

PENGGUNAAN PLASTIK LDPE (*LOW DENSITY POLYETHILEN*) SEBAGAI SUBSTITUSI ASPAL PADA CAMPURAN AC - WC

Pandry Situmorang^{1,a}, Desy Yofianti¹, Revy Safitri¹

¹Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu UBB, Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

^{a)} situmorangpandry@gmail.com

ABSTRAK

Aspal merupakan salah satu komponen bahan pengikat pada campuran beraspal. Rendahnya stabilitas perkerasan jalan yang diakibatkan oleh tidak terpenuhinya salah satu karakteristik marshall merupakan faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan berupa retak (*cracking*) maupun alur (*rutting*). Untuk mengatasi kerusakan jalan tersebut diperlukan adanya bahan tambah ataupun material alternatif yang digunakan pada campuran beraspal. Selain itu, ditemukan banyak terdapat tumpukan sampah plastik yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berdampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan plastik LDPE sebagai salah satu alternatif bahan substitusi aspal pada campuran AC-WC. Adapun tujuan penelitian ini antara lain: untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* dan menentukan kadar aspal optimum (KAO) dari penggunaan plastik LDPE sebagai substitusi aspal pada campuran AC-WC. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium Dinas PUPR Provinsi Kep. Bangka Belitung dengan menggunakan 60 buah benda uji, 5 variasi kadar aspal dan 4 variasi persentase penambahan plastik LDPE serta Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Dari hasil pengujian *marshall* menunjukkan bahwa dari keempat variasi persentase penambahan LDPE (0%, 2%, 4% dan 6%), hanya campuran 0% LDPE yang memenuhi spesifikasi (semua nilai karakteristik *marshall* terpenuhi) dengan nilai KAO sebesar 5,75%, sedangkan 3 variasi campuran lainnya (2%, 4% dan 6%) tidak memenuhi syarat yang ditetapkan (nilai VIM tidak terpenuhi) sehingga nilai KAO-nya pun tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan persentase plastik <2% dan jenis campuran yang berbeda.

Kata kunci: AC-WC, Campuran Beraspal, Karakteristik Marshall, Plastik LDPE

PENDAHULUAN

Penambahan bahan polimer atau plastik terhadap campuran aspal merupakan salah satu solusi yang diharapkan mampu meningkatkan stabilitas campuran aspal. Penelitian tentang campuran aspal yang menggunakan sampah plastik sebagai bahan substitusi aspal sudah banyak dilakukan. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan variasi persentase plastik ataupun jenis plastik yang berbeda dan dengan menggunakan campuran aspal yang berbeda juga. Jenis campuran aspal yang digunakan dalam beberapa penelitian tersebut meliputi campuran AC-WC dan AC-BC dengan variasi persentasi plastik yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Razak dan Andi (2016) mengenai karakteristik campuran AC-WC dengan penambahan limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE), dimana penelitian ini menghasilkan nilai stabilitas, flow dan MQ yang mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil, sedangkan nilai VFB dan kepadatan meningkat. Berdasarkan sifat fisik campuran, penambahan limbah plastik mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil, sehingga pengaruh limbah plastik terhadap sifat fisik campuran AC-WC tidak jelas. (Suroso, 2008) juga melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dengan cara basah dan cara kering terhadap kinerja campuran beraspal, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua cara pencampuran plastik LDPE. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan plastik LDPE

dengan cara kering lebih ekonomis, dan waktu untuk pencampuran lebih cepat.

Selain penggunaan plastik LDPE, penggunaan jenis plastik lainnya juga sudah dilakukan penelitian. (Isya, dkk, 2018) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah plastik kresek sebagai substitusi aspal per 60/70 terhadap karakteristik campuran laston AC – BC. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan plastik kresek telah memenuhi spesifikasi umum divisi 6 perkerasan aspal tahun 2010. Selain itu, (Nasution, 2017) juga membahas tentang pengaruh penambahan plastik PET (*Polyethilen Terephthalate*) terhadap karakteristik campuran laston AC-WC di laboratorium. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan persentase PET pada campuran AC-WC yang memenuhi spesifikasi BinaMarga 2010 adalah penambahan 2% PET. Lebih lanjut (Rahmawati, 2015) juga membahas tentang pengaruh penggunaan plastik *Polyethylene* (PE) dan *High Density Polyethilen* (HDPE) pada campuran laston-WC terhadap karakteristik *marshall*. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas, kelelahan dan VFA cenderung mengalami peningkatan. (Widodo, dkk, 2015) meneliti tentang pengaruh penambahan limbah botol plastik *Polyethilen Terephthalate* (PET) dalam campuran Laston-WC terhadap parameter *marshall*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran menggunakan PET sebanyak 2% dengan kadar aspal optimum 6,25%, yakni sebesar 2881,168 kg,

sedangkan nilai stabilitas terendah dicapai pada campuran PET pada 0% , dengan kadar optimum 6,25% yakni sebesar 1595,011 kg. (Diansari, 2016) membahas tentang aspal modifikasi dengan penambahan plastik *Low Linear Density Polyethilen* (LLDPE) ditinjau dari karakteristik *marshall* dan uji penetrasi pada lapisan aspal beton (AC-BC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa yang memenuhi syarat Bina Marga yaitu pada campuran dengan kadar aspal 6,5 %.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan plastik LDPE sebagai substitusi aspal pada campuran AC-WC. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dalam peningkatan stabilitas juga parameter *marshall* lainnya pada campuran aspal, dan menjadi solusi dalam pemanfaatan sampah plastik LDPE.

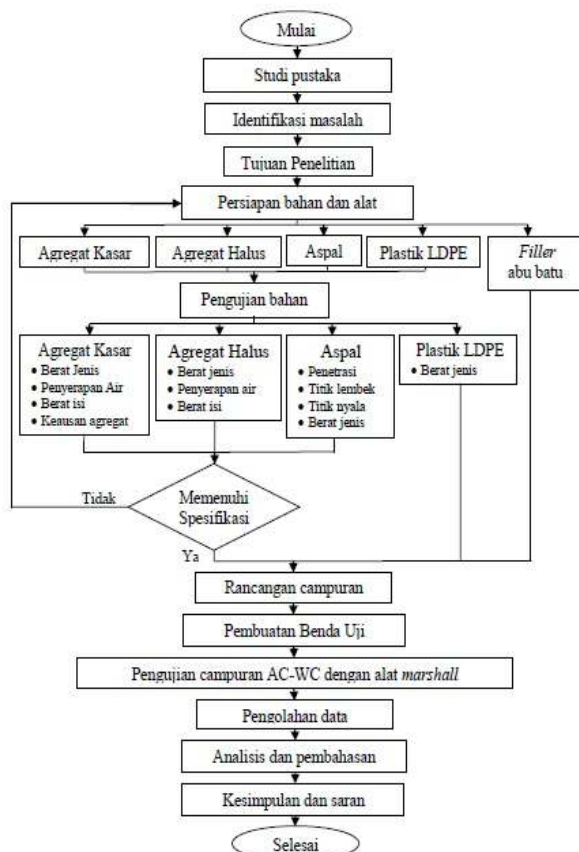
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan mengikuti empat tahapan; yaitu: tahap persiapan material dan peralatan; tahap pengujian material untuk campuran; tahap pembuatan benda uji campuran AC-WC dan tahap terakhir adalah tahap pengujian campuran dengan menggunakan *marshall*.

Jumlah kebutuhan benda uji sebanyak 60 buah benda uji dengan menggunakan lima macam variasi kadar aspal (4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%) dan empat macam variasi persentase plastik LDPE (0%, 2%, 4% dan 6%).

Pengujian yang dilakukan terhadap semua material (aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*) campuran AC-WC mengacu pada spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

Proses penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus dan Aspal

Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar

| Pengujian | Standar Pengujian | Persyaratan | | Hasil | Satuan |
|--------------------|-------------------|-------------|-----|--------------|--------|
| | | Min. | Max | | |
| a. Berat jenis | SNI 03-1969-2016 | 2,5 | - | 2,64 | - |
| 1) <i>Bulk</i> | | 2,5 | - | 2,69 | - |
| 2) <i>SSD</i> | | 2,5 | - | 2,79 | - |
| 3) <i>Apparent</i> | | - | - | 2,71 | - |
| 4) <i>Efektif</i> | | - | - | 2,71 | - |
| b. Penyerapan air | | - | 3 | 2,10 | % |
| Berat isi | | | | | |
| a. Lepas | SNI 03-4804-1998 | 0,4 | 1,9 | 1,33 | kg/l |
| b. Padat | | 0,4 | 1,9 | 1,46 | kg/l |
| Keausan agregat | SNI 2417:2008 | - | 40 | 18,82 | % |

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

| Pengujian | Standar Pengujian | Persyaratan | | Hasil | Satuan |
|--------------------|-------------------|-------------|------|-------------|--------|
| | | Min. | Maks | | |
| a. Berat jenis | SNI 03-1970-2016 | 2,5 | - | 2,71 | - |
| 1) <i>Bulk</i> | | 2,5 | - | 2,76 | - |
| 2) <i>SSD</i> | | 2,5 | - | 2,86 | - |
| 3) <i>Apparent</i> | | - | - | 2,79 | - |
| 4) <i>Efektif</i> | | - | - | 2,79 | - |
| b. Penyerapan air | | 2,5 | - | 1,60 | % |
| Berat isi | | | | | |
| a. Lepas | SNI 03-4804-1998 | 0,4 | 1,9 | 1,42 | kg/l |
| b. Padat | | 0,4 | 1,9 | 1,57 | kg/l |

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 di atas, dapat dilihat bahwa hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus sudah memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai hasil pengujian untuk setiap jenis pengujian (pengujian berat jenis, penyerapan air, keausan agregat dan pengujian berat isi agregat) berada pada batas syarat yang sudah ditetapkan.

Hasil pengujian aspal pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil pengujian aspal

| Jenis pemeriksaan | Standar pengujian | Satuan | Persyaratan | | Hasil |
|---|-------------------|--------|-------------|-----|-------------|
| | | | Min | Mak | |
| Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik | SNI 06-2456-2011 | 0,1 mm | 60 | 79 | 61,5 |
| Titik lembek (<i>ring and ball</i>) | SNI 06-2434-2011 | °C | 48 | 58 | 56,5 |
| Titik nyala (<i>cleveland oven cup</i>) | SNI 06-2433-2011 | °C | 200 | - | 240 |
| Berat jenis | SNI 06-2456-2011 | gr/cc | 1 | - | 1,08 |

Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa jenis pengujian aspal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu: pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, dan pengujian berat jenis. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai untuk setiap jenis pengujian sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

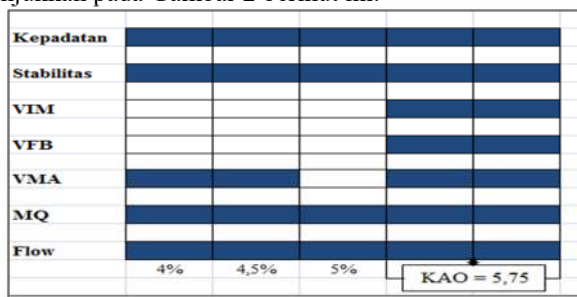
Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian *marshall* untuk setiap variasi campuran (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE) dapat dilihat pada tabel 4-7 berikut ini.

Tabel 4. Hasil pengujian *marshall* untuk campuran AC-WC dengan 0% LDPE

| Sifat-sifat Campuran | Hasil Pengujian | | | | | | Spesifikasi |
|----------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|--|-------------|
| | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | |
| Kadar Aspal (%) | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | - |
| kepadatan | 2,315 | 2,363 | 2,392 | 2,387 | 2,375 | | - |
| Stabilitas (kg) | 3362,127 | 3329,872 | 2494,358 | 2995,604 | 2269,196 | | ≥800 |
| VIM (%) | 10,277 | 7,328 | 5,373 | 4,913 | 4,793 | | 3-5 |
| VFB (%) | 38,288 | 52,201 | 63,456 | 67,820 | 70,223 | | ≥65 |
| VMA (%) | 16,633 | 15,306 | 14,695 | 15,263 | 16,088 | | ≥15 |
| MQ (Kg/mm) | 1061,842 | 1014,519 | 788,042 | 774,930 | 699,801 | | ≥250 |
| Flow (mm) | 3,233 | 3,333 | 3,233 | 3,867 | 3,233 | | 2-4 |

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa nilai yang memenuhi semua parameter pengujian *marshall* terjadi pada kadar aspal 5,5% dan 6%. Hal ini menyimpulkan campuran AC-WC dengan 0% LDPE memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018, dengan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,75% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Nilai kadar aspal optimum pada campuran AC-WC dengan 0% LDPE.

Tabel 5. Hasil pengujian *marshall* untuk campuran AC-WC dengan 2% LDPE

| Sifat-sifat Campuran | Hasil Pengujian | | | | | | Spesifikasi |
|----------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|--|-------------|
| | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | |
| Kadar Aspal (%) | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | - |
| kepadatan | 2,229 | 2,216 | 2,217 | 2,318 | 2,352 | | - |
| Stabilitas (kg) | 3130,083 | 2035,979 | 2845,530 | 3072,470 | 2627,880 | | ≥800 |
| VIM (%) | 14,544 | 14,463 | 13,707 | 8,045 | 5,817 | | 3-5 |
| VFB (%) | 26,346 | 29,801 | 34,696 | 54,628 | 65,594 | | ≥65 |
| VMA (%) | 19,741 | 20,583 | 20,936 | 17,718 | 16,900 | | ≥15 |
| MQ (Kg/mm) | 683,100 | 659,501 | 903,595 | 900,445 | 785,876 | | ≥250 |
| Flow (mm) | 4,767 | 3,367 | 3,133 | 3,767 | 3,500 | | 2-4 |

Berdasarkan Tabel 5 tersebut menunjukkan bahwa campuran dengan variasi 2% LDPE tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Hal ini disebabkan oleh tidak terpenuhinya semua parameter pengujian *marshall* (nilai VIMnya tidak terpenuhi) untuk setiap variasi kadar aspal. Nilai stabilitas, VMA dan MQ untuk semua variasi kadar aspal memenuhi spesifikasi, nilai VFB yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 6% dan nilai *flow* yang tidak memenuhi spesifikasi hanya pada campuran dengan kadar aspal 4%.

Tabel 6. Hasil pengujian *marshall* untuk campuran AC-WC dengan 4% LDPE

| Sifat-sifat Campuran | Hasil Pengujian | | | | | | Spesifikasi |
|----------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|--|-------------|
| | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | |
| Kadar Aspal (%) | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | - |
| kepadatan | 2,196 | 2,210 | 2,254 | 2,254 | 2,350 | | - |
| Stabilitas (kg) | 2445,516 | 2421,628 | 2768,244 | 2574,951 | 2605,241 | | ≥800 |
| VIM (%) | 16,229 | 14,777 | 11,830 | 9,338 | 5,922 | | 3-5 |
| VFB (%) | 22,378 | 29,040 | 39,761 | 50,173 | 65,129 | | ≥65 |
| VMA (%) | 20,905 | 20,799 | 19,617 | 18,685 | 16,900 | | ≥15 |
| MQ (Kg/mm) | 646,450 | 657,653 | 811,983 | 900,445 | 748,539 | | ≥250 |
| Flow (mm) | 4,133 | 4,000 | 3,367 | 3,133 | 3,600 | | 2-4 |

Pada Tabel 6 tersebut menyimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan nilai MQ untuk semua variasi kadar aspal dengan substitusi 4% LDPE sudah

memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Nilai VFB yang memenuhi spesifikasi hanya terjadi pada campuran dengan kadar aspal 6%, nilai *flow* yang tidak memenuhi spesifikasi terjadi pada campuran dengan kadar aspal 4%. Nilai VIM untuk variasi campuran ini (4% LDPE) tidak memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan, sehingga nilai kadar aspal optimumnya tidak dapat ditentukan.

Tabel 7. Hasil pengujian *marshall* untuk campuran AC-WC dengan 6% LDPE

| Sifat-sifat Campuran | Hasil Pengujian | | | | | | Spesifikasi |
|----------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|--|-------------|
| | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | |
| Kadar Aspal (%) | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | | - |
| kepadatan | 2,252 | 2,203 | 2,244 | 2,243 | 2,352 | | - |
| Stabilitas (kg) | 2735,144 | 2373,227 | 2090,469 | 1902,719 | 2449,107 | | ≥800 |
| VIM (%) | 13,371 | 15,112 | 12,293 | 11,663 | 5,803 | | 3-5 |
| VFB (%) | 29,307 | 28,248 | 38,495 | 42,804 | 65,644 | | ≥65 |
| VMA (%) | 18,911 | 21,026 | 19,944 | 20,384 | 16,889 | | ≥15 |
| MQ (Kg/mm) | 908,977 | 730,418 | 685,700 | 587,709 | 793,319 | | ≥250 |
| Flow (mm) | 3,167 | 4,000 | 3,067 | 4,000 | 3,167 | | 2-4 |

Pada Tabel 7 di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, MQ, dan nilai *flow* untuk semua variasi kadar aspal dengan substitusi 6% LDPE sudah memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Nilai VFB yang memenuhi spesifikasi hanya terjadi pada campuran dengan kadar aspal 6%. Nilai VIM untuk variasi campuran ini (6% LDPE) tidak memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan, sehingga nilai kadar aspal optimumnya tidak dapat ditentukan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai beberapa karakteristik *marshall* untuk setiap campuran dan variasi kadar aspal cenderung stabil. Artinya jika nilai karakteristiknya naik diikuti dengan kenaikan nilai karakteristik untuk setiap penambahan kadar aspal, demikian juga sebaliknya. Sedangkan penelitian sebelumnya (Razak dan Andi, 2016) penggunaan plastik LDPE memberikan pengaruh yang tidak stabil pada campuran aspal, namun dengan kadar aspal yang berbeda.

KESIMPULAN

1. Nilai VIM yang dihasilkan dari keempat variasi campuran AC-WC (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE) hanya pada campuran 0% LDPE dengan kadar aspal 5,5 dan 6 % yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Perbandingan nilai VIM yang paling tinggi terjadi pada campuran 0% dan 2% LDPE dengan kadar aspal 5%, sedangkan perbandingan nilai VIM paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai VIM menurun untuk setiap penambahan kadar aspal.
2. Nilai VMA yang dihasilkan dari keempat variasi campuran AC-WC (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE) adalah hanya pada campuran 0% LDPE dengan kadar aspal 5% yang tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Perbandingan nilai VMA yang paling tinggi terjadi pada campuran 0% dan 2% LDPE dengan kadar aspal 5%, sedangkan perbandingan nilai VMA paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai VMA menurun untuk setiap penambahan kadar aspal.
3. Nilai VFB yang dihasilkan keempat variasi campuran ini (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE) hanya pada kadar aspal 6% untuk semua variasi campuran yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Perbandingan nilai VFB yang paling tinggi terjadi

pada campuran 0% dan 2% LDPE dengan kadar aspal 5%, sedangkan perbandingan nilai VFB paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai VFB meningkat untuk setiap penambahan kadar aspal.

4. Nilai stabilitas yang dihasilkan dari keempat variasi campuran AC-WC (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE), adalah semua variasi campuran memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Perbandingan nilai stabilitas yang paling tinggi terjadi pada campuran 0% dan 2% LDPE dengan kadar aspal 4,5%, sedangkan perbandingan nilai stabilitas paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai stabilitas menurun untuk setiap penambahan kadar aspal.
5. Nilai *flow* yang dihasilkan dari keempat variasi campuran (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE), yaitu hanya pada kadar aspal 4% dengan variasi 2% dan 4% LDPE yang tidak memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Perbandingan nilai *flow* yang paling tinggi terjadi pada campuran 0% dan 2% LDPE dengan kadar aspal 4,5%, sedangkan perbandingan nilai *flow* paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai *flow* menurun untuk setiap penambahan kadar aspal.
6. Nilai MQ yang dihasilkan dari keempat variasi campuran (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE), adalah semua variasi campuran memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Perbandingan nilai MQ yang paling tinggi terjadi pada campuran 0% dan 4% LDPE dengan kadar aspal 4%, sedangkan perbandingan nilai MQ paling rendah terjadi pada kadar aspal 6% untuk keempat jenis variasi campuran. Secara umum, nilai MQ menurun untuk setiap penambahan kadar aspal pada variasi 0 dan 6% LDPE, sedangkan pada variasi 2 dan 4% LDPE mengalami kenaikan.
7. Nilai kadar aspal optimum (KAO) hanya diperoleh pada variasi 0% LDPE dengan nilai KAO yaitu 5,75%, sedangkan untuk variasi campuran lainnya (2%, 4%, dan 6% LDPE) tidak dapat ditentukan nilai KAOnya. Hal ini disebabkan oleh adanya parameter pengujian marshall yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan, yaitu nilai VIM tidak memenuhi spesifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas PUPR Provinsi Kep. Bangka Belitung yang telah memberikan izin untuk melakukan pengujian pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Diansari, S., 2016, *Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene (LLDPE) Dintinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC)*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.
- Isya, M., Suraya, F., dan Sofyan, M., S., 2018, *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek*

Sebagai Substitusi Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC. Jurnal Teknik Sipil 1 (3), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syah Kuala, Banda Aceh.

- Kementerian Pekerjaan Umum, 2018, *Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal*. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Nasution, M. F. N., 2017, *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC di Laboratorium*. Tugas Akhir, Bidang Studi Transportasi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rahmawati, A., 2015, *Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Laston - WC Terhadap Karakteristik Marshall*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika 18 (2), hal 147-159.
- Razak, B. A., dan Andi, E., 2016, *Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*, Jurnal INTEK, Vol 3 (1), hal 8-14, Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.
- Suroso, T. W., 2008, *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethylene) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal*, Jurnal Penelitian, Media Komunikasi Teknik Sipil, Bandung.
- Widodo, A. D., Jihan, M. A., Nugroho, A., Mugiono, T., Kuncoro, A. H. B., dan Hardwiyono, S., 2015, *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polyphylene Terephthalate (PET) dalam Campuran Laston-WC Terhadap Parameter Marshall*, Jurnal Penelitian, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY, Yogyakarta.