

TINJAUANKARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT CONCRATE WEARING COURSE (AC-WC) MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK *POLY ETHYLENE THEREPHTHALATE (PET)*

*Moh. Alkam¹, Frice L. Desei² dan Fadly Achmad³

¹Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia; ^{2,3} Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: 01 Sep. 2022, Revised: 05 Okt. 2022, Accepted: 12 Des. 2022

ABSTRACT: Asphalt mixtures have several disadvantages, such as permanent deformation caused by too heavy pressure by truckloads and cracks caused by heat and humidity. In addition, plastic wastes that are increasingly piling up provide opportunities to be used in asphalt mixtures to improve the performance of asphalt mixtures. Concerning this issue, research about the substitution of plastic waste in asphalt mixtures is highly essential to be conducted. Moreover, this research was performed by substituting plastic waste into the asphalt and then mixing it into aggregate. The asphalt weight was taken from optimum asphalt content, while the mixture process was performed at the temperature of + 170°C by employing a high-speed mixing technique to keep the temperature stable during the mixing process. In comparison, the compaction was conducted at the temperature of + 150-160°C. At the same time, the test object was made as many as 25 samples to determine the optimum asphalt content and 25 samples for a mixture of asphalt with plastic waste. The type of plastic used in this research was Polyethylene Terephthalate (PET), with a percentage of plastic waste contents of 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%, and 1,5%. The research finding obtained that the highest stability value was 1.176,06 kg at 1,2% plastic content. Specifically, the stability values that met the interim specifications for asphalt plastic mixture were 981,02 kg; 1.152,78 kg; and 1.176,06 kg at plastic contents of 0,6%, 0,9%; and 1,2%, respectively. The highest flow was 3,62 mm at 1,5% plastic content, and the highest MQ was 331,26 kg/mm at 0,9% plastic content. At the same time, the addition of plastic content tended to increase VIM in plastic asphalt mixtures. The VIM values were 3,79%; 4,10%, 4,19%; 4,29%; and 4,33%, respectively. Likewise, the addition of plastic contents could increase VMA values in asphalt mixture where the VIM values were 19,08%; 19,34%, 19,42%; 19,51%; and 19,52%, consecutively. In contrast, adding plastic content to the asphalt mixture could decrease VFA and density values. In detail, the VFA values were 80,15%; 78,81%; 78,41%; 77,99%, and 77,82% respectively, whilst the consecutive density values were 2,32 gr/cm; 2,32 gr/cm'; 2,31 gr/cm; 2,31 gr/cm'; and 2,31 gr/cm. Based on this analysis result, it could be inferred that 1,2% plastic content was suitable for use in asphalt mixtures with a stability value of 1.176,06 kg. This value increased by 38% from the stability value of conventional asphalt mixtures.

Key Words: *Plastic Asphalt Mixture, PET Waste, Marshall.*

1. PENDAHULUAN

Aspal Beton (Asphalt Concrete) atau yang biasa disebut laston adalah lapisan permukaan struktural perkerasan lentur sebagai lapisan plaign atas. Lapisan ini terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (filler), dan aspal. Ada tujuh karakteristik campuran aspal beton, diantaranya: stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, kedap air dan tahan terhadap pelelehan.

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya. Meterial ini dipilih karena hasil akhir yang baik dan nyaman sebagai perkerasan flexible. Penggunaan material aspal terus-menerus secara berkesinambungan akan mengurangi jumlah aspal yang ada. Sehingga diperlukan material pengganti yang memiliki sifat yang sejenis dengan aspal.

Plastik memiliki banyak manfaat tetapi juga memiliki sisi negatif khususnya limbah plastik.

Namun limbah plastik membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya. Campuran beraspal memiliki beberapa kelemahan seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan tekanan terlalu berat oleh muatan truk yang berlebihan, keretakan-keretakan yang ditimbulkan oleh panas, juga disebabkan karena kelembaban, ini semua terjadi pada campuran beraspal.

Konsep pemanfaatan sampah plastik sebagai substitusi aspal secara signifikan meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kegagalan dari campuran. Keunggulan lain dari penggunaan sampah plastik pada campuran aspal yaitu memberikan ketahanan terhadap air dan ketahanan terhadap deformasi permanen yang lebih baik dibandingkan dengan aspal konvensional.

Tujuan penelitian ini menganalisis pengaruh sampah plastik jenis *Poly Ethylene Terephthalate* terhadap karakteristik Marshall pada campuran

Aspal Beton (AC-WC).

2. KAJIAN TEORITIS

Lapian, dkk., (2019) melakukan penelitian mengenai Pengaruh penambahan plastik bekas tipe *polyethylene terephthalate (PET)* terhadap daya lekat campuran laston lapis AC-WC. Berdasarkan hasil pengujian Marshall didapatkan nilai stabilitas pada kadar plastik 5% sebesar 2005,967 kg. Nilai ini mengalami kenaikan dibandingkan dengan campuran aspal tanpa tambahan plastik. Nilai density dengan penambahan plastik dengan kadar 5% sebesar 2,35 gr/cm³, nilai ini mengalami penurunan dibanding sebelum ditambahkan plastik. Nilai *flow* juga mengalami peningkatan setelah ditambahkan plastic dengan nilai flow sebesar 3,2 mm.

2.2 Plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET)

Poly ethylene terephthalate (PET) merupakan poliester termoplastik yang umumnya digunakan dalam industri pengemasan dan merupakan salah satu *non-biodegradable* utama.

PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. *PET* dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518- 608 °F, selain itu juga dapat diproses dengan tehnik cetak injeksi maupun cetak tiup. Penggunaan *PET* sangat luas antara lain: botol-botol untuk air mineral, *soft drink*, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan.

Penambahan *PET* dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal dibanding dengan campuran aspal konvensional. Proses pencampuran plastik ke dalam campuran aspal menggunakan dua cara, yaitu cara kering dan cara basah.

1. Cara Basah (*Wet Process*), yaitu proses pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogeny.

2. Cara kering (*Dry Process*) yaitu proses pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur tertentu, kemudian aspal ditambahkan.

Spesifikasi plastik yang dapat digunakan sebagai campuran pada perkerasan aspal sebagaimana di tetapkan oleh Bina Marga ditunjukkan pada Tabel 1.

2.3 Aspal

Menurut *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, aspal atau bitumen adalah suatu material bahan hidro karbon yang bersifat melekat, yang berwarna coklat tua sampai hitam, padat atau semi padat yang terdiri dari residu minyak bumi.

Tahan terhadap air, bersifat termoplastis dan bersifat viscoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viscoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Ketentuan untuk aspal keras ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Ketentuan Plastik dalam Campuran Beraspal

Pengujian	Persyaratan
Ukuran butir lolos saringan 3/8 inch (9,5 mm) %	100
Ukuran butir lolos saringan No. 4 (4,75 mm) %	90
Ketebalan (mm)	Maks. 0,07
Kadar Air (%)	Maks. 5
Titik leleh (°C)	100-120

(Sumber: Spesifikasi Intern Campuran Beraspal Plastik)

Tabel 2. Ketentuan untuk Aspal Keras

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
			Elastomer Sintetis PG70	PG76
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis pada osilasi 10 rad/dtk ≥ 1 kPa (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
Daktilitas pada 25°C	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	ASSHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2.2	
Kadar Paralin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2.0		
Berat yang Hilang (%)	SNI 06-6441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis pada osilasi 10 rad/dtk ≥ 1 kPa (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	

(% semula)				
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25

2.4 Agregat

1. Agregat Kasar

Agregat Kasar, merupakan agregat yang mempunyai ukuran butiran >4,75 mm (tertahan saringan No. 4). Ketentuan untuk agregat halus berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2 ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan untuk Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	Max 12 %
	Magnesium sulfat	Max. 18 %
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran 500 putaran Max. 6 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran 500 putaran Max. 8 % Max. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012 100/90*
	Lainnya	95/90**
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Max. 5 %
	Lainnya	(1:5) Max. 10 %
Material lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Max. 1 %

2. Agregat Halus

Agregat Halus, merupakan agregat dengan ukuran butirnya <4,75 (lolos saringan No. 4). Ketentuan untuk agregat halus berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 revisi 2 ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Max. 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

2.5 Metode Marshall

Metode *Marshall* merupakan salah satu cara dalam merencanakan campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur ketahanan campuran agregat dan aspal terhadap kelehan plastis. Alat yang digunakan merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* dengan kapasitas 22,2 kN dan *flowmeter* untuk mengukur kelehan plastis. Spesifikasi sifat campuran beraspal ditunjukkan pada Tabel 4 dan spesifikasi sifat campuran beraspal modifikasi plastik ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ketentuan Aspal Modifikasi Plastik

Sifat-Sifat Campuran	AC-WC Modifikasi Plastik
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rasio lolos partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min. 0,6 Maks. 1,4
Rongga dalam campuran (%)	Min. 3,0 Maks. 5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min. 15
Rongga terisi aspal (%)	Min. 65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 900
Pelelehan (mm)	Min. 2 Maks. 4
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60°C	Min. 90

2.5.1 Berat Jenis Bulk dan Apparent Total Agregat

1. Berat Jenis Kering

$$G_{sb \text{ tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \quad (1)$$

dengan:

- $G_{sb \text{ tot agregat}}$: berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc),
- $G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sbn}$: berat jenis kering dari masing-masing agregat (gr/cc),
- P_1, P_2, P_n : persentase berat dari masing-masing agregat (%).

2. Berat Jenis Semu

$$G_{sa \text{ tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \quad (2)$$

dengan:

- $G_{sa \text{ tot agregat}}$: berat jenis semu agregat gabungan (gr/cc),
- P_1, P_2, P_n : persentase berat masing-masing agregat (%),
- $G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sbn}$: berat jenis semu masing-masing agregat (gr/cc).

2.5.2 Berat Jenis Efektif Agregat

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \quad (3)$$

dengan:

- Gse : berat jenis efektif (gr/cc)
- Pmm : persen berat total campuran (=100),
- Pb : persentase kadar aspal terhadap total campuran (%),
- Gmm : berat jenis campuran maksimum teoritis (gr/cc),
- Gb : berat jenis aspal.

2.5.3 Berat Jenis Campuran Maksimum

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \quad (4)$$

dengan:

- Gmm : berat jenis maksimum campuran (gr/cc),
- Pmm : persen berat total campuran (=100),
- Ps : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%),
- Gse : berat jenis efektif (gr/cc),
- Pb : persentase kadar aspal terhadap total campuran (%),
- Gb : berat jenis aspal (gr/cc).

2.5.4 Berat Jenis Bulk Campuran Padat

$$Gmb = \frac{Wa}{Vbulk} \quad (5)$$

dengan:

- Gmb : berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc),
- Wa : volume campuran setelah pemadatan (cc),
- $Vbulk$: berat di udara (gr).

2.5.5 Penyerapan Aspal

$$Pba = \frac{Gse - Gsb}{Gse \times Gsb} Gb \quad (6)$$

dengan:

- Pba : penyerapan aspal, persen total agregat (%),
- Gsb : berat jenis bulk agregat,
- Gse : berat jenis efektif agregat,
- Gb : berat jenis aspal.

2.5.6 Kadar Aspal Efektif

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} Ps \quad (7)$$

dengan:

- Pbe : kadar aspal efektif, persen total campuran (%),
- Pb : kadar aspal, persen total campuran (%),
- Pba : penyerapan aspal, persen total agregat (%),
- Ps : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%).

2.5.7 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen, dinyatakan

dalam kg. pengukuran stabilitas dengan uji marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari sampel yang ditahan didua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan campuran dapat menahan beban tanpa terjadi kehancuran agregat.

2.5.8 Flow

Nilai *flow* juga ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat marshall. Berbeda dengan nilai stabilitas, nilai *flow* yang di dapatkan tidak perlu lagi dikalikan dengan nilai kalibrasi. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelahan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

2.5.9 Marshall Quotient (MQ)

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (8)$$

dengan:

- MQ : Marshall Quotient (kg/mm),
- MS : Marshall Stability (kg),
- MF : Flow Marshall.

2.5.10 Rongga dalam Agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \left[\frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right] \quad (9)$$

dengan:

- VMA : rongga di antara agregat, persentase dari volume total (%),
- Gmb : berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc),
- Ps : berat jenis bulk agregat (gr/cc),
- Gsb : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%).

2.5.11 Rongga dalam Campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \left[\frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \right] \quad (10)$$

dengan:

- VIM : rongga campuran setelah pemadatan, persentase volume total (%),
- Gmm : berat jenis campuran maksimum teoritis (gr/cc),
- Gmb : berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc).

2.5.12 Rongga Udara yang Terisi Aspal (VFA)

$$VFA = 100 - \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (11)$$

dengan:

- VFA : rongga yang terisi aspal, persentase dari VMA (%),
- VMA : rongga di antara agregat, persentase dari volume total (%),
- VIM : rongga campuran setelah pemadatan, persentase volume total (%).

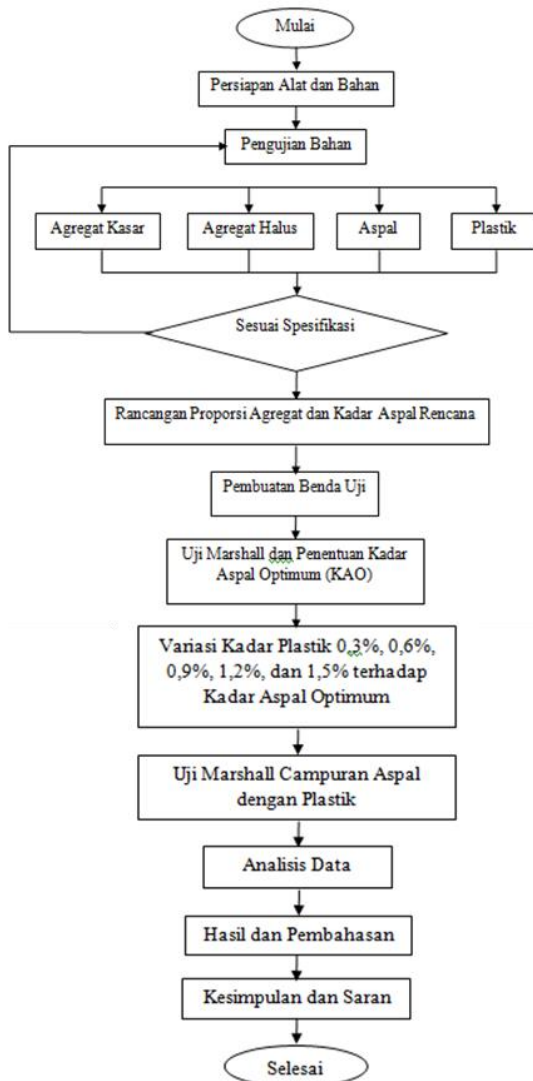
3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini

adalah eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo, dengan menggunakan sistem pencampuran AC-WC dengan bahan pengikat berupa Asbuton Pracampur. Standar dan pedoman pengujian mengacu pada ketentuan yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, yang merujuk pada SNI, ASTM, dan AASHTO.

Metode yang digunakan untuk pengujian campuran aspal adalah uji Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa parameter Marshall, yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB kemudian dapat dihitung Marshall Quotient.

Berdasarkan hasil dari parameter Marshall didapat KAO, dari KAO yang telah didapatkan kemudian dibuat benda ujidengan variasi plastik. Variasi plastik yang digunakan adalah 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%; 1,5%. Kadar variasi plastik diambil dari berat KAO yang telah didapatkan. Campuran aspal yang telah disubstitusi



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat dan Aspal

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian kualitas agregat kasar (CA dan MA) ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Pengujian CA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,80	-
SSD	-	2,81	-
Apparent Specific Gravity	-	2,83	-
Absorbtion	%	0,40	Maks. 3%
Keausan	%	16,03	Maks. 30%
Butir Pecah	%	97,81/94,19	95/90
Indeks Pipih	%	6,40	Maks. 10%
Indeks Lonjong	%	7,18	Maks. 10%
Lolos #200	%	1,04	Maks. 1%

Tabel 7. Hasil Pengujian MA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,73	-
SSD	-	2,76	-
Apparent Specific Gravity	-	2,80	-
Absorbtion	%	0,95	Maks. 3%
Keausan	%	27,56	Maks. 30%
Material Lolos #200	%	1,27	Maks. 1%

4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian kualitas agregat halus ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian FA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,60	-
SSD	-	2,63	-
Apparent Specific Gravity	-	2,68	-
Absorbtion	%	1,06	3%
Nilai Setara Pasir	%	82,99	Min. 50%
Agregat Lolos #200	%	6,74	Maks. 10%

4.1.3 Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian Aspal pertama dan aspal modifikasi plastik ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis	-	1,025	≥ 1,0
Titik Lembek	°C	55,5	≥ 51
Penetrasi	0,1 mm	68,5	50-60

Tabel 10. Hasil Pengujian Aspal Modifikasi

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis	-	1,043	≥ 1,0
Titik Lembek	°C	65	≥ 51
Penetrasi	0,1 mm	43,3	50-60

Berdasarkan Tabel 9 dan 10, hasil pengujian aspal dengan modifikasi plastik menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal pertamina. Nilai penetrasi untuk aspal modifikasi plastik berada pada rentang 40-50 mm sedangkan nilai titik lembek meningkat sebesar 17,12%. Parameter pengujian aspal baik untuk aspal pertamina maupun aspal modifikasi plastik telah memenuhi Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2.

4.2 Kadar Aspal Optimum (KAO)

KAO didapat dari parameter-parameter hasil pengujian *Marshall*. Setelah itu digambarkan rentang parameter *Marshall* yang memenuhi spesifikasi pada grafik. Hasil pengujian Marshall untuk KAO dapat dilihat pada Tabel 6 dan penentuan KAO pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana

Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	Min. 1.000	797,63	844,20	981,02	928,62	850,03
Flow (mm)	2-4	2,66	3,04	3,00	3,60	3,62
VIM (%)	3-5	7,83	6,85	5,76	4,58	3,41
VMA (%)	Min. 15	18,97	19,14	19,22	19,24	19,27
VFB (%)	Min. 65	58,72	64,20	70,05	76,20	82,33
Kepadatan (gr/cc)	-	2,28	2,29	2,30	2,31	2,32
Marshall Quotient	-	299,86	277,70	327,01	257,95	234,81

Tabel 12. Penentuan KAO

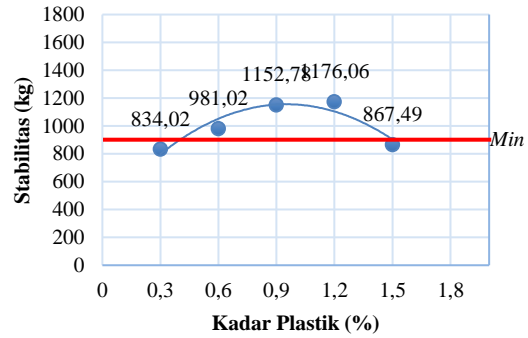
Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal Rencana (%)				
		5	5,5	6	6,5	7
Kepadatan (gr/cm ³)	-					
VIM (%)	3-5					
VMA (%)	Min. 15					
VFA (%)	Min. 65					
Stabilitas (kg)	Min. 800					
Flow (mm)	2-4					
MQ	-					

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 12 didapatkan nilai KAO AC-WC adalah 6,75%.

4.3 Kadar Aspal Optimum (KAO)

4.3.1 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Plastik

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Hubungan antara stabilitas dengan kadar aspal ditunjukkan pada Gambar 2

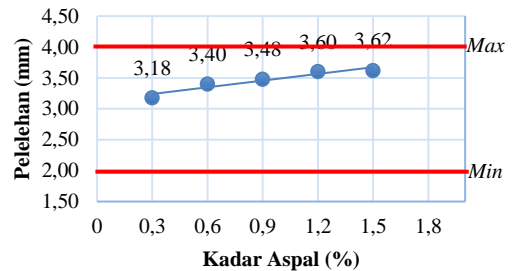


Gambar 2 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Plastik

Nilai stabilitas campuran aspal plastic menunjukkan perubahan yang signifikan dari campuran aspal konvensional. Nilai stabilitas tertinggi berada pada penambahan kadar plastic 1,2% sebesar 1176,06 kg.

4.3.2 Hubungan Flow dengan Kadar Plastik

Flow adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kestabilan maksimum tercapai. Hubungan flow dengan kadar aspal ditunjukkan pada Gambar 3.

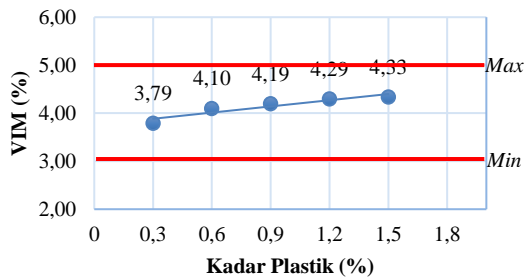


Gambar 3 Hubungan flow dengan Kadar Plastik

Seperti halnya nilai stabilitas, nilai flow juga meningkat dari nilai flow campuran aspal tanpa kadar plastik. Berdasarkan Gambar 4.9, semua nilai flow campuran aspal plastic berada diatas 3 mm.

4.3.3 Hubungan VIM dengan Kadar Plastik

Void In Mix (VIM) adalah rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam persentase. Hubungan antara VIM dengan kadar aspal ditunjukkan pada Gambar 4.

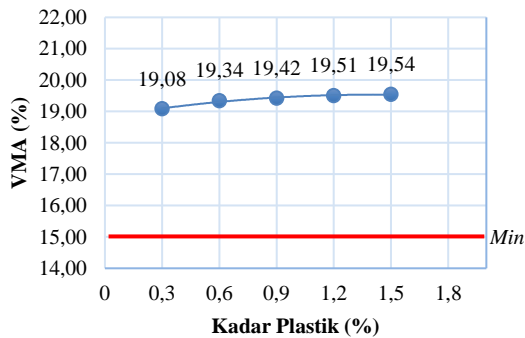


Gambar 4 Hubungan VIM dengan Kadar Plastik

Nilai *VIM* campuran kadar plastik menunjukkan *trend line* yang terbalik dengan nilai *VIM* campuran aspal tanpa kadar plastik. Persentase nilai *VIM* meningkat sejalan dengan bertambahnya kadar plastik. Nilai *VIM* tertinggi terdapat pada penambahan kadar plastik 1,5% dengan nilai 4,33%.

4.3.4 Hubungan VMA dengan Kadar Plastik

Rongga dalam agregat (*VMA*) meningkat, pada setiap penambahan kadar plastik. Hubungan *VMA* dengan kadar plastik ditunjukkan pada Gambar 5.



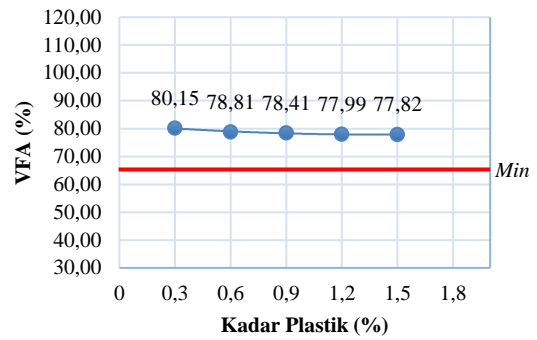
Gambar 5 Hubungan VMA dengan Kadar Plastik

Persentase *VMA* cenderung meningkat seiring penambahan kadar plastik. Nilai *VMA* meningkat sampai nilai tertinggi 19,54% pada kadar plastik 1,5%.

4.3.5 Hubungan VFA dengan Kadar Plastik

Rongga terisi aspal merupakan persentase aspal yang mengisi rongga pada campuran, namun tidak termasuk aspal yang terserap oleh agregat. Hubungan *VFA* dengan kadar plastik ditunjukkan pada Gambar 6.

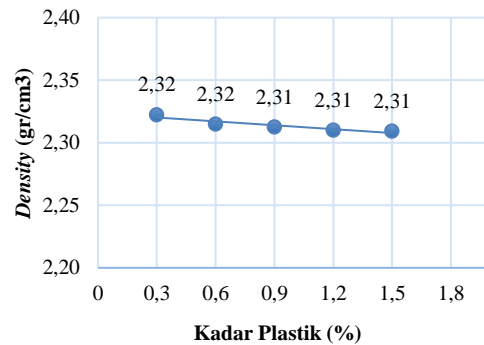
Nilai *VFA* pada campuran aspal plastik menunjukkan *tend line* yang menurun, hal ini dikarenakan pada setiap penambahan kadar plastik akan mengurangi berat aspal yang digunakan sehingga persentase *VFA* cenderung mengalami penurunan



Gambar 6 Hubungan VMA dengan Kadar Plastik

4.3.6 Hubungan Kepadatan dengan Kadar Plastik

Kepadatan adalah kerapatan campuran beraspal setelah dilakukan pemadatan sebanyak 75 kali pada setiap bidang sampel. Hubungan kepadatan dengan kadar plastik ditunjukkan pada Gambar 7.

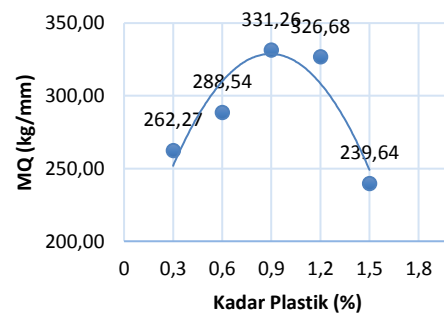


Gambar 7 Hubungan VMA dengan Kadar Plastik

Kepadatan pada campuran aspal plastik berkisar antara 2,31 gr/cm³–2,32 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan aspal plastik cenderung stabil dan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan pada setiap penambahan kadar plastik.

4.3.7 Hubungan MQ dengan Kadar Plastik

MQ adalah hasil bagi antara *flow* dan stabilitas. Nilai dari *MQ* menunjukkan tingkat kekakuan suatu campuran aspal. Hubungan *MQ* dengan kadar plastik ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Hubungan VMA dengan Kadar Plastik

Nilai *MQ* maksimum adalah 331,26 kg/mm pada kadar plastik 0,9%. Nilai *MQ* berdasarkan Gambar 4.14 meningkat sangat signifikan pada penambahan kadar plastik 0,3-0,9% dan menurun pada penambahan kadar plastik 1,2% dan 1,5%.

4.4 Perbandingan Parameter Marshall Campuran Aspal Konvensional dan Campuran Aspal Modifikasi Plastik

Karakteristik Marshall campuran aspal di uji untuk merencanakan campuran aspal yang memiliki ketahanan terhadap kelelahan plastis. Parameter Marshall dijadikan tolak ukur baik atau tidaknya suatu campuran aspal. Campuran aspal yang telah dimodifikasi memiliki parameter Marshall yang berbeda dengan campuran aspal yang tidak di modifikasi, sehingga perlu dibandingkan parameter Marshall dari kedua campuran aspal tersebut. Perbandingan parameter aspal konvensional dan campuran aspal modifikasi plastik di tunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13 Perbandingan Parameter Aspal Konvensional dengan Aspal Modifikasi Plastik

Parameter Marshall	Spesifikasi	Campuran Aspal Konvensional	Spesifikasi	Campuran Aspal Modifikasi Plastik
	Campuran Aspal Konvensional		Campuran Aspal Plastik	
Stabilitas (Kg)	800	850,03	900	1176,06
<i>Flow</i> (mm)	2-4	3,52	2-4	3,60
<i>VIM</i> (%)	3-5	3,13	3-5	4,29
<i>VMA</i> (%)	15	18,29	15	19,51
<i>VFA</i> (%)	65	82,87	65	77,89
<i>Density</i> (gr/cm ³)	-	2,34	-	2,31
<i>MQ</i> (kg/mm)	-	241,48	-	326,68

Parameter Marshall campuran aspal modifikasi plastik lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal konvensional. Nilai stabilitas meningkat sebesar 38%, nilai *flow* meningkat 3%, nilai *VIM* dan *VMA* masing-masing meningkat 37% dan 7%. Sedangkan pada nilai *VFA* menurun, hal ini dikarenakan plastik pada campuran aspal mengurangi kadar aspal.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, penambahan plastik pada campuran beraspal mengubah parameter *Marshall* dari campuran tersebut. Nilai stabilitas campuran setelah ditambahkan plastik meningkat sebesar 38% pada

kadar optimumnya. Nilai *flow* juga ikut meningkat setelah plastik ditambahkan, nilai *flow* campuran aspal plastik berada diatas 3 mm dengan nilai *flow* maksimum sebesar 3,16 mm pada kadar plastic 1,5%.

Parameter Marshall lainnya seperti *VIM*, *VMA*, *VFA*, kepadatan, dan *MQ* juga mengalami perubahan pada campuran aspal plastik. Semakin tinggi penambahan kadar plastik nilai *VIM* semakin tinggi pula. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan plastik pada campuran dapat mengakibatkan rongga, sehingga pada proses pencampuran basah tidak disarankan penggunaan kadar plastik diatas 2%. Nilai kepadatan menurun pada penambahan kadar plastik, walaupun tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, namun penambahan plastik menunjukkan penurunan pada nilai kepadatan.

Kadar plastik yang ditambahkan pada campuran beraspal mengurangi persentase rongga terisi aspal. Berdasarkan hasil penelitian, semakin banyak kadar plastik yang ditambahkan rongga terisi aspal semakin kecil. Hal ini dikarenakan sifat plastik sebagai pengganti aspal mengurangi kadar aspal pada campuran.

6. REFERENCES

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020.
- [2] Z. Podungge, "Komparasi Nilai Durabilitas Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) dengan Bahan Pengikat Aspal Iran 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70," Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2019.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7619-2012 Metode uji penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar," Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2012.
- [4] F. E. P. Lapihan, M. I. Ramli, M. Pasra and A. Arsyad, "Pengaruh Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC," Bandung, 2019.
- [5] N. S. Mashaan, A. Chegenizadeh, H. Nikras and A. Rezagholilou, "Investigating the Engineering Properties of Asphalt Binder Modified with Waste Plastic Polymer," *Ain Shams Engineering Journal*, no. 12, pp. 1569-1574, 2021.
- [6] I. Mujiarto, "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif," vol. 3, no. 2, p. 65, 2005.
- [7] H. Naghawi, R. Al-Ajarmeh, R. Allouzi, K. Mawarsa, A. Al-Quraini and M. Abu-Sarhan,

- "Plastic Waste Utilization as Asphalt Binder Modifier in Asphalt Concrete Pavement," *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, vol. 12, no. 5, pp. 566-571, 2018.
- [8] F. H. Sitorus, "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Campuran Aspal pada Perkerasan Jalan AC-WC Terhadap Nilai Marshall," Universitas Medan Area, Medan, 2018.
- [9] Saleh. M. S. Isya. M. Suraya Fitri, "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC," *Jurnal Teknik Sipil*, pp. 738-748, 2018.
- [10] P. Pratomo, H. Ali and S. Diansari, "Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene (LLDPE) Ditinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC)," *Jurnal Rekayasa*, vol. 5, no. 3, pp. 156-166, 2016.
- [11] Y. N. Pratama, S. Widodo and E. Sulandari, "Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)," vol. 5, no. 3, pp. 1-17, 2018.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.
