasil Uji *Marshall* Campuran Aspal Normal AC-WC

| Karakteristik | Spesifikasi Umum | Kadar Aspal (%) | |
|-----------------|------------------|-----------------|---------|
| | | 5% | 6% |
| Stabilitas (kg) | Min. 800 | 1403,68 | 1124,77 |
| VMA (%) | Min. 15 | 17 | 19,15 |
| VIM (%) | 3-5 | 4,87 | 4,85 |
| VFA (%) | Min. 65 | 71,36 | 74,65 |
| Flow (mm) | 2-4 | 3,41 | 3,42 |
| MQ (kg/mm) | Min. 250 | 411,64 | 328,88 |

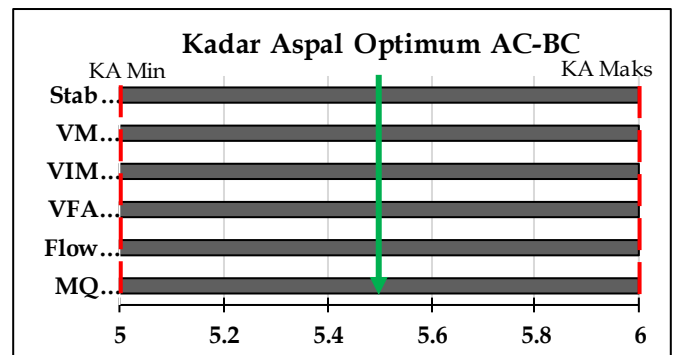


Gambar 2. Kadar Aspal Optimum AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{\text{KA Min} + \text{KA Maks}}{2} \quad 1) \\ &= \frac{5 + 6}{2} \\ &= 5,5 \% \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Uji *Marshall* Campuran Aspal Normal AC-BC

| Karakteristik | Spesifikasi Umum | Kadar Aspal (%) | |
|-----------------|------------------|-----------------|---------|
| | | 5% | 6% |
| Stabilitas (kg) | Min. 800 | 1159,31 | 1268,42 |
| VMA (%) | Min. 14 | 15,91 | 17,53 |
| VIM (%) | 3-5 | 4,64 | 3,99 |
| VFA (%) | Min. 65 | 70,82 | 77,25 |
| Flow (mm) | 2-4 | 3,58 | 3,21 |
| MQ (kg/mm) | Min. 250 | 323,83 | 395,15 |



Gambar 3. Kadar Aspal Optimum AC-BC

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{\text{KA Min} + \text{KA Maks}}{2} \\ &= \frac{5 + 6}{2} \\ &= 5,5 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 2 dan gambar 3 diatas nilai stabilitas, VMA, VIM, VFA, flow, dan *marshall quotient* (MQ) memenuhi spesifikasi untuk aspal AC-WC dan AC-BC dengan kadar aspal 5% dan 6%. Maka untuk setiap jenis aspal, nilai kadar aspal optimum yang diperoleh adalah 5,5 %.

D. Hasil Pengujian Marshall Pada Aspal Dengan Penambahan Plastik Polystyrene (PS)

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Aspal AC-WC dengan Campuran 4% dan 5% Polystyrene (PS) Pada Keadaan KAO

| Karakteristik | Spesifikasi Umum | Kadar Polystyrene | |
|-----------------|------------------|-------------------|---------|
| | | 4% | 5% |
| Stabilitas (kg) | Min. 800 | 2229,29 | 4251,21 |
| VMA (%) | Min. 15 | 17,40 | 17,61 |
| VIM (%) | 3-5 | 4,07 | 4,31 |
| VFA (%) | Min. 65 | 76,62 | 75,58 |
| Flow (mm) | 2-4 | 2,30 | 2,38 |
| MQ (kg/mm) | Min. 250 | 969,26 | 1786,22 |

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Aspal AC-BC dengan Campuran 4% dan 5% Polystyrene (PS) Pada Keadaan KAO

| Karakteristik | Spesifikasi Umum | Kadar Polystyrene | |
|-----------------|------------------|-------------------|---------|
| | | 4% | 5% |
| Stabilitas (kg) | Min. 800 | 2021,92 | 2176,70 |
| VMA (%) | Min. 14 | 16,34 | 15,22 |
| VIM (%) | 3-5 | 3,88 | 2,58 |
| VFA (%) | Min. 65 | 76,28 | 83,06 |
| Flow (mm) | 2-4 | 2,46 | 2,58 |
| MQ (kg/mm) | Min. 250 | 821,92 | 843,68 |

IV. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, VIM, *flow* dan *marshall quotient* pada aspal AC-WC mengalami kenaikan. Sementara nilai VFA mengalami penurunan setiap penambahan kadar plastik. Namun, semua variasi kadar bahan tambah plastik aspal AC-WC pada karakteristik *marshall* memenuhi spesifikasi. Sedangkan hasil pengujian *marshall* pada aspal AC-BC, nilai stabilitas, VFA, *flow*, dan *marshall quotient* mengalami kenaikan, dan nilai VMA, dan VIM mengalami penurunan setiap penambahan kadar plastik, hal ini menandakan rongga dalam agregat dan rongga dalam campuran semakin mengecil dan menyebabkan aspal tidak terlalu dapat mengisi ruang kosong dan mengikat agregat. Namun, hanya nilai VIM pada kadar plastik 4% dengan nilai 3,88% memenuhi spesifikasi dan kadar plastik 5% dengan nilai 2,58% yang tidak memenuhi spesifikasi antara 3%-5% berdasarkan spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

REFERENSI

- [1] D. Kususma. (Feb 2014). "Mengenal Konstruksi Lapisan Aspal." *Dwi Kusuma*. [Daring]. Tersedia: <https://dwikusumadpu.wordpress.com/2014/02/09/mengenal-konstruksi-lapisan-aspal/> [5 Februari 2023]
- [2] P. F. Hudoyo, D. Riani, dan Robby. "Analisis Penggunaan Limbah Plastik Jenis Polystyrene (PS) Sebagai Bahan Tambahan Pada Campuran (HRS-WC)," *Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, vol 4 no 1, hlm 213, Juni 2021, ISSN 2656-6001. Tersedia: <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/jurnalkacapuri/article/view/5158>
- [3] S. Sukirman. *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Keempat. Bandung: Institut Teknologi Nasional, 2016.
- [4] R. Yuniarti, dan I. D. M. A. Karyawan. "Pengaruh Penetration Index Terhadap Karakteristik Marshall Laston Menggunakan Limbah Styrofoam dan PVC," *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, vol 7 no 1, hlm 71, April 2021, ISSN 2443-1729. Tersedia: <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/6060>
- [5] E. Melyna. "Hidrokarbon Hasil Perengkahan Sampah Polystyrene Foam," *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol 3 no 1, hlm 1, April 2021, ISSN 2716-0963. Tersedia: <https://ejournalunsam.id/index.php/JQ/article/view/3383>
- [6] K. Maulana, "Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [7] N. Lolok, N. Ali, dan R. Rachman. "Pengaruh Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Laston Lapis Aus," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus-Makassar*, vol 3 no 3, hlm 397, September 2021, ISSN 2775-4529. Tersedia : <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/291>
- [8] H. Arianto, S. M. Saleh, R. Aggraini. "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Material Reclaimed Asphalt Pavement Dengan Tambahan Aspal Pen. 60/70 Yang Disubstitusikan Styrofoam," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, vol 2 no 2, hlm 149, Mei 2019, ISSN 2615-1340. Tersedia: [http://jurnal.usk.ac.id/JARSP/article/view/13451/0](https://jurnal.usk.ac.id/JARSP/article/view/13451/0)
- [9] N. Sambo, R. Rachman, dan Alpius. "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang," *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus-Makassar*, vol 3 no 3, hlm 330, September 2021, ISSN 2775-4529. Tersedia: <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/283>
- [10] I. Sulianti, Ibrahim, A. Subrianto, A. Monita, dan Medici. "Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt-Wearing Course (AC-WC) Dengan Penambahan Styrofoam," *Jurnal Forum Mekanika*, vol. 8 no 2, hlm 51, November 2019, ISSN 2356-1491. Tersedia: <https://jurnal.itpln.ac.id/forummekanika/article/view/653>
- [11] M. Nasot, Adnan, dan A. Muis. "Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan Aspal Beton AC-WC," *Jurnal Karajata Engineering*, vol. 2 no. 2, hlm. 10, Juli 2022, e-ISSN 2775-5266. Tersedia: <https://doi.org/10.31850/karajata.v2i2.1745>
- [12] Direktorat Jenderal Bina Marga. "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6." *Departemen Pekerjaan Umum* (2018)