Jurnal Teknik Sipil
p-ISSN 2088-9321
e-ISSN 2502-5295
Volume 12 No. 2, November 2023

STUDI PENAMBAHAN VARIASI CAMPURAN PLASTIK JENIS HDPE PADA CAMPURAN ASPAL PENETRASI 60/70 UNTUK LAPIS AUS AC-WC

Ihsan Nofriandi[1], Wan Alamsyah[1], Ellida Novita Lydia[1*]
[1)]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samudra
Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Langsa Lama, Langsa City, Aceh, 24416

[*)]email: ellidanovita@unsam.ac.id

Diterima : 14 Maret 2023
Direvisi : 11 Juli 2023
Disetujui : 07 Agustus 2023
Diterbitkan : 30 November 2023

Abstract: *Roads are the main infrastructure as a means of national and regional economy. The asphalt mixture in the AC-WC coating has several weaknesses such as being susceptible to water and often experiencing permanent deformation (change in shape) caused by too much pressure such as vehicle loads. The AC – WC mixture usually only uses a mixture of hot aggregate and asphalt, so in this study, HDPE plastic was added as an additional ingredient in the asphalt mixture. This study aims to determine the better characteristics of asphalt marshalls by using the utilization of HDPE-type plastic waste as an additive in asphalt mixtures compared to conventional asphalt mixtures. The test was carried out in the laboratory of the Kota Langsa PUPR Office. In assessing marshal characteristics using the standard criteria for Bina Marga and SNI, there are 7 criteria to determine the perfection of the asphalt mixture on marshall characteristics, consisting of Density (density), Void In Mix (VIM), Void In The Mineral Aggregate (VMA), Void Filled Bitumen (VFB), Stability (stability), flow (melting), Marshall Quotient (MQ). Based on the test results, it was obtained that 6.2% KAO was produced from the planned asphalt content (6.1%, 6.3%, 6.5%). The most stable asphalt mixture with HDPE plastic, namely asphalt mixture with an HDPE percentage of 12%, with a composition of Marshall characteristic values, has increased compared to normal mixtures so that the mixture has a level of structural stiffness and better water resistance compared to conventional asphalt mixtures.*

Keywords : *Asphalt Mixture, Marshall Testing, KAO, HDPE*

Abstrak: Jalan merupakan infrastruktur utama sebagai sarana perekonomian nasional dan daerah. Campuran aspal pada lapisan AC-WC memiliki beberapa kelemahan seperti rentan terhadap air dan sering mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan oleh tekanan yang terlalu berat seperti beban kendaraan, untuk mengatasi permasalahan pada lapisan AC-WC tersebut dengan cara meningkatkan mutu aspal. Pada campuran AC – WC biasanya hanya menggunakan campuran agregat dan aspal panas, maka pada penelitian ini ditambahkan bahan plastik HDPE sebagai bahan tambahan pada campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall aspal yang lebih baik dengan menggunakan pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal dibandingkan dengan campuran aspal konvensional. Pengujian dilakukan di laboratorium Dinas PUPR Kota Langsa. Dalam menilai karakteristik marshal menggunakan standar kriteria Bina Marga dan SNI yaitu terdapat 7 kriteria untuk menentukan kesempurnaan campuran aspal pada karakteristik marshall, terdiri dari: *Density* (kepadatan), *Void in Mix* (VIM), *Void In The Mineral Agregate* (VMA), *Void Filled Bitumen* (VFB), *Stability* (stabilitas), *flow* (kelelehan), *Marshall Quontient* (MQ). Berdasarkan hasil pengujian diperoleh KAO sebesar 6,2% yang dihasilkan dari kadar aspal rencana (6,1%, 6,3%, 6,5%). Pada campuran aspal dengan plastik HDPE yang paling stabil yaitu campuran aspal dengan persentase HDPE sebesar 12% dengan komposisi nilai karakteristik marshall mengalami peningkatan dibanding campuran normal, sehingga campuran tersebut memiliki tingkat struktur kekakuan dan tingkat kedap air lebih baik dibandingkan campuran aspal konventional.

Kata kunci : Campuran Beraspal, Pengujian Marshall, KAO, HDPE

1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu infrastruktur prasarana transportasi yang dibuat oleh manusia yang berfungsi untuk memudahkan masyarakat guna kepentingan mobilisasi setiap harinya. Infrastruktur jalan merupakan aset ekonomi milik publik yang amat strategis untuk tingkat pelayanan dan kondisinya harus dipelihara secara berkesinambungan [1]. Struktur perkerasan jalan mempunyai peran penting dalam memberikan pelayanan yang optimal terhadap masyarakat agar terciptanya pemerataan pembangunan. Dengan bertambahnya volume lalu lintas, struktur perkerasan berubah karena kondisi cuaca dan umur perkerasan [2].

Campuran aspal beton merupakan campuran dari gabungan antara batuan (agregat kasar dan halus) dengan aspal sebagai bahan pengikatnya, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu tertentu [3]. Campuran aspal memiliki beberapa kelemahan seperti rentan terhadap air serta sering mengalami deformasi yang diakibatkan oleh tekanan yang terlalu berat seperti beban kendaraan yang berlebihan [4].

Dengan meningkatnya volume lalu lintas jalan selama beberapa tahun belakangan ini, menjadi salah satu penyebab naiknya tingkat kerusakan jalan [5]. Untuk mengurangi proses kerusakan tersebut diperlukan beberapa tindakan antara lain dengan meningkatkan pemeliharaan jalan, perbaikan desain perkerasan jalan, dan meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan. Salah satu cara mencegah terjadinya kerusakan dini pada perkerasan aspal akibat beban kendaraan dan pengaruh air adalah dengan cara meningkatkan mutu aspal. Cara yang sering digunakan untuk meningkatkan mutu aspal adalah dengan menambah zat aditif ke dalam campuran aspal seperti jenis polimer [6]. Campuran aspal plastik ini memiliki kelebihan seperti tidak mudah meninggalkan jejak roda kendaraan saat aspal yang dalam kondisi basah dilalui oleh kendaraan, meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi atau alur, dan meningkatkan ketahanan terhadap retak [7].

Lapisan aspal beton (Laston) yang memiliki stabilitas jika dipergunakan untuk campuran plastik adalah lapisan aus AC-WC, karena lapisan AC-WC merupakan lapisan yang langsung berhubungan dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan, serta memberikan lapisan AC-WC kedap air untuk lapisan dibawahnya [8].

Penambahan jenis polimer terhadap aspal bisa meningkatkan kekakuan terhadap mutu aspal. Peningkatan kekakuan akan meningkatkan kualitas perkerasan terhadap kerusakan struktur jalan (*rutting*) terutama pada musim panas dengan suhu cuaca yang cukup tinggi. Khusus penelitian ini jenis polimer yang digunakan adalah HDPE (*High Density Polyethylene*) [9].

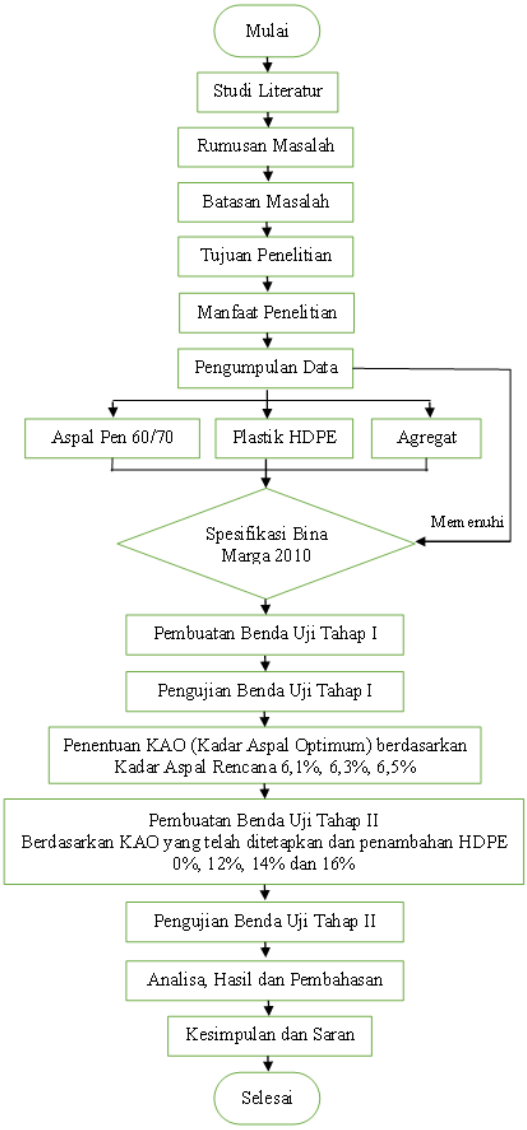
HDPE adalah polimer yang berdensitas tinggi dengan berat jenis kurang lebih 0.965 g/cm^3. Salah satu keunggulan dari HDPE terhadap campuran aspal yaitu dapat meningkatkan *skid resistance* yang fungsinya bisa menurunkan kemungkinan terjadinya rasio kecelakaan sebesar 47,32% pada kendaraan yang disebabkan oleh kondisi permukaan aspal yang licin akibat pada saat musim hujan [10].

Penggunaan aspal modifikasi dengan bahan plastik HDPE bisa mengurangi kerusakan yang sering terjadi pada aspal dikarenakan jenis plastik ini dapat menahan tingkat kelelehan yang disebabkan oleh kondisi daerah dengan suhu cuaca diatas 30°C [11]. Penelitian penambahan limbah plastic HDPE pada campuran aspal AC-WC telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Kumita dengan persentase penambahan limbah plastic HDPE sampai 25% dan memberikan hasil penurunan nilai stabilitas dibandingkan dengan persentase HDPE < 25% [12] . Tetapi penggunaan kadar aspal optimum (KAO) bervariasi. Kadar aspal rencana atau KAO yang digunakan hanya sampai 6%. Persentase penambahan limbah plastic HDPE kurang dari persentase nilai KAO akan menghasilkan nilai marshall aspal dibawah standar yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall aspal yang lebih baik dengan menggunakan pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal dibandingkan dengan campuran aspal konvensional.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi eksperimen yang dilakukan pada skala laboratorium PUPR kota Langsa, yang nantinya akan dilakukan beberapa pengujian sampel benda uji terhadap *marshall test* yang dicampur dengan plastik jenis *High density polyethylene* (HDPE) untuk campuran beraspal panas. Skala pengujian dilakukan berdasarkan aturan dan spesifikasi Bina Marga 2018. Langkah yang dilakukan yaitu mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pabrik AMP Aceh Timur berupa material aspal dan agregat serta limbah plastik HDPE. Data Sekunder yang didapatkan melalui riset kepustakaan laboratorium PUPR. Penelitian terkait campuran

aspal modifikasi, di dalamnya terdapat 7 kriteria untuk menentukan kesempurnaan campuran aspal pada karakteristik marshall, mencakup: *Density* (kepadatan), *Void In Mix* (VIM), *Void In The Mineral Agregate* (VMA), *Void Filled Bitumen* (VFB), *Stability* (stabilitas), *flow* (kelelehan), *Marshall Quontient* (MQ) yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 [13].



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Rancangan penelitian penambahan HDPE pada campuran aspal AC-WC dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

a. Pengujian karakteristik marshall untuk mendapatkan nilai KAO dari kadar aspal rencana (6,1%, 6,3%, 6,5%)

Tabel 1. Benda uji campuran normal

Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji	Jumlah Tumbukan
6,1%	3	2 x 75
6,3%	3	2 x 75
6,5%	3	2 x 75

b. Pengujian karakteristik marshall untuk mendapatkan nilai Karakteristik marshall yang stabil dari campuran KAO + HDPE

Tabel 2. Benda uji campuran KAO + HDPE

Kadar Aspal	HDPE	Jumlah Benda Uji	Jumlah Tumbukan
KAO	0%	3	2 x 75
KAO	12%	3	2 x 75
KAO	14%	3	2 x 75
KAO	16%	3	2 x 75

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada pengujian ini meliputi hasil pengujian benda uji dan pemeriksaan terhadap nilai – nilai karakteristik marshall dalam menentukan nilai kepadatan (*density*), stabilitas, flow, rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA) dan marshall Quotien (MQ) yang dari nilai – nilai tersebut nantinya akan diperoleh berapa nilai dari Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan ditentukan.

Agregat yang digunakan pada penelitian ini telah dilakukan pengujian karakteristik sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Berikut hasil pengujian karakteristik agregat. Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian bahwa kadar aspal optimum yang digunakan dalam campuran limbah HDPE bervariasi, yaitu dari nilai KAO 4,45% hingga 6%. Kandungan aspal yang diharapkan pada penelitian ini adalah 6,1%, 6,3–6,5% untuk mendapatkan nilai KAO standar.

Berdasarkan pengujian marshall dari kadar aspal rencana (6,1%, 6,3%, 6,5%) masing- -masing 3 benda uji dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 tumbukan setiap bidang diperoleh parameter marshall seperti pada **Tabel 3**.

Dari hasil parameter marshall pada **Tabel 3** dengan kadar aspal rencana pada **Tabel 4** yang sudah ditentukan diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,2 %, dimana pada kedua sifat karakteristik marshall yaitu flow dan VIM nilai keduanya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga

2010 atau bisa dikatakan data keduanya tidak bisa diterapkan untuk perencanaan jalan, karena nilai yang error akan beresiko terhadap jalan yang akan direncanakan kedepannya.

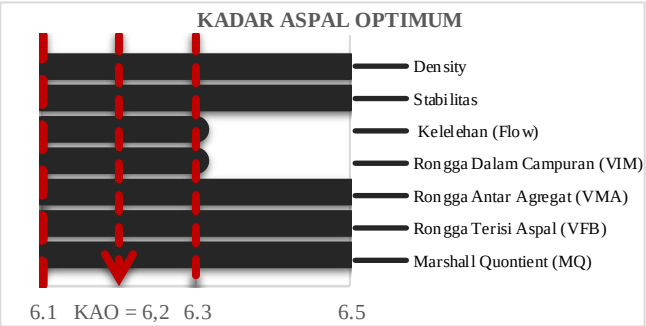
Tabel 3. Hasil uji karakteristik agregat

Jenis Pemeriksaan		Satuan	Hasil		Spesifikasi
			Terhadap total agregat	Terhadap total campuran	
Abrasi	Type B	(%)	28,32		Maks. 40%
Komposisi Campuran	Batu pecah 3/4"	(%)	10	9,43	
	Batu pecah 3/8"	(%)	30	28,28	
	Dust	(%)	48	45,25	
	Pasir	(%)	10	9,43	
	Filler	(%)	2	1,89	Min 1 %
	Additif	(%)	0,3	0,02	0,2 - 0,4
	Aspal Optimum	(%)	6,07	5,72	
Gradasi Campuran	3/4"	(%)	100,00		100
	1/2"	(%)	92,10		90 - 100
	3/8"	(%)	84,45		77 - 90
	No. 4	(%)	55,04		53 - 69
	No. 8	(%)	37,24		33 - 53
	No. 16	(%)	25,62		21 - 40
	No. 30	(%)	16,40		14 - 30
	No. 50	(%)	9,38		9 - 22
	No. 100	(%)	7,05		6 - 15
	No. 200	(%)	4,91		4 - 9

Campuran aspal dengan nilai KAO yang telah ditetapkan akan ditambahkan dengan plastic HDPE dengan persentase 12%, 14%, dan 16%. Persentase limbah plastic ditentukan lebih besar dari nilai KAO. Hal ini disebabkan pada penelitian Dharma Putra Mahardhika nilai KAO yang digunakan sebesar 6 % dengan campuran limbah plastic HDPE sebesar 1%, 2%, 3% dan 4 % menghasilkan nilai karakteristik marshal tidak memenuhi standar [14]. Selain itu Odelia Ika Kumalang Tias dalam pada penelitiannya dengan KAO 6% dan HDPE 5% menghasilkan karakteristik marshall yang memenuhi standar yang telah ditetapkan [8].

Tabel 4. Benda uji campuran normal

No	Parameter marshall	Kadar aspal			Spesifikasi
		6,1%	6,3%	6,5%	
1	Density (gr/cm^3)	2,325	2,330	2,340	-
2	VIM (%)	3,80	3,33	2,64	3 – 5
3	VMA (%)	15,67	15,68	15,51	>15
4	VFB (%)	75,75	78,79	82,96	>65
5	Stabilitas (Kg)	1793	1696	1603	>800
6	Flow (mm)	3,44	3,74	4,08	2 – 4
7	MQ (kN/mm)	521	454	393	>250



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)

Plastik HDPE di iris dan dilarutkan dalam aspal pen 60/70 menjadi benda uji sesuai dengan persentase yang ditetapkan. Pada pengujian marshall berikutnya yaitu campuran aspal KAO yang ditambahkan dengan plastik HDPE seperti pada **Tabel 5.**

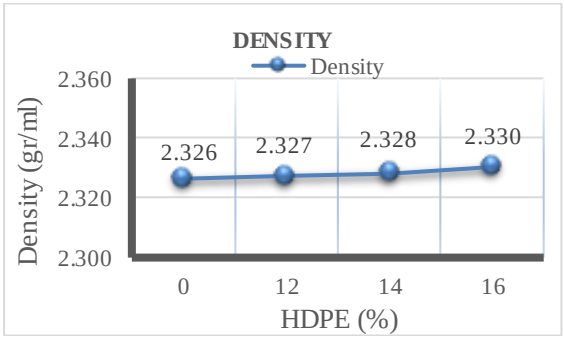
Dari **Tabel 5** memperlihatkan nilai campuran aspal normal/konvensional dengan campuran + HDPE memiliki nilai yang berbeda-beda, hal ini membuktikan bahwa jenis polimer jika ditambahkan kedalam campuran aspal akan berpengaruh terhadap sifat kekakuan aspal itu sendiri.

Tabel 5. Benda uji campuran KAO + HDPE

No	Parameter marshall	KAO 6,2%			
		0%	12%	14%	16%
1	Density (gr/cm^3)	2,326	2,327	2,328	2,330
2	VIM (%)	3,61	3,58	3,53	3,45
3	VMA (%)	15,71	15,69	15,64	15,57
4	VFB (%)	77,04	77,19	77,48	77,87
5	Stabilitas (Kg)	1729	1776	1797	1840
6	Flow (mm)	3,56	3,66	3,79	4,01
7	MQ (kN/mm)	486,7	486,5	475,5	461,8

Hubungan antara kadar plastik dan aspal dapat dilihat dari uraian dan grafik berikut.

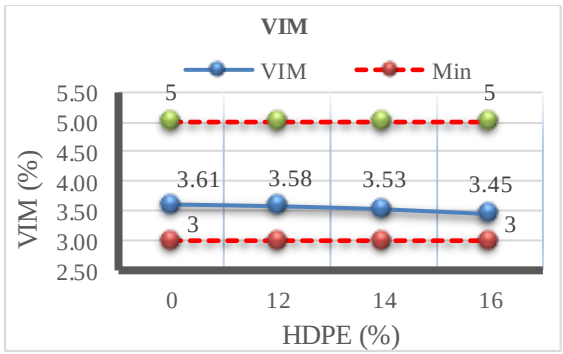
Density



Gambar 3. Grafik hubungan HDPE dengan density

Dari **Gambar 3**. dapat dilihat bahwa dengan menambahkan persentase HDPE memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai *Density* pada campuran tersebut. Dimana jika nilai density semakin tinggi atau besar maka campuran aspal akan mempunyai kerapatan dan kepadatan yang baik [15], dan campuran aspal akan kecil kemungkinan terjadinya pengeroposan aspal yang disebabkan oleh air yang masuk kedalam campuran aspal.

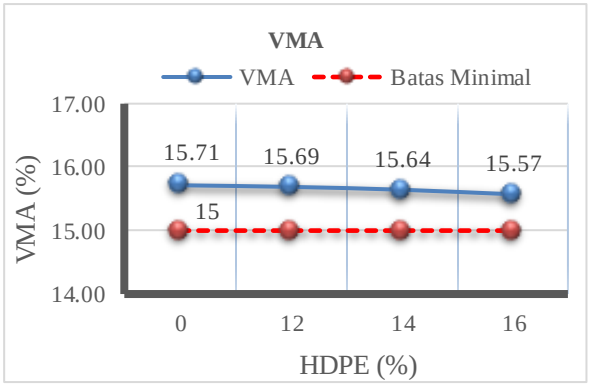
VIM (Void In Mix)



Gambar 4. Grafik hubungan HDPE dengan VIM

VIM merupakan rongga udara pada campuran aspal, dimana dalam penggunaan HDPE yang semakin meningkat terhadap campuran aspal akan memberikan pengaruh terhadap turunnya nilai VIM pada campuran aspal. Pada **Gambar 4**. diatas dapat dilihat bahwa penggunaan HDPE dapat membuat nilai VIM mengalami defisit karena plastik HDPE akan menggantikan dan mengisi rongga-rongga udara pada campuran yang mengakibatkan nilai VIM akan menurun. VIM sangat berkaitan dengan VFB dimana ketika selisih turunnya nilai VIM antara 2 benda uji karena penggunaan HDPE yang menggantikan selisih nilai tersebut adalah VFB yang nilainya akan mengalami peningkatan.

VMA (Void In The Mineral Agregate)



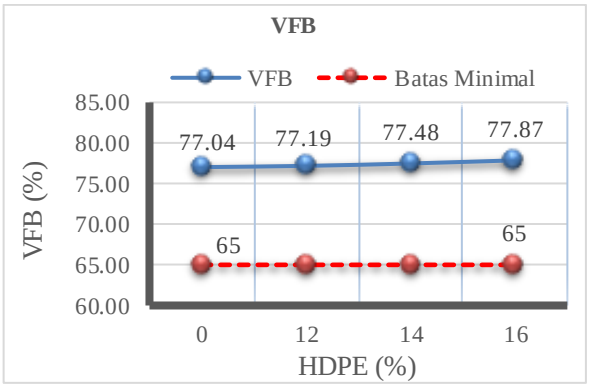
Gambar 5. Grafik hubungan HDPE dengan VMA

VMA merupakan rongga antar agregat pada campuran aspal, dimana dalam penggunaan plastik HDPE yang semakin meningkat terhadap campuran aspal akan memberikan pengaruh terhadap turunnya nilai VMA pada campuran aspal. Pada **Gambar 5**. diatas dapat dilihat bahwa penggunaan HDPE dapat membuat nilai VMA mengalami defisit karena plastik HDPE akan memberikan pengaruh terhadap berat isi yang nilainya terus meningkat, sehingga berat isi inilah yang menjadi salah satu faktor dalam menentukan naik atau turunnya nilai VMA pada campuran aspal.

VFB merupakan rongga terisi aspal pada campuran aspal, dimana dalam penggunaan plastik HDPE yang semakin meningkat terhadap campuran aspal akan memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai VFB pada campuran aspal. Pada **Gambar 6**. diatas dapat dilihat bahwa penggunaan plastik HDPE dapat membuat nilai VFB mengalami eskalasi, karena VFB sangat berkaitan dengan VIM dimana ketika penggunaan HDPE akan membuat nilai VIM menurun maka selisih penurunan nilai tersebut yang menggantinya adalah nilai VFB, sehinnga faktor inilah yang mengakibatkan nilai VFB

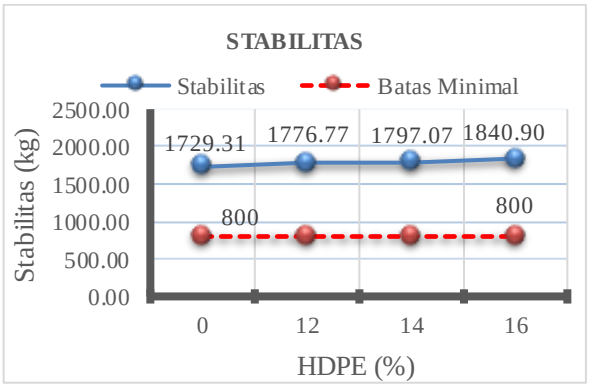
meningkat seiring dengan penggunaan plastik HDPE.

VFB (Void Filled Bitumen)



Gambar 6. Grafik hubungan HDPE dengan VFB

Stabilitas

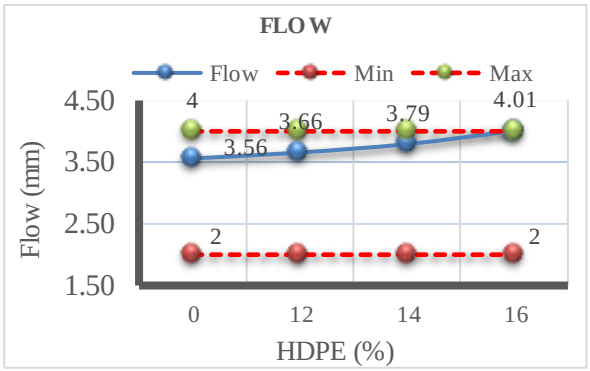


Gambar 7. Grafik hubungan HDPE dengan Stabilitas

Stabilitas merupakan sifat kekakuan pada campuran aspal, dimana dalam penggunaan plastik HDPE yang semakin meningkat terhadap campuran aspal akan memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai Stabilitas pada campuran aspal. Pada **Gambar 7**. diatas dapat dilihat bahwa penggunaan plastik HDPE dapat membuat nilai Stabilitas mengalami eskalasi, karena penambahan plastik HDPE yang dicampur dengan aspal akan membuat nilai penetrasi pada aspal menurun, nilai penetrasi yang menurun justru akan mengakibatkan nilai stabilitas meningkat, faktor inilah yang menyebakan dengan menambahkan HDPE pada campuran aspal akan membuat nilai Stabilitas mengalami eskalasi.

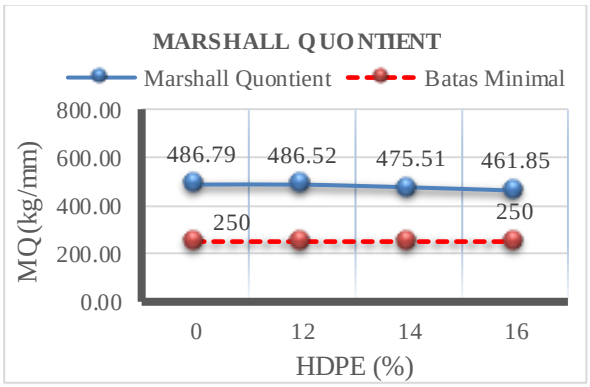
Flow (Kelelehan)

Flow merupakan sifat kelelehan pada campuran aspal, dimana dalam penggunaan plastik HDPE yang semakin meningkat terhadap campuran aspal akan memberikan pengaruh terhadap meningkatnya nilai flow pada campuran aspal. Pada **Gambar 8**. diatas dapat dilihat bahwa penggunaan plastik HDPE dapat membuat nilai flow mengalami eskalasi, karena penambahan plastik HDPE yang dicampur dengan aspal akan terjadi proses pengentalan plastik didalam aspal tersebut sehingga mengakibatkan naiknya nilai flow.



Gambar 8. Grafik hubungan HDPE dengan Flow

Marshall Quontient (MQ)



Gambar 9. Grafik hubungan HDPE dengan MQ

Marshall Quontient merupakan indikator kekakuan campuran aspal, dimana untuk menentukan nilai Marshall Quontient ini dengan membandingkan antara rasio stabilitas terhadap flow. Pada **Gambar 9** dapat dilihat bahwa penggunaan plastik HDPE dapat membuat nilai Marshall Quontient mengalami devisit, karena turunnya nilai Marshall Quontient ini dipengaruhi terhadap kedua sifat lainnya yaitu Stabilitas dan flow.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil keseluruhan diatas, maka dapat disimpulkan. Didapatkan nilai KAO sebesar 6,2% yang diperoleh dari kadar aspal rencana (6,1%, 6,3%, 6,5%). Persentase campuran aspal + HDPE yang memiliki nilai paling stabil adalah campuran

aspal dengan persentase HDPE 12%.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan bahwasanya campuran aspal konvensional dengan campuran aspal + HDPE memiliki perbandingan yang signifikan untuk sifat kekakuan (stabilitas), dimana pada campuran aspal KAO 6,2% + HDPE 0% memiliki nilai stabilitas sebesar 1729,31 kg sedangkan campuran + HDPE 12%, 14%, dan 16% masing-masing memiliki nilai stabilitas sebesar 1776,77 kg, 1797,07, dan 1840,90 kg. Dari data tersebut terbukti bahwa dengan menambahkan jenis polimer (HDPE) dapat meningkatkan sifat kekakuan dan meningkatkan sifat kedap air pada campuran aspal. Penambahan limbah plastik HDPE pada campuran aspal memberikan pengaruh terhadap parameter marshall, yaitu pada persenatse HDPE 12 % nilai marshall meningkat dibandingkan 0% dan mengalami penurunan secara bertahap pada campuran 14% dan 16%.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Wiwoho Mudjanarko. 2019. *Studi analisis uji marshall pada pembuatan campuran aspal plastik jenis HDPE*," *Spirit Pro Patria*, vol. 5, no. 2, Sep.

[2] J. M. Aset, A. Widayanti, R. Asih, A. Soemitro, J. J. Ekaputri, and H. Suprayitno. 2017. "*Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Asphalt dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur," Infrastruktur & Fasilitas*, vol. 1, no. 1, Dec.

[3] A. Widayanti, R. Asih, A. Soemitro, J. J. Ekaputri, and H. Suprayitno. 2020. "*Analisis Pemanfaatan Zat Aditif pada Reclaimed Asphalt Pavement untuk Lapisan Beton Aspal Additive Utilization Analysis in Reclaimed Asphalt Pavement for Asphalt Concrete Laye*r", *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol. 4 No. 1, Jan.

[4] I. Nyoman Arya Thanaya, K. Bukit Jimbaran, K. Selatan, K. Badung, I. Gusti Raka Puranto, and I. Nyoman Sapta Nugraha. 2016. *"Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC - WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks," Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 22, No. 2, Dec.

[5] A. Susilowati, E. Wiyono, and Pratikto. 2021. *"Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal Campuran Panas," Bangun Rekaprima*, Vol. 7, No. 2, Oct.

[6] I. Susanto and N. Suaryana, 2019. *"Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol. 17, No. 2, Agust.

[7] S. Alwi, A. Sudibyo, and Herni. 2020. *"The Effect Of Using Polyethylene Terephthalate In Asphalt Mixture AC-WC For Marshall Charateristic," Jurnal Inersia*, Vol. 12, No. 1.

[8] O. Ika Kumalaning Tias and A. Suryadi. 2020 *"Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Campuran Laston AC-WC," JOS-MRK*, Vol. 1, No. 2, pp. 98–103.

[9] O. H. Hendra, N. yusuf, I. Mirajhusnita, and T. Haris. 2021. *"Pengaruh Limbah Sampah Type HDPE (High Density Polythylene) Pada Lapisan Aspal AC WC", Jurnal Rekayasa Tenik Sipil Universitas Madura*", Vol. 6 No. 1, Jun.

[10] A. Rahmawati. 2021. *"Comparison Of Utilization Polypropilene (PP) And High Density Polyethylene (HDPE) On Laston_WC Mixture," Media Teknik Sipil*, Vol. 15, No. 1, Mar.

[11] A. Rahmawati. 2015. "The Effect of utilizing Polyethylene (PE) and High Density Polyethylen (HDPE) Plastic on Lataston_WC at Marshall Characteristic)," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 18, No. 2, pp. 147–159, Dec.

[12] Kumita and Jaslidan. 2021. "*Analisis Kinerja Stabilitas Campuran Aspal Beton yang di Tambah Plastik HDPE," Jurnal Variasi*, Vol. 13, No. 3, Okt..

[13] Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

[14] D. Putra Mahardhika Wijaya and A. Fida Ismaili, "Pengaruh Bahan Tambah Polimer High Density Polyethylene (HDPE) Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal (AC-WC)."

[15] I. D. M. A. Karyawan, R. Yuniarti, D. Widianty, H. Hasyim, and M. Wahyudi. 2021. "*Performance of Asphalt Mixture with Asbuton Based on Marshall Characteristics Compacted at Hot and Cold Temperatures," Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, Vol. 7, No. 4, Oct.