

Kinerja Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Modifikasi Dengan Limbah Plastik

Mukhlis¹⁾, Fauna Adibroto²⁾, Syaifullah Ali³⁾, Ahmad Fauzi⁴⁾, Ivan Padilah⁵⁾,
^{1, 2, 3, 4, 5)} Politeknik Negeri Padang, Limau Manis, Padang, Sumatera Barat 25164
Email: mukhlis120615@gmail.com¹⁾, fauna@pnp.ac.id²⁾, syaifullali58@gmail.com³⁾,
fauzi200498@gmail.com⁴⁾, ivanpadilah90@gmail.com⁵⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.648>

(Received: November 2021 / Revised: February 2022 / Accepted: March 2022)

Abstrak

Perkerasan jalan terutama pada perkerasan lentur sering mengalami kerusakan yang lebih cepat akibat beban muatan kendaraan. Penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan mendapatkan kinerja VIM, VMA dan VFA campuran lapisan AC-WC dengan penambahan limbah plastik *High Density Polyethylene* (HDPE). Metode yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6. nilai KAO dengan metode marshall sebesar 6,45% pada variasi 0% penambahan limbah plastik, 6,3% pada variasi 1% penambahan limbah plastik, 6,25% pada variasi 1,5% penambahan limbah plastik dan 6,2% pada variasi 2% penambahan limbah plastik. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium nilai KAO Marshall yang didapatkan semakin menurun dengan penambahan limbah plastik dan penambahan limbah plastik 2% merupakan kadar terbaik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal karena memiliki nilai VIM dan VMA yang rendah dan nilai VFA yang tinggi.

Kata kunci: *Aspal, AC-WC, Limbah Plastik, HDPE, Marshall*

Abstract

Road pavements, especially flexible pavements, often experience faster damage due to vehicle loads. The use of additives is one of the alternatives used to get a good quality pavement layer. This study aims to obtain the value of Optimum Asphalt Content (KAO) and to obtain the performance of VIM, VMA and VFA of a mixture of AC-WC layers with the addition of High Density Polyethylene (HDPE) plastic waste. The method used in this study refers to the Technical Specifications of Bina Marga 2018 Revision 2 Division 6. the KAO value with the Marshall method is 6.45% at 0% variation of addition of plastic waste, 6.3% to variation of 1% addition of plastic waste, 6, 25% in the 1.5% variation of the addition of plastic waste and 6.2% in the 2% variation of the addition of plastic waste. Based on the results of laboratory testing, the value of KAO Marshall obtained decreases with the addition of plastic waste and the addition of 2% plastic waste is the best level that can be used in asphalt mixtures because it has low VIM and VMA values and high VFA values.

Keywords: *Asphalt, AC-WC, Plastic Waste, HDPE, Marshall*

1. Latar Belakang

Perkerasan jalan Perkerasan jalan adalah satu atau beberapa lapis material yang dipadatkan di atas tanah dasar supaya lalu lintas dapat berjalan dengan lancar tanpa terhambat. Seiring berjalannya waktu dan bertambahnya jumlah penduduk berbanding lurus terhadap pertambahan volume kendaraan, membuat perkerasan jalan terutama pada perkerasan lentur akan mengalami kerusakan yang lebih cepat. Perkerasan jalan terutama perkerasan lentur. memiliki kelemahan terutama di bagian lapisan perkerasan seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) akibat beban dari kendaraan yang berlebihan, dan keretakan yang ditimbulkan oleh perubahan suhu yang kelamaan akan menimbulkan jalan berlubang. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu adanya sebuah inovasi pada aspal yaitu dengan menambahkan suatu zat ke dalam campuran aspal atau yang disebut juga dengan aspal modifikasi.

Pertambahan jumlah penduduk yang pesat dalam beberapa dekade terakhir berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah konsumsi berbagai kebutuhan manusia salah satunya plastik. Kurang efektif dalam memanfaatkan kembali (mendaur ulang), akibatnya membuat plastik terbuang begitu saja dan menjadi limbah plastik. The National Plastic Action Partnership (NPAP) mencatat, ada 4,8 juta ton sampah plastik per tahun di Indonesia yang tidak terkelola dengan baik, seperti dibakar di ruang terbuka 48%, tidak dikelola layak di tempat pembuangan sampah 13% dan sisanya mencemari saluran air dan laut 39% (D Situmorang, 2021)

Teknologi campuran beraspal dengan menggunakan limbah plastik kedalam campuran beraspal menjadikan campuran memiliki sifat lebih baik dalam ketahanan lelah (*fatigue*) dan tahan terhadap deformasi atau alur meningkat, serta tidak mudah retak, kendaraan tidak mudah slip saat aspal dalam keadaan basah ataupun kering (Sumadaliga, 2017). Efek penambahan HDPE pada pemberian campuran aspal nilai karakterisasi Marshall lebih baik daripada campuran aspal dengan PE (Rahmawati, 2015). Penambahan plastik HDPE untuk campuran AC-WC pada perendaman dengan suhu 60°C, 70°C dan 80°C selama 30 menit masing-masing sebesar 0%-1,5%; 0,1%-1,5% dan 1%-3% menunjukkan penambahan plastik HDPE pada perendaman dengan suhu 60°C selama 24 jam yang dapat digunakan adalah sebesar 1,5%-3%. Penambahan limbah plastik LDPE berbentuk potongan kecil sebesar 1 sampai dengan 6%, membuat stabilitas naik hingga 66,70% dan menurunkan kadar aspal hingga 2,5% dibandingkan campuran aspal beton tanpa campuran limbah plastic (Setyarini et al., 2019).

Polimer yang ada pada plastik dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, *fatigue damage* serta pelepasan material. Sebagian besar parameter Marshall meningkat, Limbah plastik dari jenis Thermosetting yang digunakan pada beton aspal jenis Laston AC-WC cenderung meningkatkan Density, Stabilitas Marshall, Kelelahan (Flow), VIM, VMA, MQ dan Stabilitas Marshall sisa. Adapun untuk nilai VFA dan VIM Refusal Density cenderung mengalami penurunan (Kusdiyono et al., 2019).

Adapun Limbah plastik HDPE sebagai pengikat bitumen memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi permanen karena stabilitas dan

Marshall Quotient tinggi (Prasetyo et al., 2018). Penambahan limbah plastik sampai kadar limbah plastik 25% dalam campuran aspal porus dapat meningkatkan nilai stabilitas, flow, dan Marshall quotient (Susilowati et al., 2021).

Beton aspal plastik sudah dikembangkan di beberapa daerah seperti di Bekasi dan Bali. Beberapa kelebihan beton aspal dengan penambahan plastik, yaitu tingkat perkerasan yang lebih baik, sulit meninggalkan jejak roda kendaraan saat aspal basah dilalui kendaraan, dan dapat meningkatkan daya tahannya. Penambahan 6 persen limbah plastik terhadap berat aspal pada campuran akan meningkatkan stabilitas sebesar 40% dan lebih tahan terhadap deformasi serta retak lelah (Sumadilaga, 2017). Secara umum, serta kinerja beton aspal menggunakan limbah plastik sebagai bagian substitusi agregat lebih baik dari pada substitusi campuran konvensional (Aschuri et al., 2016).

Penelitian ini menambahkan limbah plastik ke dalam aspal (aspal modifikasi) dengan persentase 0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%. Fungsi aspal dalam campuran perkerasan adalah sebagai pengikat yang bersifat viskoelastis, pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga memudahkan untuk dipadatkan, dan juga sebagai pengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat (Sukirman, 2016). Tujuan penelitian ini dengan memanfaatkan limbah plastik nantinya menjadi solusi dalam mengurangi jumlah limbah plastik dan juga dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal melalui nilai karaktersitik marshall.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini limbah plastik digunakan sebagai bahan tambah dari aspal yang digunakan. Pengujian properties aspal dan agregat yang dilakukan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Tahapan yang digunakan meliputi:

1. Tahapan Persiapan

Tahapan ini meliputi pengadaan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal, dan plastik HDPE. Agregat kasar dan agregat halus merupakan agregat batu pecah yang bersumber dari *stone crusher* di Lubuk Alung. Plastik HDPE diperoleh dari PT. Inocycle Technology Group Tbk (INOV) yang terletak di Medan, Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan yaitu satu set saringan, alat uji pemeriksaan agregat, alat uji pemeriksaan aspal dan alat uji karakteristik campuran agregat dan aspal.

2. Pengujian Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal dan aspal dengan penambahan limbah plastik HDPE terlebih dahulu dilakukan pengujian sesuai dengan metode pengujian yang digunakan.

3. Perencanaan Campuran

Kadar aspal yang digunakan yaitu mulai dari 5% sampai 7%. Total berat aspal yang digunakan sebanyak 1000 gr, kadar plastik yang direncanakan sebesar 0%, 1%, 1,5% dan 2%. Sebagai contoh untuk kadar plastik 1% didapat penambahan limbah plastik ke dalam 1000 gr aspal sebesar 10 gr. Adapun prosesnya yaitu

panaskan aspal dan limbah plastik yang akan dicampurkan. Kemudian plastik yang sudah meleleh ditimbang sesuai dengan kadar persentase penambahannya. Setelah itu campurkan ke dalam aspal yang sudah dipanaskan sebelumnya dan aduk sampai limbah plastik dan aspal tercampur merata.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini agregat ditimbang sesuai dengan perencanaan gradasinya. Setelah itu lakukan panaskan agregat hingga suhu 150°C, timbang Kembali sebelum dicampurkan dengan aspal yang telah dicampurkan dengan limbah plastik sesuai dengan kadar yang direncanakan yaitu 0%, 1%, 1,5% dan 2%. Setelah agregat dan aspal tadi dicampurkan, masukkan campuran tersebut ke dalam cetakan untuk ditumbuk sebanyak 2x75 tumbukan untuk marshall. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap kadar aspal pada marshall.

5. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji yaitu pengujian volometrik dan pengujian marshall dengan menggunakan alat uji marshall. Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* yang digunakan untuk mengukung nilai stabilitas dan *flow* meter yang digunakan untuk mengukur kelelahan (*flow*). Hasil pengujian volometrik dengan menggunakan persamaan didapatkan nilai VIM, VMA dan VFA. Persamaan yang digunakan sebagai berikut (Sukirman, 2016);

$$VMA = \left(100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \quad (1)$$

$$VIM = 100 \frac{(Gmm - Gmb)}{Gmm} \% \quad (2)$$

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

Keterangan

VMA = volume rongga agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

Gmb = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

Ps = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

Gsb = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

VIM = volume rongga dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

Gmm = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

Gmb = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

VFA = volume rongga antara butir agregat yang terisi aspal, % dari VMA

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1 Hasil Pengujian Kualitas Material

Hasil pengujian properties agregat, *filler*, aspal dan aspal modifikasi sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3. Untuk pengujian agregat secara keseluruhan sudah memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga (PUPR, 2018) Untuk pengujian aspal dan aspal modifikasi secara keseluruhan sudah memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018 Revisi 2 tetapi kadar penambahan limbah plastik 2,5% tidak memenuhi standar dalam pengujian daktilitas, sehingga untuk kadar penambahan limbah plastik tidak dilakukan pengujian marshall.

Tabel 1 Hasil pengujian properties agregat kasar, agregat halus dan filler

No	Karakteristik	Hasil
Agregat Kasar		
1	Berat Jenis Bulk : gr	2,49
2	Berat Jenis SSD : gr	2,57
3	Berat Jenis Semu : gr	2,69
4	Los Angeles ; %	22,3
5	AIV (Agregate Impact Value) ; %	15,27
6	ACV (Agregate Crushing Value) ; %	20,49
Agregat Halus		
1.	Berat Jenis Bulk : gr	2,96
2.	Berat Jenis SSD : gr	3,06
3.	Berat Jenis Semu : gr	2,71
Filler		
1	Berat Jenis ; gr/cm ³	2,403

Tabel 2 Hasil pengujian properties aspal

No	Karakteristik	Hasil	Spesifikasi
1.	Berat Jenis ; t/m ³	1,045	≥ 1,0
2.	Penetrasi ; mm	65	60 - 70
3.	Daktilitas ; cm	130	≥ 100
4.	Titik Lembek ; °C	48	≥ 48
5.	Titik Nyala dan Titik Bakar ; °C	331 & 360	≥ 232
6.	Viskositas ; cm ² /detik	148 dan 156	≥ 300
7.	Kehilangan Berat ; %	0,235	≤ 0,8

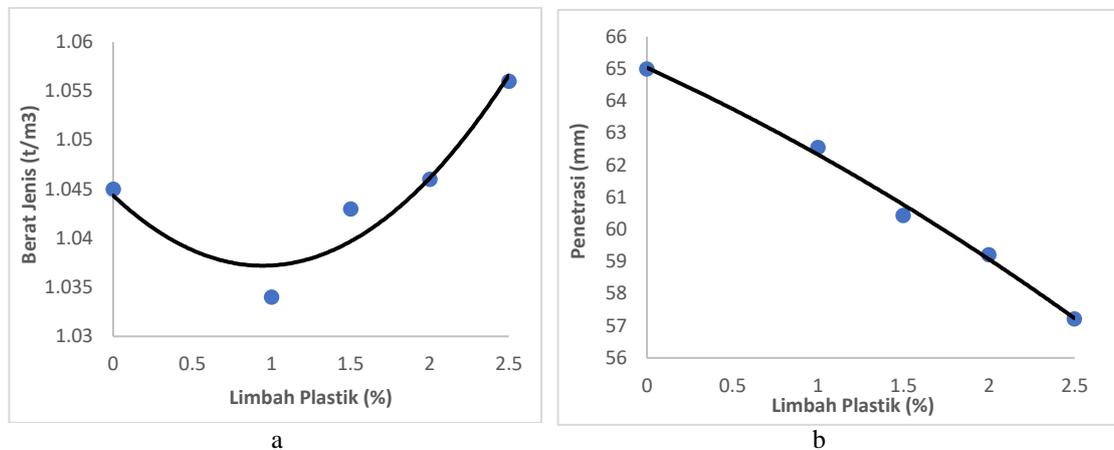
Tabel 3 Hasil pengujian properties aspal modifikasi

No	Karakteristik	Variasi Campuran Aspal Modifikasi				Spesifikasi
		1%	1,50%	2%	2,50%	
1	Berat Jenis; t/m ³	1,034	1,043	1,046	1,056	-
2	Penetrasi; mm	62,56	60,44	59,22	57,22	Dilaporkan ⁽¹⁾
3	Daktilitas; cm	>120	>120	120	60	-
4	Titik Lembek; °C	52,5	53	55	58	Dilaporkan ⁽²⁾
5	Titik Nyala dan Titik Bakar; °C	330 & 363	327 & 345	317 & 340	-	≥ 230
6	Viskositas; cm ² /detik	170 dan 160	175 dan 165	180 dan 170	-	≤ 3000
7	Kehilangan Berat; %	0	0	0	0	≤ 0,8

3.1.1 Berat Jenis

Hasil dari pengujian berat jenis dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 1a. Gambar tersebut menunjukkan semakin bertambahnya limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat nilai berat jenis semakin meningkat. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan limbah

plastik ke dalam campuran aspal membuat rongga dalam campuran aspal mengecil sehingga mengakibatkan penyerapan aspal ke dalam pori semakin mengecil.



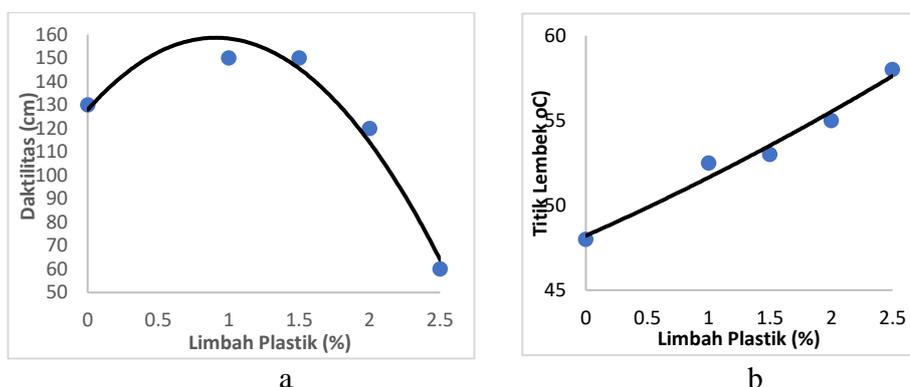
Gambar 1a Grafik berat jenis aspal vs % limbah plastik, 1b. Grafik penetrasi aspal vs % limbah plastic

3.1.2 Penetrasi

Hasil dari pengujian penetrasi dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 1b. Gambar tersebut menunjukkan semakin bertambahnya limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat nilai penetrasi yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini terjadi karena plastik HDPE yang digunakan dalam campuran aspal termasuk kedalam jenis polimer yang memiliki sifat yang mampu menahan beban namun tetap elastis dan HDPE juga memiliki senyawa kimia karbon dimana dengan adanya senyawa ini menambah senyawa kimia yang berada di dalam aspal itu sendiri membuat aspal modifikasi semakin keras.

3.1.3 Daktilitas

Hasil dari pengujian penetrasi dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 2.



Gambar 2a Grafik daktilitas aspal vs % limbah plastik, 2b Grafik titik lembek aspal vs % limbah plastik

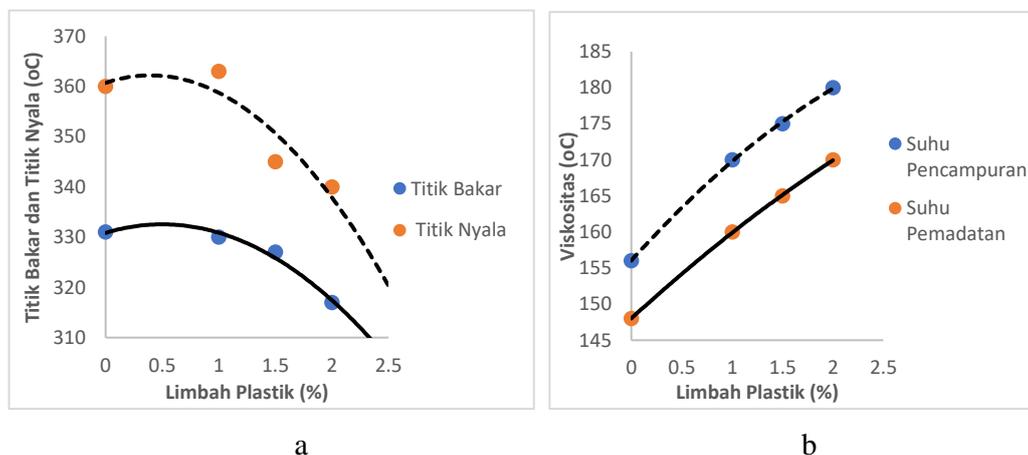
Gambar tersebut menunjukkan nilai daktilitas akan mencapai nilai maksimum pada suatu titik kemudian setelah itu mengalami penurunan, hal ini dikarenakan terlalu banyak penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal menurunkan tingkat elastisitas dan fleksibilitas aspal. Dengan menurunnya tingkat elastisitas dan fleksibilitas aspal membuat campuran aspal yang awalnya plastis namun seiring dengan banyak penambahan limbah plastik membuat campuran aspal menjadi getas.

3.1.4 Titik Lembek

Hasil dari pengujian titik lembek dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 2b. Gambar tersebut menunjukkan nilai titik lembek meningkat seiring dengan penambahan limbah plastik. Hal ini disebabkan karena plastik mempunyai sifat *high temperature resistance* yaitu membutuhkan suhu yang tinggi untuk bisa dilunakkan sehingga dengan adanya penambahan limbah plastik membuat aspal menjadi keras dan melunak pada suhu tinggi.

3.1.5 Titik Bakar dan Titik Nyala

Hasil dari pengujian titik bakar dan titik nyala dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 3a. Gambar tersebut menunjukkan nilai titik bakar dan titik nyala menurun seiring dengan penambahan limbah plastik. Hal ini disebabkan dengan sifat kimia hidrogen dari limbah plastik HDPE yang merupakan unsur gas yang mudah terbakar sehingga saat limbah plastik ditambahkan ke campuran aspal membuat campuran aspal tersebut cepat mencapai titik bakar dan titik nyala ketika aspal tersebut dipanaskan.



Gambar 3a Grafik titik bakar vs % limbah plastik dan titik nyala aspal, 3b Grafik viskositas aspal vs % limbah plastik

3.1.6 Viskositas

Hasil dari pengujian viskositas dengan penambahan limbah plastik pada campuran beraspal disajikan pada gambar 3b. Gambar tersebut menunjukkan semakin banyak penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat suhu pencampuran dan suhu pematatan semakin tinggi. Hal ini disebabkan dengan

penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat campuran aspal tersebut menjadi encer sehingga membutuhkan suhu yang tinggi saat mencampurkan dan memadatkan.

3.2 Hasil Pengujian Marshall pada Kondisi KAO

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah kadar aspal yang memenuhi spesifikasi (VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan Kelelehan). Kadar aspal optimum tergantung pada jenis campuran, gradasi campuran, berat jenis agregat dan berat jenis aspal. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan parameter yang lainnya dari pengujian marshall dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian Marshall pada benda uji kondisi KAO

Sifat – Sifat Campuran	Hasil Pengujian				Spesifikasi	
	0%	1%	1,50%	2%	AC-WC	AC-WC mod
KAO marshall; %	6,45	6,3	6,25	6,2	-	-
VIM; %	4,47	3,54	4,34	3,25	3 – 5	3 – 5
VMA; %	21,97	20,78	21,34	20,85	≥ 15	≥ 15
VFA; %	79,38	83,06	79,73	84,37	≥ 65	≥ 65
Stabilitas; kg	1043,95	1357,75	1215,92	1907,98	≥ 800	≥ 1000
Kelelehan; mm	2,72	3,37	3,28	3,49	2 – 4	2 – 4
Kepadatan	2,276	2,308	2,291	2,303	-	-
Kelelahan; Kg/mm	393,3	442,43	410,06	598,2	≥250	≥250

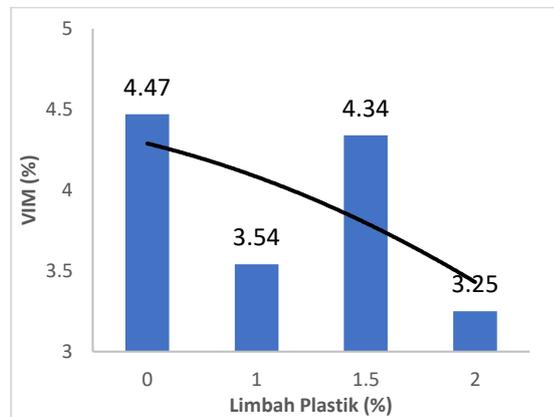
3.2.1 Rongga Udara di dalam Campuran (VIM)

Hasil dari pengujian VIM dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan semakin banyak penambahan limbah plastik ke dalam campuran beraspal membuat nilai VIM semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya limbah plastik membuat semakin kentalnya campuran aspal tersebut, dengan kentalnya campuran aspal mengakibatkan sulitnya campuran aspal tersebut masuk ke rongga dalam campuran sehingga nilai VIM yang dihasilkan semakin kecil. Semakin kecilnya rongga di dalam campuran membuat aspal semakin padat. Nilai VIM yang didapat dipengaruhi oleh kepadatan, dimana nilai kepadatan meningkat seiring dengan rapatnya atau sedikitnya rongga udara pada campuran aspal. Secara keseluruhan nilai VIM yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar 3%-5%.

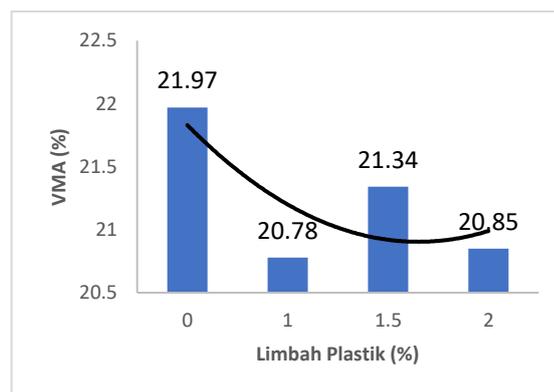
3.2.2 Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Hasil dari pengujian VMA dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 8. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat nilai VMA semakin rendah. Hal ini dikarenakan penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat

campuran aspal tersebut semakin padat atau nilai kepadatannya bertambah mengakibatkan penurunan pada nilai VMA. Secara keseluruhan nilai VMA yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar $\geq 15\%$.



Gambar 7 Grafik nilai VIM dengan penambahan limbah plastik



Gambar 8 Grafik nilai VMA dengan penambahan limbah plastik

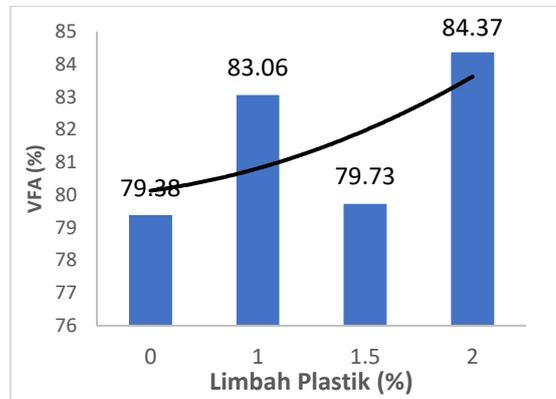
3.2.3 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Hasil dari pengujian VFA dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 9. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik membuat nilai VFA semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena campuran aspal dengan penambahan limbah plastik memiliki nilai VIM dan VMA yang kecil jika dibandingkan dengan campuran aspal tanpa tambahan limbah plastik. Secara keseluruhan nilai VFA yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar $\geq 65\%$.

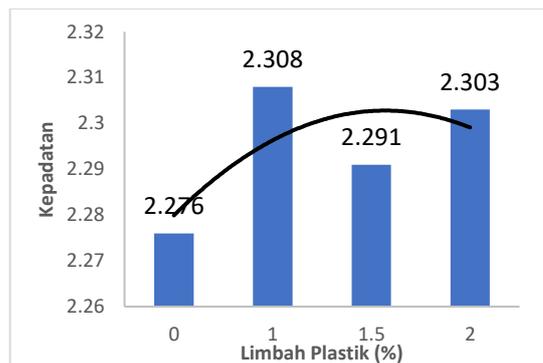
3.2.4 Kepadatan

Hasil dari pengujian kepadatan dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 10. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik membuat nilai kepadatan akan meningkat sampai pada suatu titik kemudian

nilai kepadatan tersebut akan menurun. Hal ini terjadi karena rongga dalam campuran aspal terisi oleh limbah plastik seiring dengan peningkatan kadar aspal sampai mencapai kepadatan maksimum. Ketika mencapai kepadatan maksimum yang mana seluruh rongga telah terisi oleh limbah plastik, semakin bertambahnya limbah plastik tidak akan dapat mengisi rongga lagi.



Gambar 9 Grafik nilai VFA dengan penambahan limbah plastik



Gambar 10 Grafik nilai VFA dengan penambahan limbah plastik

3.2.5 Stabilitas

Hasil dari pengujian stabilitas dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik membuat nilai stabilitas semakin tinggi. Hal ini disebabkan dengan penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal membuat gaya *interlocking* pada campuran aspal semakin bertambah dan menutup celah-celah antar agregat yang ada sehingga memperkokoh sifat *interlocking* pada campuran aspal. Secara keseluruhan nilai stabilitas yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar ≥ 800 kg (AC-WC) dan ≥ 1000 kg (AC-Mod).

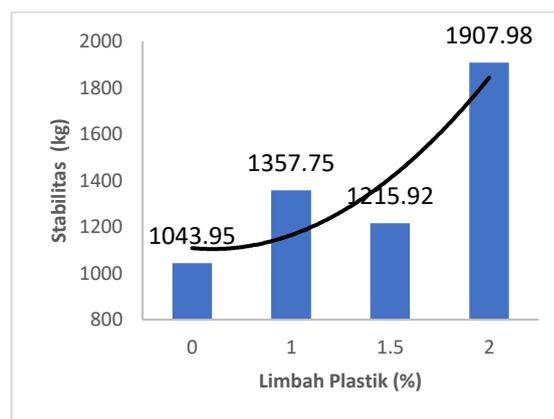
3.2.6 Kelelehan (Flow)

Hasil dari pengujian kelelehan dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 12. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik membuat nilai kelelehan semakin tinggi. Hal ini disebabkan dengan

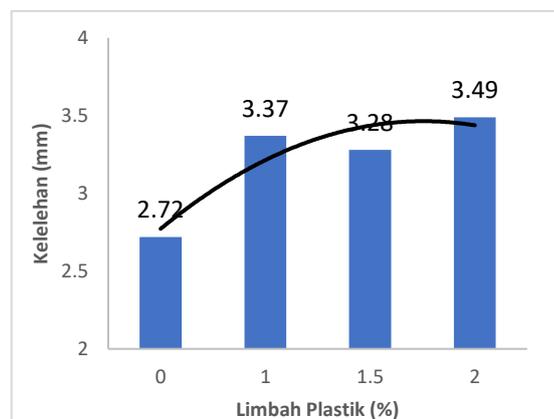
penambahan limbah plastik membuat campuran aspal tersebut mengental sehingga menjadikan campuran aspal tersebut plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk. Semakin besarnya deformasi akibat beban lalu lintas semakin meningkat pula nilai *flow* pada campuran aspal dengan penambahan limbah plastik. Secara keseluruhan nilai kelelahan yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar $\geq 3\text{mm}$.

3.2.7 Kelelahan (*Marshall Question*)

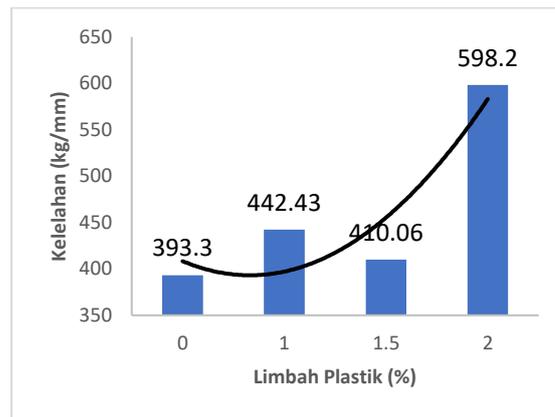
Hasil dari pengujian kelelahan dengan penambahan limbah plastik disajikan pada gambar 13. Gambar tersebut menunjukkan semakin besar penambahan limbah plastik membuat nilai kelelahan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan dari nilai stabilitas yang juga mengalami hal demikian yaitu semakin tinggi nilainya dengan penambahan limbah plastik. Semakin tinggi nilai kelelahan membuat campuran tersebut kaku dan memiliki fleksibilitas yang rendah sehingga campuran lebih mudah mengalami retak (*cracking*). Secara keseluruhan nilai kelelahan yang didapatkan pada setiap penambahan limbah plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 yaitu sebesar $\geq 250\text{kg/mm}$.



Gambar 11 Grafik nilai stabilitas dengan penambahan limbah plastik



Gambar 12 Grafik nilai kelelahan dengan penambahan limbah plastik



Gambar 13 Grafik nilai kelelahan dengan penambahan limbah plastik

4 Kesimpulan dan Saran

4.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian campuran AC-WC dengan menggunakan limbah plastik sebagai bahan tambah aspal yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang didapatkan nilai KAO marshall pada campuran AC-WC 6,45 % pada variasi 0% penambahan limbah plastik, 6,30 % pada variasi 1% penambahan limbah plastik, 6,25% pada variasi 1,5% penambahan limbah plastik, dan 6,20% pada variasi 2% penambahan limbah plastik. Dengan semakin penambahan persentase limbah plastik sebagai bahan tambah aspal pada campuran AC-WC maka akan semakin turun nilai KAO marshall yang didapatkan.
2. Penambahan limbah plastik ke dalam campuran AC-WC menunjukkan stabilitas Marshall yang semakin tinggi, nilai flow yang semakin tinggi, nilai kepadatan yang semakin tinggi, nilai VIM yang semakin rendah, nilai VMA yang semakin rendah serta nilai VFA yang semakin tinggi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi 2% penambahan limbah plastik memiliki kinerja VIM, VMA, dan VFA yang terbaik dibandingkan dengan variasi penambahan limbah plastik yang lainnya hal ini dikarenakan mempunyai nilai VIM dan VMA yang rendah tetapi membuat nilai persentase rongga yang terselimuti oleh aspal (VFA) semakin besar. Dengan nilai VFA yang besar menunjukkan bahwa variasi 2% memiliki nilai stabilitas dan kepadatan yang tinggi dibandingkan dengan variasi yang lainnya.

4.3 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perlu adanya penelitian lain dengan menggunakan jenis campuran yang berbeda seperti pada lapisan AC-BC atau lapisan AC Base sebagai pembanding terhadap penelitian yang telah dilakukan pada lapisan AC-WC. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan limbah plastik sebagai substitusi pada campuran AC-WC sebagai pembanding terhadap penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai bahan tambah (*additive*).

Ucapan Terima Kasih

Dalam penyusunan penelitian ini tidak terlepas dari dukungan beberapa pihak. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih kepada jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang dan Kementerian PUPR Provinsi Sumbar yang memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar.

Daftar Kepustakaan

- Aschuri, I., Yamin, A., & Widyasih, Y. D. (2016). The use of waste plastic as a partial substitution aggregate in asphalt concrete pavement the use of waste plastic as a partial substitution aggregate. *TEKNIK SIPIL ITB*, 23(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.1.1>
- D Situmorang, H. (2021, June 25). 4,8 Juta ton per tahun sampah plastik di indonesia tidak dikelola dengan baik. *BeritaSatu.Com*, 1–3. <https://www.beritasatu.com/nasional/792091/48-juta-ton-per-tahun-sampah-plastik-di-indonesia-tidak-dikelola-dengan-baik>
- Kusdiyono, K., Supriyadi, S., Mulyono, T., & Sukoyo, Sukoyo. (2019). Pengaruh penambahan limbah plastik jenis thermosetting terhadap parameter Marshall laston AC-WC. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 24(2), 166–179. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32497/wahanats.v24i2.1733>
- Pertiwi A, F., Dwi Yanti, O., Mahmuda, M., & Sumiati, S. (2018). Pengaruh penggunaan aspal modifikasi limbah plastic HDPE terhadap perubahan suhu pada laston AC-WC. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 14–21. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/1912>
- Prasetyo, H., Dwi Hartantyo, S., Pratikto, H., & Wahyudiono, H. (2018). Penggunaan limbah polietilen densitas tinggi sebagai pengubah bitumen dalam campuran beton aspal. *Ukars*, 2(1), 67–76. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30737/ukarst.v2i1.102>
- PUPR, K. (2018). *Spesifikasi umum 2018*. https://binamarga.pu.go.id/v3/assets/files/NSPK/pembangunan_jalan/2018_Spesifikasi%20Umum%202018%20TERKENDALI%20FINAL.pdf
- Rahmawati, A. (2015). Pengaruh penggunaan plastik polyethylene (PE) dan high density polyethylene (HDPE) pada campuran laston-WC terhadap karakteristik Marshall. *Ilmia Semesta Teknika*, 18(2), 147–159. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/st.v18i2.1816>
- Setyarini, N. L. P. S. E., Tajudin, A. N., & Pratama, J. (2019). Karakteristik marshall lapisan aus aspal beton menggunakan agregat terselimut limbah plastik LDPE (Low Density Polyethylene). *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 3(1), 123. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v3i1.1697>

- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas* (Vol. 4). Institut Teknologi Nasional.
<http://ebook.itenas.ac.id/repository/9df74dd5f5afcf366e0fffb21e5a8a92.pdf>
- Sumadaliga. (2017, October 19). *Kementerian PUPR Lanjutkan Ujicoba Penggunaan Aspal Campuran Limbah Plastik*. Biro Komunikasi Publik Kementerian PUPR. <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-lanjutkan-ujicoba-penggunaan-aspal-campuran-limbah-plastik>
- Susilowati, A., Wiyono, E., & Pratikto, P. (2021). Pemamfaatan limbah plastik sebagai bahan tambah pada beton aspal campuran panas. *Bangun Rekaprima*, 7(2), 15–21.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v7i2,%20Oktober.2993>

Copyright (c) Mukhlis, Fauna Adibroto, Syaifullah Ali, Ahmad Fauzi, Ivan Padilah