

## Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik LDPE sebagai Modifikator Campuran AC-WC

Amy Wadu<sup>\*1</sup>, Mateus R. Sodanango<sup>2</sup>, Ambrosius L. Wayan<sup>3</sup>, Erik E. Pello<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

e-mail: <sup>\*1</sup>[awd.ub15@gmail.com](mailto:awd.ub15@gmail.com), <sup>2</sup>[msodanango@gmail.com](mailto:msodanango@gmail.com), <sup>3</sup>[ambroswayan8@gmail.com](mailto:ambroswayan8@gmail.com),  
<sup>4</sup>[erikedison031@gmail.com](mailto:erikedison031@gmail.com)

### Abstract

*In recent years, the increasing amount of plastic waste in many cities in developing countries, including Kupang City, has become a serious environmental problem. The use of plastic waste as a pavement material is one solution to deal with the problem of plastic waste. One type of plastic that can be used as an asphalt mixture modification material is Low Density Polyethylene (LDPE). This research aims to determine the use of LDPE plastic waste modified with AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course). Five variations of AC-WC mixture were made based on LDPE plastic waste content of 6, 7, 8, 9, 10% based on optimum bitumen content (OBC). Marshall test method was used to determine the OBC and to evaluate the marshall characteristics of LDPE modified AC-WC. The OBC of conventional AC-WC was found to be 5.23% by weight of total aggregate while the optimum plastic modified bitumen content (OPMBC) of LDPE modified AC-WC was 7.45% by weight of OBC. AC-WC modified with 7.45% LDPE waste had 47.98% higher OPMBC compared to conventional AC-WC.*

**Keywords:** Plastic waste, marshall test, AC-WC

### Abstrak

*Dalam beberapa tahun terakhir peningkatan jumlah sampah plastik di di berbagai kota pada negara berkembang termasuk Kota Kupang menjadi masalah lingkungan yang serius. Penggunaan limbah plastik sebagai bahan perkerasan jalan menjadi salah satu solusi untuk menangani masalah limbah plastik. Salah satu jenis plastik yang bisa digunakan sebagai bahan modifikasi campuran aspal yaitu Low Density Polyethylene (LDPE). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan limbah plastik LDPE yang termodifikasi bersama AC-WC. Lima variasi campuran AC-WC dibuat berdasarkan kandungan limbah plastik LDPE 6, 7, 8, 9, 10% berdasarkan kadar aspal optimum (KAO). Metode Uji Marshall digunakan untuk menentukan KAO dan untuk mengevaluasi karakteristik marshall dari AC-WC termodifikasi LDPE. KAO AC-WC konvensional ditemukan 5.23% berat total agregat sedangkan kandungan plastik optimum (KPO) pada AC-WC termodifikasi LDPE 7.45% dari berat KAO. AC-WC yang dimodifikasi dengan limbah LDPE 7.45% memiliki 47.98% lebih tinggi dibandingkan dengan AC-WC konvensional.*

**Kata kunci:** Limbah pelastik, uji marshall, AC-WC

## 1. Pendahuluan

Akumulasi limbah padat yang semakin meningkat menciptakan tantangan ekologis dan ekonomi yang masif di seluruh dunia. Dengan kepedulian lingkungan sejumlah penelitian memanfaatkan limbah padat industri dan kota menjadi produk yang berguna untuk berbagai aplikasi industri (Cunha et al. 2020). Sampah plastik merupakan bahan yang tidak dapat terurai secara hayati dan para peneliti menemukan bahwa bahan tersebut dapat bertahan di bumi selama 4500 tahun tanpa mengalami degradasi (Awoyera and Adesina 2020). Terlepas dari dampak lingkungannya, plastik merupakan elemen vital dalam kehidupan modern dan telah digunakan selama lebih dari 150 tahun (Rochman et al. 2013). Fenomena ini menyebabkan timbulan material yang tidak dapat terurai dalam jumlah besar ke lingkungan dan sampah plastik menjadi pencemar utama, terutama di daerah perkotaan, dalam hal penyalahgunaannya (Okan, Aydin, and Barsbay 2019). Pembuangan sampah plastik saat ini khususnya sampah kota yang mengandung plastik dilakukan dengan cara penimbunan dan pembakaran. Namun kedua metode pengendapan tersebut tidak ramah lingkungan karena mencemari udara, air dan tanah (Hazrat, Rasul, and Khan 2015). Daur ulang plastik merupakan salah solusi yang paling mungkin dilakukan untuk masalah ini.

Cara terbaik untuk mendaur ulang limbah plastik ini adalah dengan menggunakannya pada konstruksi jalan beraspal. Penambahan limbah plastik yang tepat dalam bitumen akan meningkatkan kualitas dan masa pakai perkerasan jalan. Telah dilaporkan secara rinci tentang pentingnya mempertimbangkan proses menggabungkan bahan limbah plastik dalam konstruksi perkerasan jalan dan juga menyarankan perlunya percobaan pada setiap bahan untuk menentukan kegunaan efektifnya sebagai bahan perkerasan karena sifat unik yang dimilikinya (Jamshidi and White 2020). Namun, campuran aspal yang dirancang secara tidak tepat akan menyebabkan berbagai tekanan struktural dan fungsional yang prematur seperti retak, deformasi jangka panjang, terperangkapnya air dalam rongga, dll (Wu et al. 2007). Jalan aspal modifikasi plastik biasanya menunjukkan stabilitas yang lebih besar terhadap beban lalu lintas yang berat dan variasi musim suhu tinggi (Chavan 2013).

Polyethylene telah ditemukan sebagai salah satu aditif polimer yang paling efektif dan hemat biaya dalam konstruksi jalan aspal yang berpotensi mengurangi penggunaan kandungan pengikat bitumen (Kakar et al. 2021) (Othman 2010) (Movilla-Quesada et al. 2019) selain bahan tambah yang lain. *Low density polyethylene* (LDPE) adalah jenis plastik polietilen paling populer di Dunia (Ghatge et al. 2020). Menurut review terbaru tentang pembuangan limbah plastik, sebagian besar plastik yang dibuang terdiri dari LDPE (Awoyera and Adesina 2020). Kepadatan plastik LDPE dapat berkisar antara 0,91 dan 0,94 g/mL, memiliki kandungan kristal 50-60% dan memiliki titik leleh sekitar 115° C (Freed W. Billmeyer 1984) memberikan ketahanan yang baik terhadap pelarut organik dengan tingkat penyerapan air yang rendah (Awwad and Shbeeb 2007). Penelitian terbaru mengkonfirmasi dengan menambahkan LDPE pada perkerasan menunjukkan peningkatan sifat mekanik dan reologi (Kakar et al. 2021).

Konstruksi perkerasan jalan yang sering digunakan adalah lapisan aspal beton salah satunya lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang komposisi material terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Berat fraksi secara umum adalah sekitar 95% agregat dan 5% pengikat; fraksi volume biasanya masing-masing 88% dan 12%. Jumlah minimum bahan pengikat yang diperlukan untuk membasahi; variasi jumlah pengikat yang ada bergantung pada sifat agregat dalam menyerap aspal. Udara terdapat dalam campuran AC. Daur ulang sudah sangat umum di industri ini; aspal yang didaur ulang dan/atau perkerasan aspal yang didaur ulang juga dapat digunakan (Grady 2021).

Peningkatan durabilitas AC biasanya dilakukan dengan memperbaiki sifat-sifat aspal sisa penyulingan minyak bumi sebagai komponen utama AC dengan menambahkan surfactants, polimer dan pengubah lainnya (Zhdaniuk et al. 2021). Polimer yang merupakan limbah dapat juga ditambahkan ke campuran AC untuk membentuk bahan pelapis agregat. Pelapis akan meningkatkan

kekasaran permukaan agregat dan dengan demikian, menghasilkan campuran aspal dengan sifat teknik yang unggul (Awwad and Shbeeb 2007).

Dari beberapa research gap tentang penambahan LDPE pada perkerasan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pencampuran bitumen-LDPE dan AC-WC untuk menyelidiki dan mengoptimalkan plastik LDPE sebagai pengubah campuran aspal untuk meningkatkan stabilitas perkerasan jalan. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menentukan rasio pencampuran yang optimal dari kandungan limbah plastik LDPE dalam campuran beraspal panas dan untuk menilai pengaruh penambahan persentase yang berbeda dari limbah plastik LDPE ke dalam aspal terhadap parameter marshall.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Sampah Plastik

Limbah plastik LDPE yang telah diparut dikumpulkan dari tempat sampah ada kantin Politeknik Negeri Kupang. Partikel LDPE dicuci dengan air suling dan dikeringkan selama 24 jam di udara terbuka. Partikel limbah plastik LDPE yang lolos saringan 5 mm dan tertahan pada ukuran saringan 2 mm diambil untuk desain modifikasi campuran AC-WC.



Gambar 1. Partikel LDPE

#### 2.1.2 Bitumen

Aspal dengan tingkat penetrasi 60/70 yang digunakan dalam penelitian ini disediakan oleh PT. Utama Mitra Nusantara, Perusahaan konstruksi jalan yang terdapat pada Kota Kupang, NTT. Aspal dengan tingkat penetrasi 60/70 merupakan aspal yang paling banyak digunakan di Indonesia untuk konstruksi jalan aspal. Sifat fisik aspal pen 60/70 disesuaikan dengan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk aspal pen 60/70 ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Sifat Fisik Aspal**

Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
Penetrasi	60-70	63,4	mm
Titik Lembek	>48	55,3	°C
Berat Jenis Aspal	>1,0	1,09	
Daktilitas	Min.100	155,8	cm

### 2.1.3 Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari HMA dan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi mineral. Agregat dan filler mineral yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Quarry Takari yang berlokasi di Kabupaten Kupang.

## 2. 2 Eksperimen

Rancangan campuran marshal dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama (desain AC-WC konvensional), KAO pada AC-WC ditentukan. Pada tahap kedua, (desain AC-WC termodifikasi limbah LDPE), limbah plastik LDPE dicampur dengan KAO untuk menentukan lebih lanjut kandungan aspal termodifikasi limbah LDPE maksimum dalam AC\_WC.

### 2. 2.1 Rencana AC-WC Konvensional

Rancangan Campuran Marshall digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Campuran disiapkan sesuai dengan prosedur Campuran Marshall yang ditentukan dalam ASTM D1559. Lima belas sampel marshall disiapkan dengan memvariasikan kadar aspal (4, 4,5, 5, 5,5 dan 6%) dari berat total campuran agregat untuk menentukan KAO campuran AC-WC konvensional. Aspal murni berdasarkan berat agregat total dan agregat mineral dipanaskan secara terpisah hingga mencapai 150°C.

### 2. 2.2 Rencana AC-WC Termodifikasi LDPE

Lima belas sampel marshall campuran aspal modifikasi limbah plastik LDPE disiapkan dengan mengambil kadar limbah plastik LDPE yang berbeda untuk lebih lanjut menentukan kadar aspal modifikasi plastik (KAMP) yang optimal dalam hal uji mekanis. Pada tahap ini, kadar limbah plastik LDPE yang berbeda (4, 6, 8 dan 10% berat KAO).

### 2. 2.3 Analisis Pengujian

#### 2. 2.3.1 Uji Stabilitas dan Flow Marshal

Stabilitas dan flow sampel yang dipadatkan diuji sesuai dengan SNI 06-2489-1991 tentang Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat. benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60oC ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin pengujian; Pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan; Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol; Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm, Catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

### 2. 2.3.2 Marshal Analisis Volumetrik Campuran

*Void In Mix* (VIM) atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidak seragaman bentuk agregat.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (1)$$

dimana,

VIM = Rongga udara dalam campuran, persen total campuran. (%)

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0. (gr/cm<sup>3</sup>)

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

*Void In Mineral Agregate* (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100 + pb)} \times 100 \quad (2)$$

dimana,

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat (gr/cm<sup>3</sup>)

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

*Void In Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{Gmm} \quad (3)$$

dimana,

VFA = Rongga terisi aspal (%)

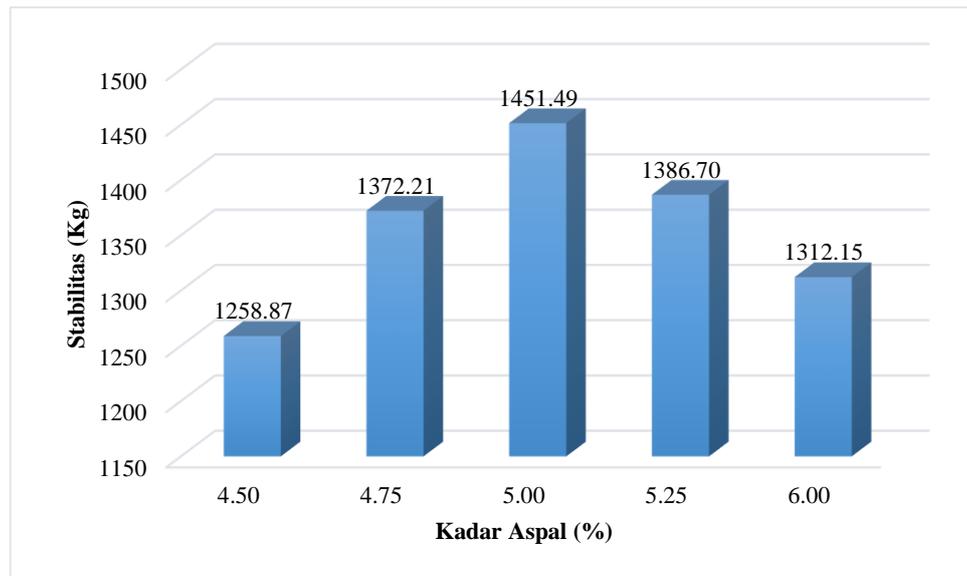
VMA = Rongga diantara mineral (%)

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran (%)

Gmm = Berat jenis maksimum campuran.

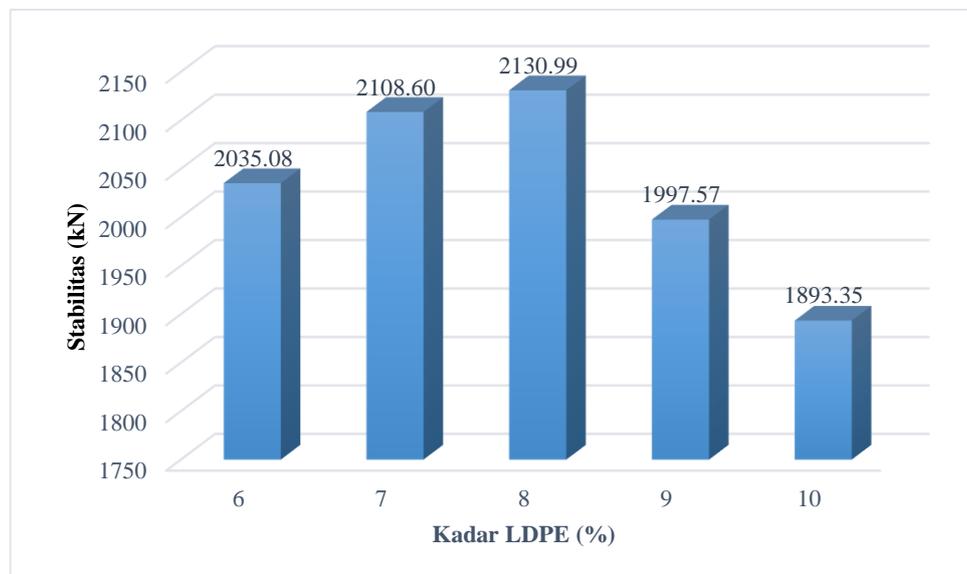
## 3. Hasil dan Pembahasan

Stabilitas adalah beban maksimum yang diperlukan untuk menghasilkan kegagalan pada benda uji ketika beban diberikan. Gambar 2 menunjukkan stabilitas campuran AC-WC pada kadar aspal yang berbeda. Kadar aspal optimum (KAO) yang sesuai dengan stabilitas maksimum, kepadatan curah maksimum dan median persen rongga udara yaitu pada angka 5,23%.



**Gambar 2 Grafik Perbandingan Stabilitas dengan AC-WC Konvensional**

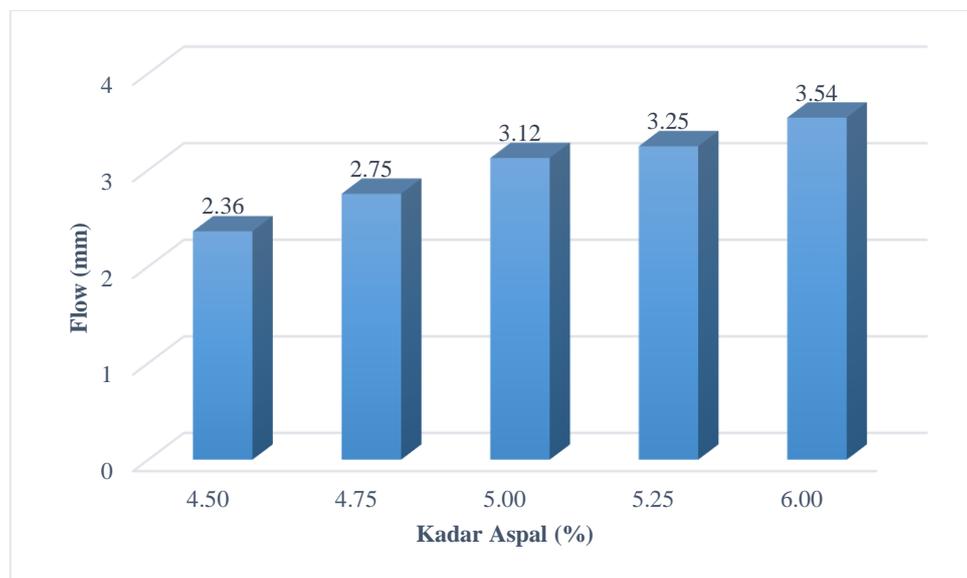
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara stabilitas marshal dan kadar aspal modifikasi limbah LDPE. Stabilitas marshal dari campuran aspal modifikasi meningkat seiring dengan meningkatnya kadar limbah LDPE hingga mencapai puncaknya pada 7,45%. Kemudian, mulai menurun pada kadar limbah plastik LDPE yang lebih tinggi. Peningkatan stabilitas pada campuran aspal modifikasi limbah plastik LDPE merupakan hasil dari adhesi yang lebih baik antara aspal dan partikel agregat akibat penambahan partikel plastik (Akinpelu et al. 2013). Daya rekat yang baik ini disebabkan oleh berat jenis LDPE yang lebih kecil dibandingkan dengan aspal murni. Hal ini berfungsi untuk penetrasi antar partikel dan meningkatkan interlock agregat, yang meningkatkan stabilitas (Vishnu and Singh 2021). Penelitian sebelumnya mengkonfirmasi bahwa peningkatan kandungan LDPE dalam campuran aspal meningkatkan stabilitas campuran hingga jumlah LDPE tertentu dan kemudian mulai menurun seiring dengan meningkatnya kandungan plastik (Mishra 2016).



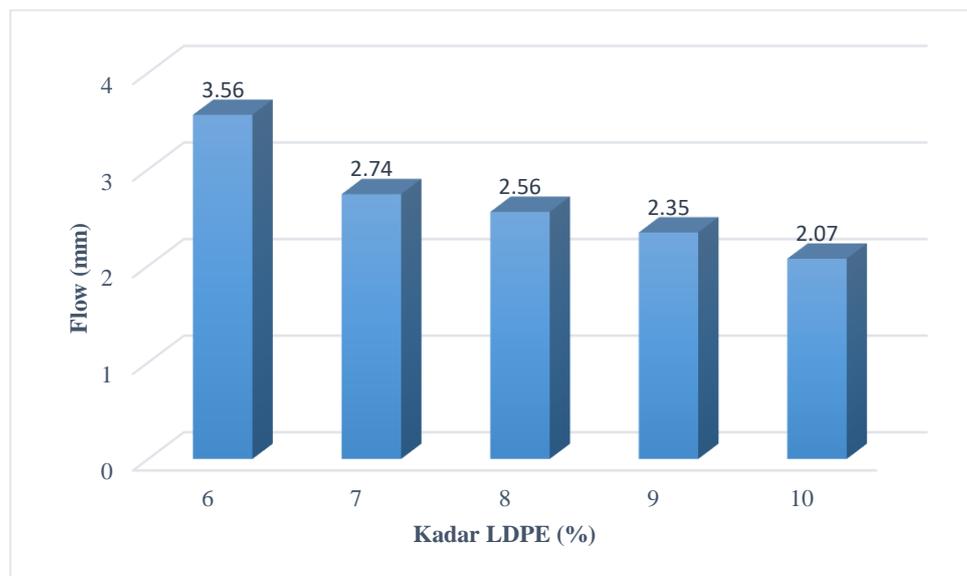
**Gambar 3 Grafik Perbandingan Stabilitas dengan AC-WC Modifikasi LDPE**

Pada hasil pengujian marshal untuk flow campuran AC-WC untuk kadar aspal yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa flow dari campuran AC-WC terus meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan stabilitas akan

meningkatkan fleksibilitas campuran aspal. Akibatnya, campuran menjadi tidak mampu menahan beban berat dan sangat rentan terhadap variasi temperatur. Gambar 5 menunjukkan hubungan antara flow dan kadar limbah plastik LDPE. Flow campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE menurun pada kadar limbah LDPE yang lebih tinggi. Nilai flow menurun dari 3,56 mm menjadi 2,07 mm pada kadar limbah plastik LDPE 6% dan 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal modifikasi limbah LDPE membuat campuran aspal yang dihasilkan menjadi lebih kaku dan keras. Akibatnya, hal ini mengurangi flow dari campuran AC-WC. Penurunan flow campuran marshall seiring dengan bertambahnya kadar limbah LDPE juga menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap *rutting*. Nilai flow yang lebih tinggi menunjukkan fleksibilitas yang lebih tinggi sementara nilai flow yang lebih rendah menunjukkan kekakuan yang lebih tinggi (Vishnu and Singh 2021) (M. Jassim, T.Mahmood, and A. Ahmed 2014). Semua nilai flow dari campuran AC-WC modifikasi LDPE berada dalam persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.



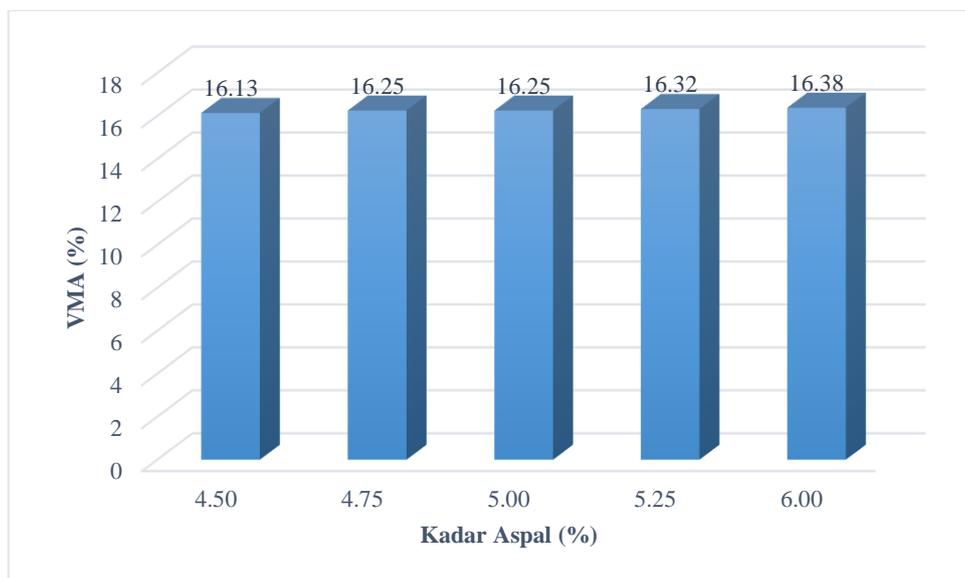
Gambar 4 Grafik Perbandingan Flow dengan AC-WC Konvensional



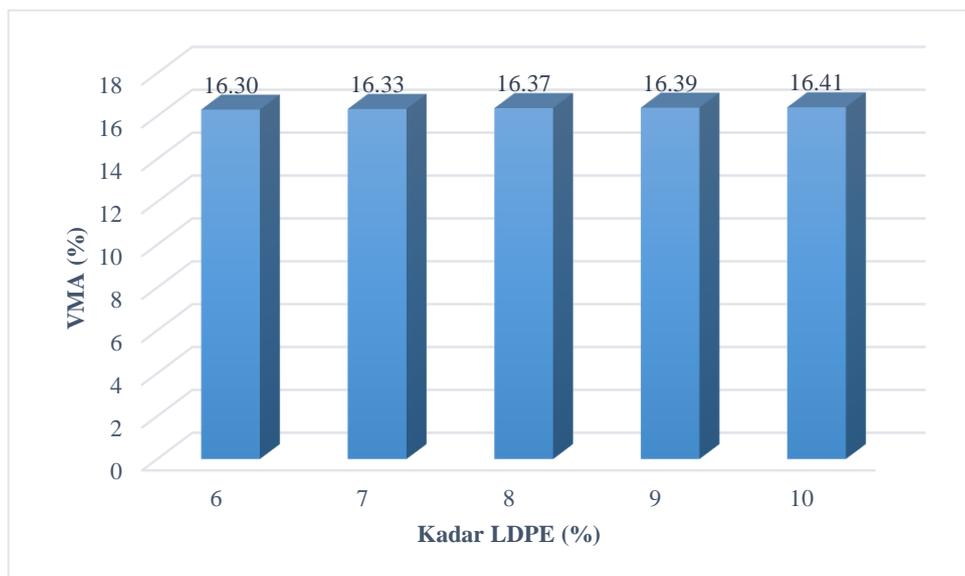
Gambar 5 Grafik Perbandingan Flow dengan AC-WC Modifikasi LDPE

Gambar 6 dan Gambar 7 mengilustrasikan volume total rongga dalam campuran agregat (ketika tidak ada aspal). VMA adalah volume ruang rongga antar butiran di antara partikel agregat dari campuran beraspal yang dipadatkan. Sifat desain campuran yang paling sulit adalah mencapai jumlah rongga minimum dalam agregat mineral. Tujuannya adalah untuk memberikan ruang yang cukup bagi bahan pengikat sehingga dapat memberikan daya rekat yang cukup untuk mengikat partikel agregat tanpa terjadi *bleeding* saat suhu naik dan bahan pengikat mengembang. Gambar 6 menyajikan hasil VMA pada kadar aspal yang berbeda. Nilai VMA menurun seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Rongga maksimum pada agregat mineral ditemukan pada kadar aspal terendah 4,5%.

Nilai VMA untuk campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal konvensional. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai VMA meningkat seiring dengan meningkatnya kadar limbah LDPE yang baik untuk perkerasan AC-WC. Nilai VMA meningkat dari 16,30% menjadi 16,41% pada kadar limbah LDPE 4% dan 10%. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Akinpelu et al. 2013).

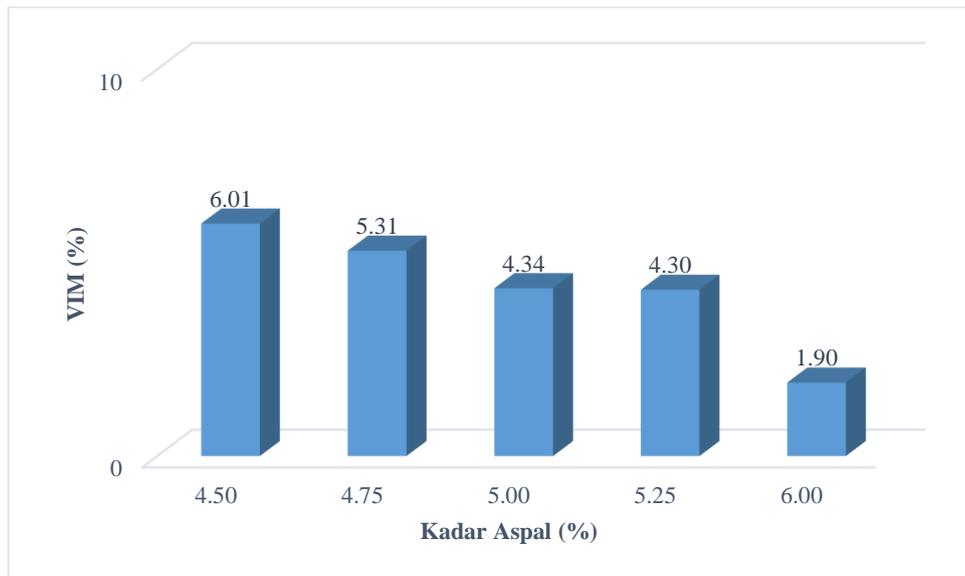


Gambar 6 Grafik Perbandingan VMA dengan AC-WC Konvensional

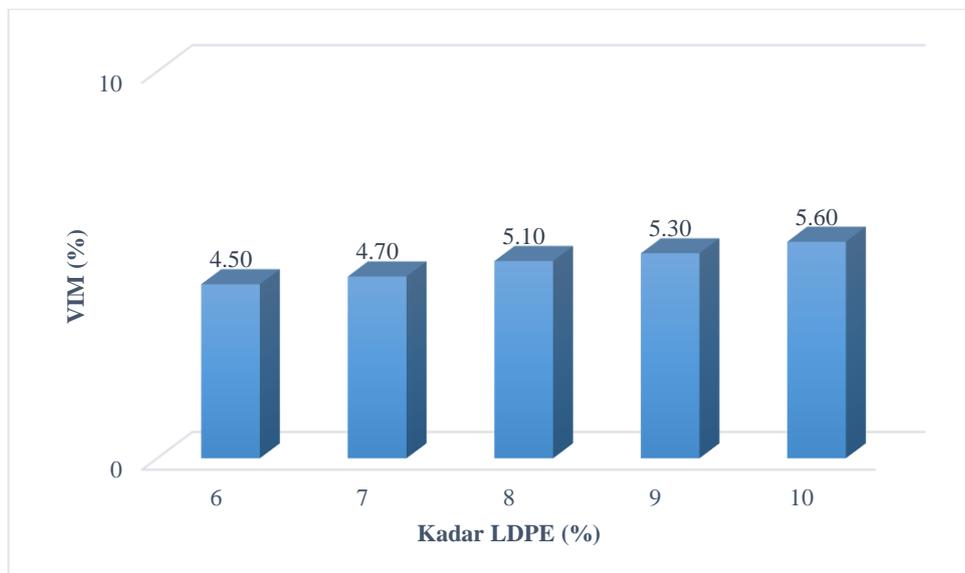


Gambar 7 Grafik Perbandingan VMA dengan AC-WC Modifikasi LDPE

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan hasil analisis VIM untuk AC-WC konvensional dan AC-WC modifikasi limbah LDPE. Ini adalah volume total dari rongga udara kecil di antara partikel agregat yang dilapisi di seluruh campuran beraspal yang dipadatkan, yang dinyatakan sebagai persen dari volume total campuran beraspal yang dipadatkan. Seperti yang digambarkan pada Gambar 8, nilai VIM maksimum berada pada persentase aspal terendah (yaitu 4,5%). Nilai VIM menurun secara bertahap seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Hal ini disebabkan oleh peningkatan VFA dalam campuran aspal. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9, VIM maksimum diperoleh pada kadar limbah plastik LDPE 10%. AC-WC yang dimodifikasi dengan plastik memiliki kemampuan rekat yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran AC-WC konvensional. Tiga kali lipat dibandingkan dengan kepadatan agregat dan hal ini mempengaruhi kepadatan total campuran.



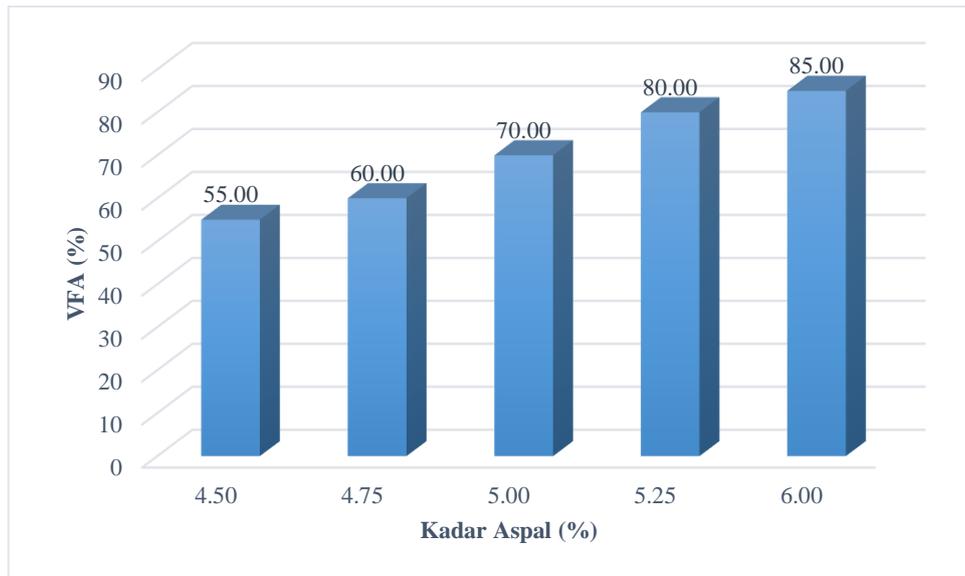
Gambar 8 Grafik Perbandingan VIM dengan AC-WC Konvensional



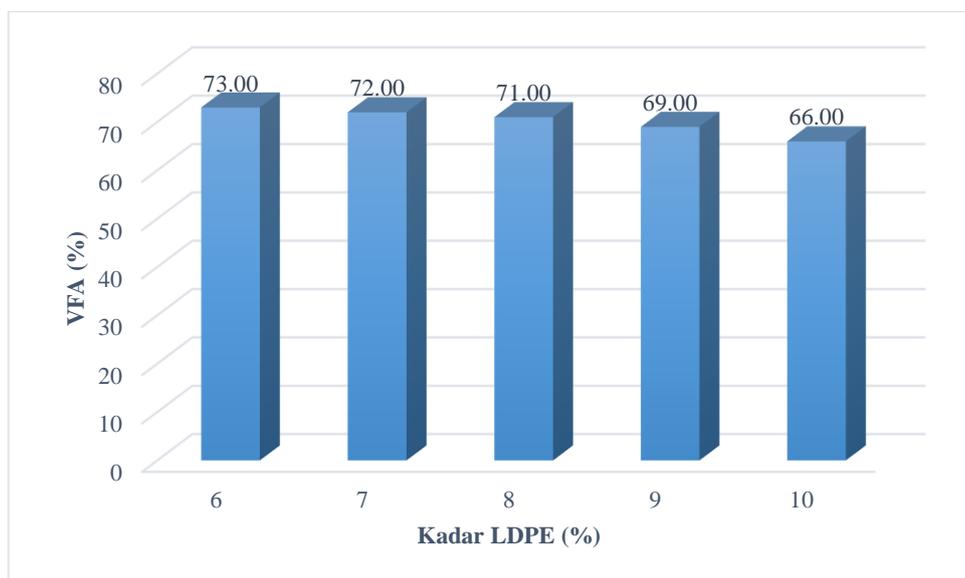
Gambar 9 Grafik Perbandingan VIM dengan AC-WC Modifikasi LDPE

*Voids filled with asphalt* (VFA) adalah ruang kosong yang terdapat di antara partikel agregat dalam campuran perkerasan AC-WC yang dipadatkan dan diisi dengan aspal. Gambar 10 menunjukkan

VFA pada kadar aspal yang berbeda. Nilai VFA minimum ditemukan pada kadar aspal terendah. Nilai VFA meningkat secara bertahap seiring dengan meningkatnya kadar aspal yang disebabkan oleh meningkatnya persentase rongga yang terisi aspal dalam campuran aspal. Tujuan dari analisis VFA adalah untuk membatasi tingkat maksimum rongga yang terisi oleh agregat dan tingkat maksimum kadar aspal. VFA juga membatasi kadar rongga udara yang diijinkan dalam campuran aspal yang dipadatkan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar Gambar 11, nilai VFA sedikit menurun seiring dengan bertambahnya kadar limbah plastik LDPE. Penurunan VFB dapat dijelaskan sebagai akibat dari aspal yang ditambahkan ke dalam campuran disubstitusi oleh limbah plastik LDPE yang sebanding dengan penelitian yang dilaporkan sebelumnya (Akinpelu et al. 2013).



**Gambar 10 Grafik Perbandingan VFA dengan AC-WC Konvensional**



**Gambar 11 Grafik Perbandingan VFA dengan AC-WC Modifikasi LDPE**

Tabel 2 menunjukkan sifat mekanik campuran marshal pada kondisi optimum. Seperti yang ditunjukkan dengan jelas, campuran AC-WC konvensional pada kadar aspal optimum 5,23% dari berat total agregat dan campuran AC-WC yang dimodifikasi dengan limbah LDPE pada kadar limbah plastik LDPE optimum 7,45% dari berat KAO memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018.

Tabel 2 Sifat Mekanis Aspal AC-WC di KAO dan KPO.

Sifat Mekanis Campuran Aspal	KAO	KPO	Persentase Perubahan (%)	Bina Marga 2018	
				Minimum	Maksimum
Stabilitas (kN)	1430.43	2116.78	47.98	800	
Flow (mm)	3.28	2.71	-17.23	2	4.00
VMA (%)	9.35	16.35	74.87	15	
VIM (%)	4.06	4.89	20.30	3	5.00
VFA (%)	76.94	71.74	-6.75	65	

#### 4. Kesimpulan

Kadar aspal optimum yang harus ditambahkan ke dalam campuran agregat adalah 5,23% dari berat total campuran agregat dan kadar limbah plastik LDPE optimum yang harus dicampurkan dengan aspal adalah 7,55% dari berat KAO. Stabilitas aspal campuran panas termodifikasi limbah LDPE meningkat secara signifikan dengan meningkatnya kadar limbah plastik LDPE hingga 8% dan kemudian menurun seiring dengan meningkatnya persentase campuran plastik. Stabilitas campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE pada kadar aspal modifikasi LDPE optimum ditemukan 47.98% lebih tinggi dibandingkan dengan AC-WC tanpa modifikasi. Namun, flow campuran AC-WC modifikasi LDPE menurun -17.23% dibandingkan dengan campuran AC-WC konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa campuran AC-WC modifikasi LDPE memiliki kecenderungan yang lebih rendah untuk mengalami deformasi permanen di bawah beban lalu lintas yang tinggi. Nilai rongga udara dan rongga yang terisi agregat campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE mengalami sedikit peningkatan jika dibandingkan dengan AC-WC tanpa modifikasi. Namun rongga yang terisi aspal dari campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE mengalami sedikit penurunan dibandingkan dengan campuran AC-WC konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran AC-WC modifikasi limbah LDPE meningkatkan sifat campuran aspal. Secara umum, campuran AC-WC yang dimodifikasi dengan limbah LDPE meningkatkan sifat mekanik AC-WC secara signifikan. Modifikasi jalan aspal dengan limbah plastik LDPE juga berkontribusi pada konsumsi bahan limbah yang cukup besar dan ini mengarah pada pengurangan yang signifikan dari pembuangan bahan yang tidak dapat terurai ke lingkungan.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Kupang dan semua civitas akademika khususnya pada jurusan Teknik Sipil yang telah mendukung berjalannya penelitian ini baik secara moril maupun materi.

#### Daftar Pustaka

- Akinpelu, Mutiu, Bamidele I. O. Dahunsi, Oladipupo Olafusi, Olufemi Awogboro, and Adedeji Quadri. 2013. "Effect of Polythene Modified Bitumen on Properties of Hot Mix Asphalt." *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* 8(4).
- Awoyera, P. O., and A. Adesina. 2020. "Plastic Wastes to Construction Products: Status, Limitations

- and Future Perspective.” *Case Studies in Construction Materials* 12. doi: 10.1016/j.cscm.2020.e00330.
- Awwad, Mohammad T., and Lina Shbeeb. 2007. “The Use of Polyethylene in Hot Asphalt Mixtures.” *American Journal of Applied Sciences* 4(6). doi: 10.3844/ajassp.2007.390.396.
- Chavan, Maj. 2013. “Use of Plastic Waste in Flexible Pavements.” *Ijaiem.Org* 2(4).
- Cunha, Mariene R., Eder C. Lima, Diana R. Lima, Raphaelle S. da Silva, Pascal S. Thue, Moaaz K. Seliem, Farooq Sher, Glaydson S. dos Reis, and Sylvia H. Larsson. 2020. “Removal of Captopril Pharmaceutical from Synthetic Pharmaceutical-Industry Wastewaters: Use of Activated Carbon Derived from Butia Catarinensis.” *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8(6). doi: 10.1016/j.jece.2020.104506.
- Freed W. Billmeyer, JR. 1984. *Textbook of Polymer Science Third Edition*. Vol. 12.
- Ghatge, Sunil, Youri Yang, Jae Hyung Ahn, and Hor Gil Hur. 2020. “Biodegradation of Polyethylene: A Brief Review.” *Applied Biological Chemistry* 63(1).
- Grady, Brian P. 2021. “Waste Plastics in Asphalt Concrete: A Review.” *SPE Polymers* 2(1). doi: 10.1002/pls2.10034.
- Hazrat, M. A., M. G. Rasul, and M. M. K. Khan. 2015. “A Study on Thermo-Catalytic Degradation for Production of Clean Transport Fuel and Reducing Plastic Wastes.” in *Procedia Engineering*. Vol. 105.
- Jamshidi, Ali, and Greg White. 2020. “Evaluation of Performance and Challenges of Use of Waste Materials in Pavement Construction: A Critical Review.” *Applied Sciences (Switzerland)* 10(1).
- Kakar, Muhammad Rafiq, Peter Mikhailenko, Zhengyin Piao, Moises Bueno, and Lily Poulikakos. 2021. “Analysis of Waste Polyethylene (PE) and Its by-Products in Asphalt Binder.” *Construction and Building Materials* 280. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122492.
- M. Jassim, Dr. Hamed, Omar T. Mahmood, and Sheelan A. Ahmed. 2014. “Optimum Use of Plastic Waste to Enhance the Marshall Properties and Moisture Resistance of Hot Mix Asphalt.” *International Journal of Engineering Trends and Technology* 7(1). doi: 10.14445/22315381/ijett-v7p223.
- Mishra, Brajesh. 2016. “Use of Plastic Waste in Bituminous Mixes of Flexible Pavements by Wet and Dry Methods: A Comparative Study.” *International Journal of Modern Engineering Research*.
- Movilla-Quesada, D., A. C. Raposeiras, L. T. Silva-Klein, P. Lastra-González, and D. Castro-Fresno. 2019. “Use of Plastic Scrap in Asphalt Mixtures Added by Dry Method as a Partial Substitute for Bitumen.” *Waste Management* 87. doi: 10.1016/j.wasman.2019.03.018.
- Okan, Meltem, Halil Murat Aydin, and Murat Barsbay. 2019. “Current Approaches to Waste Polymer Utilization and Minimization: A Review.” *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 94(1).
- Othman, Ayman M. 2010. “Effect of Low-Density Polyethylene on Fracture Toughness of Asphalt Concrete Mixtures.” *Journal of Materials in Civil Engineering* 22(10). doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000106.
- Rochman, Chelsea M., Mark Anthony Browne, Benjamin S. Halpern, Brian T. Hentschel, Eunha Hoh, Hrissi K. Karapanagioti, Lorena M. Rios-Mendoza, Hideshige Takada, Swee Teh, and Richard C. Thompson. 2013. “Policy: Classify Plastic Waste as Hazardous.” *Nature* 494(7436).

- Vishnu, T. B., and Kh Lakshman Singh. 2021. "A Study on the Suitability of Solid Waste Materials in Pavement Construction: A Review." *International Journal of Pavement Research and Technology* 14(5). doi: 10.1007/s42947-020-0273-z.
- Wu, Shaopeng, Qunshan Ye, Ning Li, and Hongbo Yue. 2007. "Effects of Fibers on the Dynamic Properties of Asphalt Mixtures." *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition* 22(4). doi: 10.1007/s11595-006-4733-3.
- Zhdaniuk, Valeriy, Oleksandr Volovyk, Dmytro Kostin, and Sergey Lisovin. 2021. "An Investigation Of The Effect Of Thermoplastic Additives In Asphalt Concrete Mixtures On The Properties Of Different Types Of Asphalt Concrete." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 2. doi: 10.15587/1729-4061.2021.227806.