

ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL (AC-WC) DENGAN LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE*

(Analysis Of Characteristics Of Asphalt Mixture (AC-WC) With Low Density Polyethylene Plastic Waste)

Yoga Pranata Siregar¹, Prima Jiwa Osly¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

E-mail: wfgjhjuman@gmail.com

Diterima 25 Oktober 2023, Disetujui 15 November 2023

ABSTRAK

Seiring perkembangan dalam campuran aspal beberapa penelitian telah mengembangkan penggunaan limbah plastik sebagai upaya mengurangi sampah plastik yang sulit didaur ulang. Penggunaan plastik sebagai bahan campuran dapat mengoptimalkan karakteristik aspal dengan memperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan. Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas perkerasan dan memanfaatkan limbah plastik, maka penulis ingin melakukan penelitian dengan tujuan menganalisis kadar optimum campuran beraspal AC-WC tanpa dan dengan tambahan limbah *Low Density Poly Ethylene* (LDPE), serta mendapatkan pengaruh dari kombinasi jenis aspal tersebut. Terdapat 15 benda uji tanpa penambahan LDPE dan 15 benda uji dengan penambahan LDPE 7%. Benda uji tersebut selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan alat marshall untuk mengetahui nilai parameter-parameter aspal dan bisa menghasilkan nilai kadar aspal optimum. Dari hasil pengujian aspal menggunakan alat tes Marshall didapat nilai MQ campuran aspal plastik cenderung mengalami peningkatan pada campuran aspal dengan penambahan limbah plastik LDPE. Hal ini berarti nilai kekakuan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE semakin tinggi dan lebih getas. Berdasarkan hasil pengecekan di atas, nilai kadar aspal optimum pada campuran tanpa penambahan limbah plastik LDPE yaitu 6,5% dan pada campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 7% yaitu 6,8%.

Kata kunci: kadar aspal optimum, campuran aspal, pengujian marshall

ABSTRACT

With the development in asphalt mixtures, several studies have explored the use of plastic waste as an effort to reduce non-recyclable plastic waste. The incorporation of plastic as a mixture material can optimize the asphalt characteristics by obtaining desired plastic properties. In an effort to enhance the pavement quality and utilize plastic waste, the author intends to conduct a research aimed at analyzing the optimum content of AC-WC asphalt mixture, both without and with the addition of Low Density Poly Ethylene (LDPE) waste, as well as understanding the influence of these asphalt types combination. There were 15 specimens tested without LDPE addition and 15 specimens with 7% LDPE addition. Subsequently, these specimens were subjected to Marshall testing to determine the asphalt parameter values and to obtain the optimum asphalt content value. The results from the Marshall asphalt testing revealed that the MQ value of plastic asphalt mixtures tends to increase with the addition of LDPE plastic waste. This indicates that the stiffness of the mixture with LDPE plastic waste addition is higher and more resilient. Based on the aforementioned examination, the optimum asphalt content value for mixtures without LDPE plastic waste addition was 6.5%, while for mixtures with 7% LDPE plastic waste addition, it was 6.8%.

Keywords: optimum asphalt content, asphalt mixture, marshall testing

PENDAHULUAN

Karena peran penting jalan, perkerasan jalan sangatlah penting untuk keamanan dan kenyamanan jalan. Banyak permukaan jalan yang rusak akibat berbagai faktor, termasuk kualitas material yang buruk, lalu lintas yang padat, kondisi iklim tropis, dan penggunaan aspal yang tidak sesuai [1]. Untuk mengurangi kerusakan jalan, salah satu solusinya adalah dengan meningkatkan kualitas aspal. Aspal memiliki karakteristik termoplastik, menjadi lebih keras atau lebih kental pada suhu rendah, dan lebih lunak atau lebih cair pada suhu tinggi [2]. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas aspal adalah dengan menambahkan bahan tambahan, seperti plastik [3]. Aspal bersama dengan agregat membentuk campuran perkerasan jalan.

Dalam pengembangan campuran aspal, beberapa penelitian telah mengenalkan penggunaan limbah plastik sebagai alternatif untuk mengurangi limbah plastik yang sulit didaur ulang. Penggunaan plastik sebagai bahan campuran dapat mengubah karakteristik aspal, mencapai sifat-sifat plastik yang diinginkan melalui proses kopolimerisasi, laminasi, dan ekstrusi, seperti yang telah diteliti sebelumnya oleh Birahmatika, Eva, dan Probo pada tahun 2019. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal yang dimodifikasi dengan plastik *Low Density Polyethylene* dapat meningkatkan titik leleh aspal serta menurunkan nilai penetrasi, titik nyala dan titik bakar, berat jenis, daktilitas, dan viskositas aspal [4]. Plastik adalah jenis polimer yang memiliki keunggulan, seperti sifat yang kuat namun ringan, tahan karat, dan termoplastik. Selain dapat memperbaiki karakteristik aspal, penggunaan plastik sebagai bahan tambahan dalam aspal juga dapat membantu mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah plastik [5].

Data dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun. Sumber yang sama menyebutkan bahwa kantong plastik yang dibuang ke lingkungan mencapai 10 miliar lembar per tahun atau sekitar 85.000 ton kantong plastik. Indonesia merupakan kontributor kedua terbesar dalam pencemaran plastik di lautan. Dalam rangka membantu mengurangi sampah plastik, dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah plastik sebagai komponen dalam campuran aspal [6].

Dalam rangka meningkatkan kualitas perkerasan dan membantu mengurangi limbah plastik, penulis bermaksud untuk melakukan penelitian dengan tujuan menganalisis kandungan yang optimal dari campuran aspal AC-WC dengan dan tanpa penambahan limbah plastik LDPE, serta mengevaluasi pengaruh kombinasi aspal yang berbeda.

METODE

Untuk setiap variasi kadar aspal dan tambahan campuran LDPE dibuat tiga benda uji dengan rincian pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Rincian Kebutuhan Jumlah Sampel Benda Uji

Kadar Aspal	Jumlah Sampel	
	Tanpa penambahan LDPE	Dengan penambahan LDPE 7%
Pb - 1%	3 buah	3 buah
Pb - 0,5%	3 buah	3 buah
Pb	3 buah	3 buah
Pb + 0,5%	3 buah	3 buah
Pb + 1%	3 buah	3 buah

Terdapat 15 benda uji tanpa penambahan LDPE dan 15 benda uji dengan penambahan LDPE 7%. Sehingga, total benda uji yang dibuat adalah 30 benda uji dan ditumbuk sebanyak 2 x 75 tumbukan. Lalu dilakukan pengujian Marshall, untuk menentukan Kadar Limbah Plastik Optimum.

PROSEDUR PENELITIAN

1. Pembuatan Benda Uji

Sebelum pembuatan benda uji dilakukan, dilakukan perencanaan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur mencakup perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal, dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi, yaitu agregat, aspal, dan *filler*. Gradasi yang digunakan mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan gradasi rencana yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

- Agregat kasar dan agregat halus menggunakan agregat standar (batu pecah).
- Bahan campuran kantong plastik yang telah dicuci, dicacah dan dalam keadaan kering. Penambahan limbah kantong plastik sebesar 0% dan 7%.
- Bahan pengisi (*filler*) menggunakan agregat standar (abu batu dan semen).

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

- Tahap I - mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
- Tahap II - menentukan berat aspal 60/70, berat *filler* dan berat agregat yang akan dicampur.
- Tahap III - penambahan plastik dengan cara kering yaitu dengan menambahkan plastik ke dalam agregat panas.
- Tahap IV - aspal penetrasi 60/70 dituang ke dalam wajan berisi agregat yang diletakkan di atas timbangan.
- Tahap V - Setelah aspal dituangkan ke dalam agregat, campuran ini diaduk sampai rata dan kemudian didiamkan hingga mencapai suhu pematatan. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas *mould* dengan kertas pada alat penumbuk.
- Tahap VI - Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing -

masing sisinya. Selanjutnya benda uji didinginkan pada suhu ruang selama ± 2 jam, barulah dikeluarkan dari *mould* dengan bantuan dongkrak hidraulis.

2. *Volumetrik Test*

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui VIM dari masing - masing benda uji. Adapun tahap pengujiannya adalah sebagai berikut:

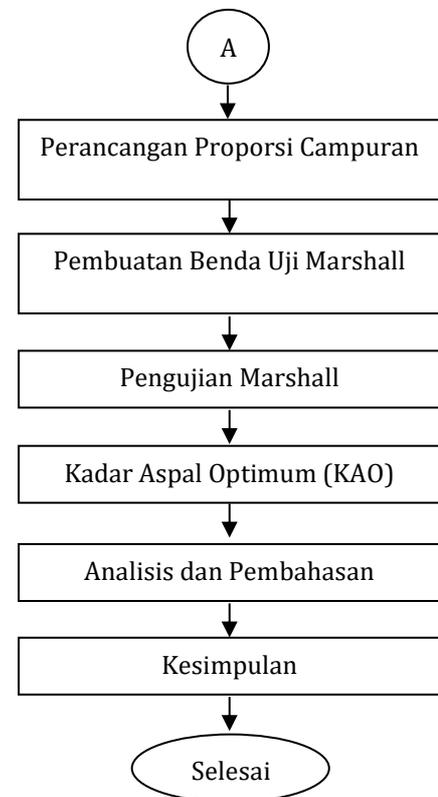
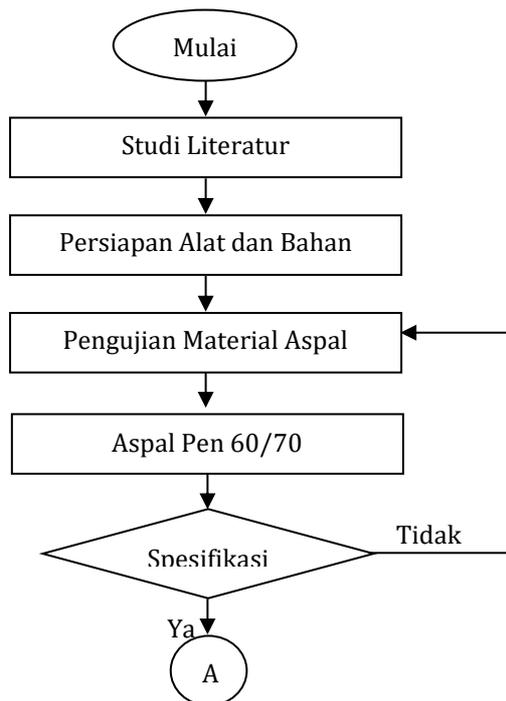
- a. Tahap I - Benda uji yang telah di pisahkan menurut ukurannya di rendam untuk menghilangkan debu selama sehari, kemudian di jemur.
- b. Tahap II - Dari hasil pengukuran tinggi, berat, serta diameter benda uji. Dapat dihitung volume bulk dan densitas.
- c. Tahap III - Tahap keempat perhitungan penyerapan aspal dengan campuran dengan menggunakan rumus.
- d. Tahap IV - aspal penetrasi 60/70 dituang ke dalam wajan berisi agregat yang diletakkan di atas timbangan.
- e. Tahap V - dari perhitungan berat jenis didapatkan nilai density maks teoritis dan VIM.

3. *Marshall Test*

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam.
- b. Benda uji direndam dalam water bath (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60 °C.
- c. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji Marshall untuk dilakukan pengujian.
- d. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).

Perhitungan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* di dapatkan dengan rumus.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Tabel 2 hingga 3 memuat hasil pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan sesuai dengan metode pengujian yang digunakan dan spesifikasi yang diharuskan. Selain itu, juga terdapat hasil pemeriksaan analisis saringan untuk agregat kasar dan halus yang disajikan dalam Tabel 2 dan 3 sebagai berikut.

Tabel 2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Berat Kering: 1000 gram			
	Berat		Persentase	
	Tertahan (gram)	Lolos (gram)	Σ Tertahan %	Lolos %
1/2"	25	975	2,5	97,5
3/8"	262,4	712,6	28,74	71,26
No. 4	537,8	174,8	82,52	17,48
No. 8	128,5	46,3	95,37	4,63
No. 16	8,6	37,7	96,23	3,77
No. 30	4,2	33,5	96,65	3,35
No. 50	6	27,5	97,25	2,75
No. 100	7,7	19,8	98,02	1,98
No. 200	8	11,8	98,82	1,18
PAN	11,8	0	100	0

Tabel 3. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Nomor Saringan	Berat Kering: 1000 gram			
	Berat		Persentase	
	Tertahan (gram)	Lolos (gram)	Σ Tertahan %	Lolos %
1/2"	0	1000	0	100

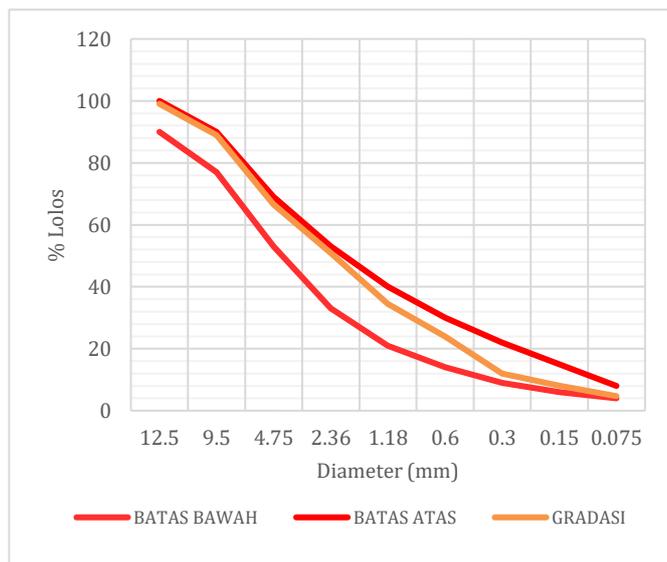
3/8"	1,7	998,3	0,17	99,83
No. 4	33,3	965	3,5	96,5
No. 8	179,5	785,5	21,45	78,55
No. 16	268,8	516,7	48,33	51,67
No. 30	171,3	345,4	65,46	34,54
No. 50	196,3	149,1	85,09	14,91
No. 100	61,4	87,7	91,23	8,77
No. 200	49,7	38	96,2	3,8
PAN	38	0	100	0

Analisa Rencana Campuran

Penentuan komposisi agregat campuran yang ideal dan memenuhi spesifikasi didapat dengan menggunakan metode *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi campuran beraspal tipe AC-WC. Nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC) dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik hasil blending agregat dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Analisa Campuran Agregat

No	Agregat			Filler	% Fraksi Agregat	Ketentuan AC-WC
	1	2	3			
1/2	97,5	100	100	99,05	90 - 100	
3/8	71,26	99,83	100	88,98	77 - 90	
4	17,48	96,50	100	66,54	53 - 69	
8	4,63	78,55	100	50,89	33 - 53	
16	3,77	51,67	100	34,43	21 - 40	
30	3,35	34,54	100	24,00	14 - 30	
50	2,75	14,91	100	11,99	9 - 22	
100	1,98	8,77	100	8,01	6 - 15	
200	1,18	3,80	99	4,71	4 - 8	



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat

Kadar Aspal Rencana

Dalam perencanaan pembuatan campuran aspal, terlebih dahulu dilakukan perkiraan kadar aspal optimum (Pb) berdasarkan peraturan Bina Marga 2018 sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + k$$

Keterangan:

Pb : kadar aspal ideal (% terhadap berat campuran)

CA : % agregat tertahan saringan No. 4

FA : % agregat lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200

FF : filler, persentase agregat minimal 75% lolos saringan No. 200

k : Nilai konstanta (untuk laston ± 0,5)

Adapun hasil perhitungan kadar aspal rencana untuk campuran aspal panas AC-WC berikut ini.

$$\%CA = (100 - 62) \% = 38\%$$

$$\%FA = (62 - 2) \% = 60\%$$

$$\%FF = 2\%$$

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + k$$

$$Pb = (0,035 \times 38\%) + (0,045 \times 60\%) + (0,18 \times 2\%) + 0,5$$

$$Pb = 6\%$$

Dengan demikian dibuat variasi campuran beraspal panas untuk dua sampel kadar aspal berada di atas nilai Pb dan dua sampel kadar aspal di bawah nilai Pb. Maka didapat kadar aspal rencana sebagai berikut:

$$Pb - 1\% = 6\% - 1\% = 5\%$$

$$Pb - 0,5\% = 6\% - 0,5\% = 5,5\%$$

$$Pb = 6\%$$

$$Pb + 0,5\% = 6\% + 0,5\% = 6,5\%$$

$$Pb + 1\% = 6\% + 1\% = 7\%$$

Hasil Analisis Parameter Pengujian Marshall

Setelah dilakukan penghitungan variasi kadar aspal rencana maka dilakukan pembuatan benda uji dan pengujian menggunakan alat Marshall. Pada pengujian benda uji dengan alat marshall, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan stabilitas dan kelelahan (*flow*). Selanjutnya dilakukan perhitungan atau analisis parameter pengujian Marshall yang terdiri dari kerapatan (*density*), *Void In Mineral Agregate* (VMA), *Void In Mix* (VIM), *Void In Filled With Asphalt* (VFA), dan *Marshall Quotient* (MQ).

Density

Density atau kepadatan menggambarkan seberapa padat suatu campuran yang telah dikompres. Jika *density* campuran tersebut tinggi dalam batas yang ditentukan, maka campuran tersebut dapat menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang memiliki *density* yang lebih rendah. Berikut Tabel 5 hasil *density* tanpa penambahan LDPE dan Tabel 6 hasil *density* dengan penambahan LDPE 7%. Selanjutnya dibuat grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3.

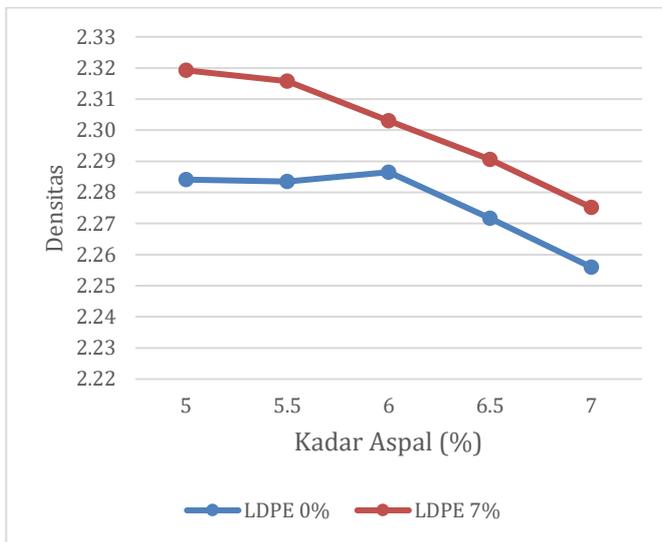
Tabel 5. Nilai *Density* LDPE 0%

Kadar Aspal (%)	Berat Kering (gr)	Berat Basah / SSD (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Isi (gr)	Density (gr)
5	1135,77	1142,23	644,97	497,27	2,284
5,5	1148,60	1156,47	653,47	503,00	2,284
6	1150,77	1158,97	655,63	503,33	2,287

Kadar Aspal (%)	Berat Kering (gr)	Berat Basah / SSD (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Isi (gr)	Density (gr)
6,5	1164,93	1173,33	660,50	512,83	2,272
7	1177,77	1186,50	664,40	522,10	2,256

Tabel 6. Nilai *Density* LDPE 0%

Kadar Aspal (%)	Berat Kering (gr)	Berat Basah / SSD (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Isi (gr)	Density (gr)
5	1135,77	1142,23	644,97	497,27	2,284
5,5	1148,60	1156,47	653,47	503,00	2,284
6	1150,77	1158,97	655,63	503,33	2,287
6,5	1164,93	1173,33	660,50	512,83	2,272
7	1177,77	1186,50	664,40	522,10	2,256



Gambar 3. Grafik Kadar Aspal vs *Density*

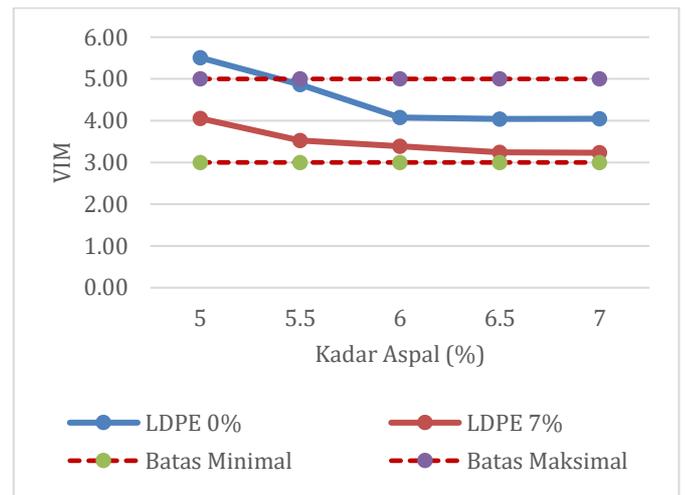
Dari gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kepadatan pada kadar aspal tertentu lalu mengalami penurunan setelahnya. Nilai titik puncak kepadatan yang terjadi pada campuran tanpa penambahan limbah plastik LDPE sebesar 2,287 gr/cc dan pada campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 7% sebesar 2,416 gr/cc. Hal ini berarti campuran aspal panas dengan penambahan limbah plastik LDPE 7% memiliki nilai kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan limbah plastik LDPE.

Void In Mix (VIM)

Parameter VIM atau *Volume of Voids in the Mineral Aggregate* dalam suatu campuran berkaitan dengan daya tahan dan kekuatan campuran tersebut. Semakin kecil nilai VIM, maka kemampuan campuran untuk menahan air akan semakin baik. Namun, jika nilai VIM terlalu rendah, ini dapat menyebabkan aspal keluar ke permukaan campuran. Berikut Tabel 7 hasil VIM tanpa dan dengan penambahan LDPE dan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 7. *Void In Mix* (VIM)

Kadar Aspal (%)	VIM (%)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5	5,51	4,05
5,5	4,87	3,52
6	4,08	3,38
6,5	4,04	3,24
7	4,05	3,23



Gambar 4. Grafik Kadar Aspal vs *Void In Mix* (VIM)

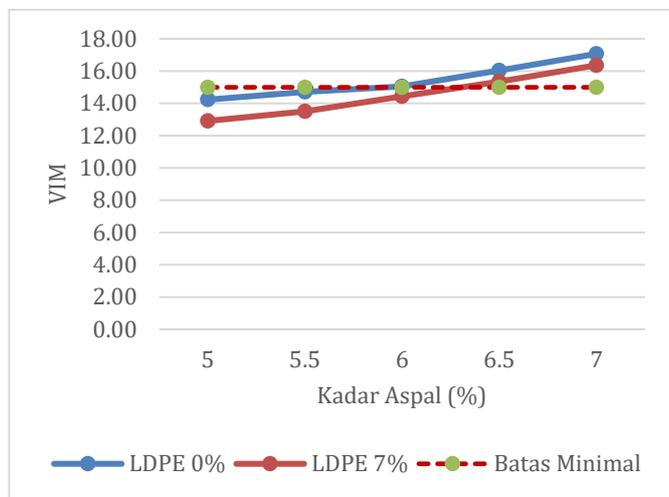
Grafik yang menunjukkan hubungan antara VIM dan kadar aspal menunjukkan bahwa semakin rendah kadar aspal, maka nilai VIM akan semakin tinggi. Namun, sebaliknya semakin tinggi kadar aspal, maka nilai VIM akan semakin rendah. Dari gambar 4 menunjukkan nilai VIM terendah pada 0% LDPE sebesar 4,04 dan nilai VIM terendah pada LDPE 7% sebesar 3,23. Dapat dilihat terjadi penurunan nilai VIM dengan penambahan plastik disbanding nilai VIM tanpa menggunakan plastik. Kondisi ini dapat menyebabkan campuran menjadi lebih kecil dan padat, sehingga kemungkinan terjadinya bleeding dan kelelahan plastis akan semakin besar.

Void In Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah persentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Tabel 8. *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

Kadar Aspal (%)	VMA (%)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5,0	14,23	12,91
5,5	14,71	13,50
6,0	15,05	14,43
6,5	16,05	15,35
7,0	17,07	16,37



Gambar 5. Grafik Kadar Aspal vs Void In Mineral Aggregate (VMA)

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa nilai VMA terendah 12,91 LDPE 7% dan 14,23 LDPE 0%. Dapat dilihat nilai VMA dengan LDPE 7% dan LDPE 0% mengalami peningkatan dari nilai VMA yang tanpa menggunakan campuran plastik dan nilai VMA meningkat seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini dikarenakan plastik dan aspal telah menyelimuti agregat dan menutupi sebagian besar rongga antara agregat.

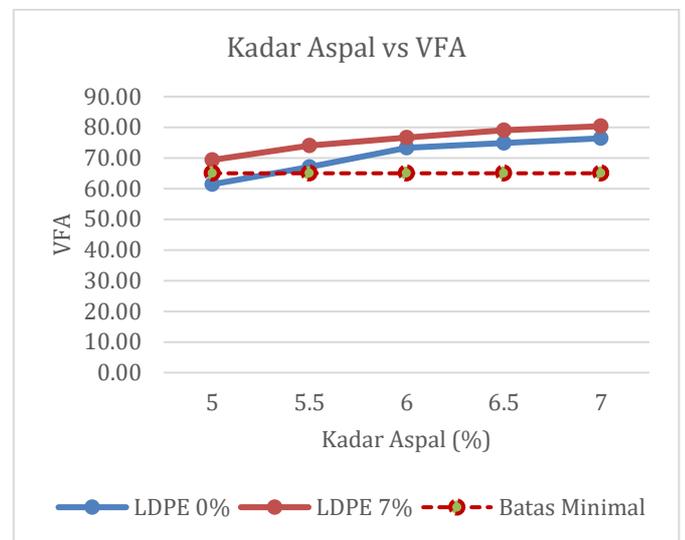
Void Filled Asphalt (VFA)

VFA atau *Voids Filled with Asphalt* merupakan ruang kosong di antara butiran agregat dalam suatu campuran yang diisi oleh aspal dengan efektif. Nilai VFA biasanya dinyatakan dalam persentase. Hasil perhitungannya VFA tanpa dan dengan penambahan limbah plastik LDPE dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 6.

Gambar 6 Grafik yang menunjukkan hubungan antara VFA dan kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal, maka nilai VFA juga akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh terisinya rongga kosong antara agregat oleh aspal. Nilai VFA dengan persentase plastik 80,35 mengalami kenaikan dari nilai VFA yang tanpa menggunakan campuran plastik 76,41.

Tabel 9. Void Filled Asphalt (VFA)

Kadar Aspal (%)	VFA (%)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5,0	61,41	69,35
5,5	67,06	74,05
6,0	73,28	76,64
6,5	74,85	78,99
7,0	76,41	80,35



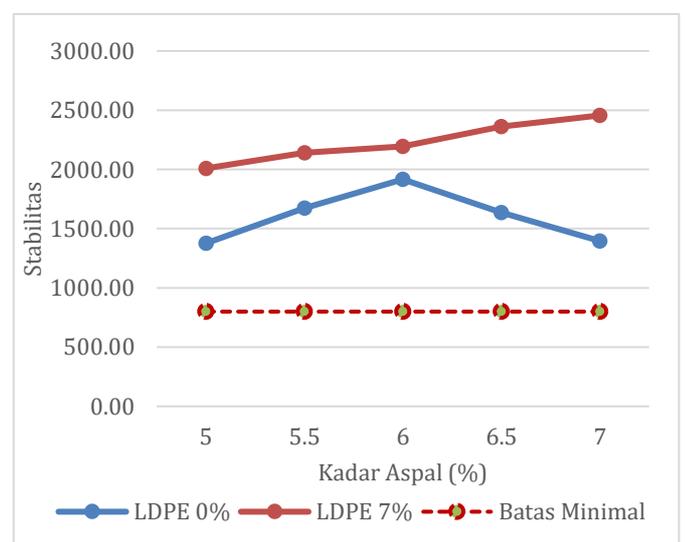
Gambar 6. Grafik Kadar Aspal vs Void Filled Asphalt (VFA)

Stabilitas

Stabilitas adalah ukuran kemampuan suatu perkerasan untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi atau perubahan bentuk yang signifikan. Nilai stabilitas dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, dan perkerasan dengan nilai stabilitas yang tinggi dapat menahan beban lalu lintas yang besar. Namun, jika stabilitas terlalu rendah, perkerasan akan lebih rentan terhadap deformasi seperti alur akibat beban lalu lintas. Berikut nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 7.

Tabel 10. Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5,0	1376,89	2009,52
5,5	1674,60	2139,77
6,0	1916,49	2195,59
6,5	1637,39	2363,05
7,0	1395,50	2456,08



Gambar 7. Kadar Aspal vs Stabilitas
Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai stabilitas

maksimum LDPE 0% sebesar 1916 kg dan LDPE 7% sebesar 2456 kg. Dengan menambahkan persentase plastik jenis LDPE pada campuran AC-WC, terjadi peningkatan stabilitas dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan plastik. Hal ini karena plastik dapat mengisi rongga kosong antara butiran agregat dalam campuran, sehingga mengurangi ukuran rongga dan membuat campuran menjadi lebih padat dan rapat.

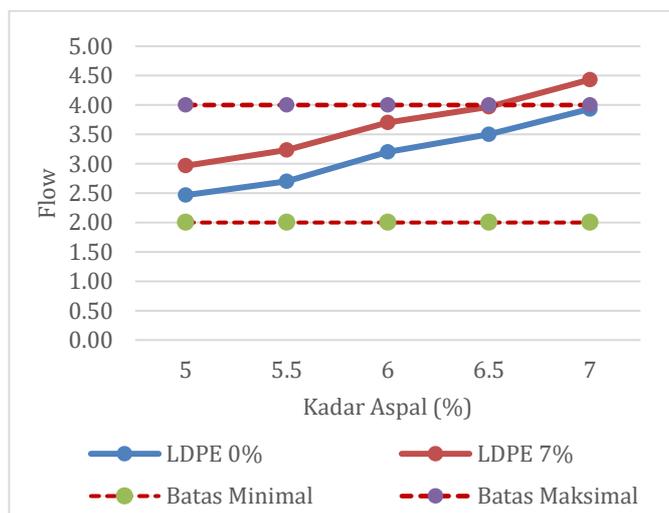
Flow

Flow adalah ukuran deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat beban lalu lintas. Jika nilai flow suatu campuran tinggi, maka campuran tersebut akan cenderung lembek dan dapat mengalami deformasi permanen akibat beban. Sebaliknya, jika nilai flow rendah, campuran akan menjadi kaku dan mudah retak jika dikenai beban yang melebihi daya dukungnya. Berikut nilai flow dari hasil pengujian menggunakan alat Marshall dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 8.

Tabel 11. Nilai Flow

Kadar Aspal (%)	Flow (mm)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5	2,47	2,97
5,5	2,70	3,23
6	3,20	3,70
6,5	3,50	3,97
7	3,93	4,43

Dari hasil pengamatan, pada gambar 8 nilai flow maksimum LDPE 0% sebesar 3,93 mm dan LDPE 7% 4,43. Nilai flow dengan campuran plastik mengalami peningkatan dibanding tanpa campuran plastik, dikarenakan penambahan kadar plastik pada campuran aspal menyebabkan campuran menjadi lebih kental dan berubah menjadi bahan yang bersifat plastis.



Gambar 8. Grafik Kadar Aspal vs Flow

Marshall Quotient (MQ)

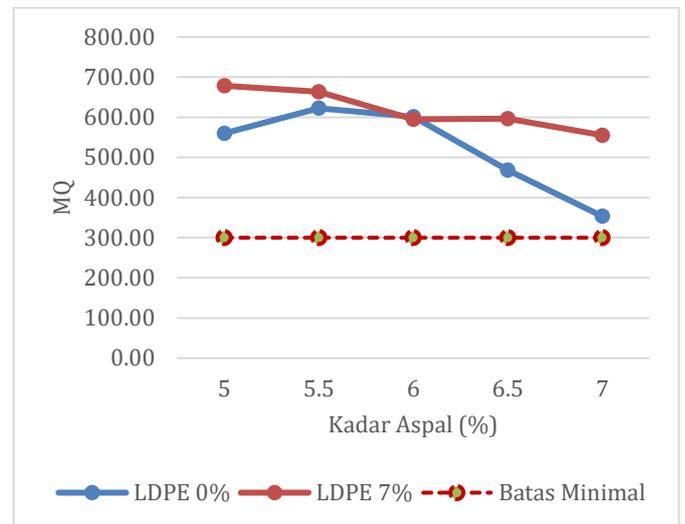
Marshall Quotient atau hasil bagi Marshall adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan suatu campuran aspal, yang merupakan indikator kekuatan campuran secara empiris. Hasil perhitungan MQ dari hasil pengujian menggunakan alat Marshall dapat dilihat pada

Tabel 12 dan Gambar 9.

Tabel 12. Nilai Marshall Quotient

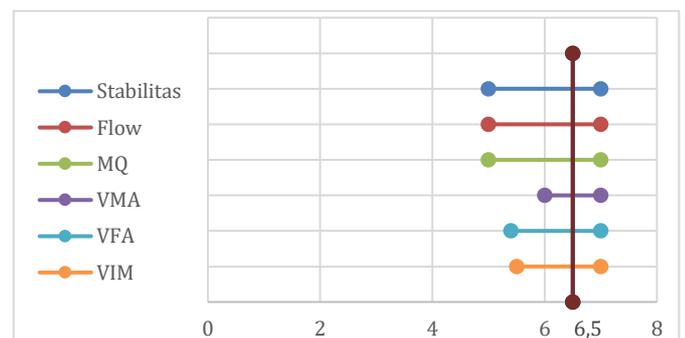
Kadar Aspal (%)	MQ (kg/mm)	
	LDPE 0%	LDPE 7%
5,0	559,68	678,54
5,5	622,59	663,52
6,0	601,06	595,23
6,5	468,72	596,53
7,0	353,37	555,33

Dari gambar 9 nilai MQ maksimum LDPE 0% sebesar 595,23 kg/mm dan LDPE 7% sebesar 678,54 kg/mm. Dapat dilihat nilai MQ mengalami peningkatan pada campuran aspal dengan penambahan limbah plastik LDPE. Hal ini berarti nilai stabilitas campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE semakin tinggi dan peningkatan nilai flow yang masih dalam batas.



Gambar 9. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Aspal vs Marshall Quotient

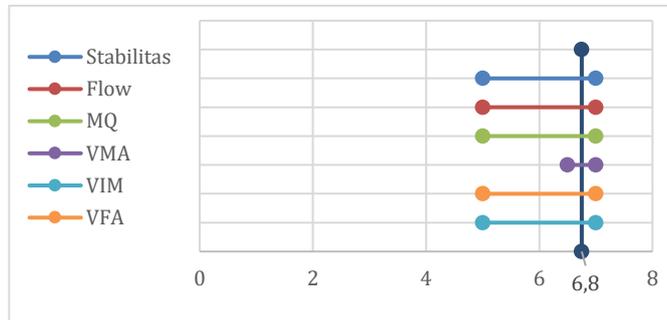
Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)



Gambar.10 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum LDPE 0%

Metode grafik digunakan dalam penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan membuat batas-batas nilai parameter Marshall yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk campuran aspal. Batas-batas tersebut dibuat dengan cara menggambar grafik

parameter yang memotong batas atas dan batas bawah.



Gambar 11. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum LDPE 7%

Berdasarkan hasil pengecekan di atas, nilai kadar aspal optimum pada campuran tanpa penambahan limbah plastik LDPE yaitu 6,5% dan pada campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 7% yaitu 6,8%.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu dalam campuran aspal panas dengan penambahan limbah plastik LDPE 7% menunjukkan nilai *Marshall Quotient* (MQ) yang semakin tinggi dibandingkan dengan campuran aspal panas tanpa penambahan limbah plastik LDPE. Pada campuran dengan kadar plastik 0% diperoleh nilai *Marshall Quotient* paling besar pada variasi aspal 5,5% dengan nilai 622,59 kg/mm dan dengan kadar plastik 7% diperoleh nilai Marshall Quotient paling besar pada variasi aspal 5% dengan nilai 678,54 kg/mm. Menunjukkan campuran memenuhi nilai minimal Marshall Quotient spesifikasi Bina Marga Revisi 2 pada laston AC-WC yaitu 200-400 kg/mm dan kadar aspal optimum pada campuran aspal panas dengan penambahan limbah plastic LDPE 7% diperoleh nilai 6,8% dan pada campuran aspal panas tanpa penambahan limbah plastik LDPE diperoleh nilai 6,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Susanto, N. Suaryana, B. Litbang Perkerasan Jalan, P. Litbang Jalan, and K. Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," 2019.
- [2] S. Arif, "ALTERNATIF PENGGUNAAN PLASTIK POLYPROPYLENE PADA CAMPURAN ASPAL," Jurnal CIVILLA, vol. 3, no. 1, Mar. 2018, [Online]. Available: <http://ik.pom.go.id>
- [3] U. Syiah Kuala, S. Fitri, S. M. Saleh, and M. Isya, "PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK KRESEK SEBAGAI SUBSITUSI ASPAL PEN 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC -BC," Universitas Syiah Kuala Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf, no. 7, 2311.
- [4] B. Afriyanto, E. W. Indriyati, and P. Hardini, "PENGARUH LIMBAH PLASTIK LOW DENSITY POLYETHYLENE TERHADAP KARAKTERISTIK DASAR ASPAL," vol. 19, no. 1, pp. 59-66, 2019.
- [5] C. S. Evrilyana, A. Ridwan, and Y. C. Setianto,

"PENELITIAN CAMPURAN ASPAL BETON MENGGUNAKAN PASIRVULKANIK GUNUNG KELUD DENGAN LIMBAH BOTOL PLASTIK".

- [6] "Menenggelmakan Pembuang Sampah Plastik di Laut," INDONESIA.GO.ID, Jul. 30, 2019.