

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI BAHAN TAMBAH ASPAL PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)

Johannes E. Simangunsong¹, Muhammad Jazir Alkas², Alinia Wati³

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: je.mangunsong@gmail.com

²Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: mjalkaz@gmail.com

³Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: aliniawati27@gmail.com

Abstrak

Aspal merupakan bahan pengikat yang paling banyak digunakan untuk perkerasan jalan. Sumber utama bahan aspal berasal dari proses penyulingan minyak bumi yang keberadaannya semakin hari semakin berkurang. Salah satu upaya untuk memodifikasi bahan aspal adalah dengan memanfaatkan limbah yang berasal dari bahan plastik sebagai bahan campuran pada aspal beton lapis aus (AC-WC). Salah satu limbah plastik yang dapat digunakan sebagai bahan tambah aspal adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat aspal akibat penambahan limbah plastik (PET) dan pengaruh penambahan limbah plastik (PET) pada aspal terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah limbah plastik (PET) dapat dimanfaatkan sebagai bahan modifikasi aspal (*Asphalt Modifier*) pada Campuran AC-WC yang ditunjukkan dengan terpenuhinya semua Karakteristik Marshall pada variasi kadar aspal 6% dan 6,5%

Kata Kunci: Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC), PET (Polyethylene Terephthalate), Modifikasi Aspal, Karakteristik Marshall

Abstract

Asphalt is the most widely used binder for road pavements. The main source of asphalt material comes from the petroleum refining process whose existence is decreasing day by day. One of the efforts to modify asphalt material is to utilize waste derived from plastic material Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC). One of the plastic wastes that can be used as an modifier asphalt is PET (Polyethylene Terephthalate).

The purposes of this study was to determine the characteristics of asphalt properties due to the addition of plastic waste (PET) and the effect of adding plastic waste (PET) to asphalt on the value of Marshall characteristics in the AC-WC mixture.

The results obtained from this study are plastic waste (PET) can be used as a modifier asphalt in the AC-WC mixture which is indicated by the fulfillment of all Marshall characteristics at variations in asphalt content of 6% and 6.5%.

Keywords: Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC), PET (Polyethylene Terephthalate), Modifier Asphalt, Marshall Characteristics

PENDAHULUAN

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling banyak digunakan pada struktur

Latar Belakang

perkerasan jalan raya, Beberapa kelebihan perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya yaitu memiliki daya dukung yang besar dalam menerima beban kendaraan bermotor serta biaya konstruksi dan pemeliharaan yang lebih ekonomis sedangkan kelemahannya adalah seiring meningkatnya beban lalu lintas jalan ditambah minimnya dana pemeliharaan perkerasan jalan, dapat mempercepat tingkat kerusakan jalan. Kerusakan jalan yang terjadi biasanya dipengaruhi oleh stabilitas aspal. (Hadid. M dkk, 2020).

Perkerasan lentur adalah campuran antara agregat halus, kasar, filler, dan aspal.. Fungsi aspal dalam campuran adalah sebagai bahan pengikat. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan atau nilai stabilitas aspal antara lain pertama dengan melakukan modifikasi pada campuran aspal dengan mengganti sebagian filler atau agregat halus dengan bahan tambah (Nursandah, F dan Zaenuri, M, 2019) dan kedua melakukan kodifikasi bahan aspal dengan menambahkan bahan tambah atau zat aditif (asphalt modifier). Bahan tambah aspal atau zat aditif dapat berupa polimer (plastik), karet (rubber), oksidan, antioksidan, dan hydrocarbon. (Masad, dkk 2020; Mashaan dkk, 2019; Khan dkk, 2016).

Penelitian kali ini akan menganalisa penambahan polimer (plastik) secara bersamaan sebagai bahan tambah aspal (asphalt modifier). Penambahan ini diharapkan dapat meningkatkan stabilitas aspal dan mengurangi penggunaan kadar aspal dalam campuran. Campuran aspal yang ditinjau adalah campuran Asphalt Concrete - Wearing Coarse (AC-WC) dengan menggunakan agregat Palu.

Adapun polimer (plastik) yang akan digunakan adalah limbah plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate) umumnya digunakan sebagai botol mineral. Penggunaan limbah plastik ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi sampah kemasan agar tidak menyebabkan dampak yang buruk tetapi dapat memberikan dampak yang baik untuk masyarakat dan lingkungan. Nasution, (2017) menyatakan limbah plastik PET sebagai bahan tambah dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal dari pada campuran aspal yang tidak menggunakan bahan tambah PET.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui karakteristik sifat aspal akibat penambahan limbah plastik (PET)
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik PET pada aspal terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembahasan tentang:

1. Campuran aspal beton yang ditinjau adalah aspal beton lapis aus (Asphalt Concrete – Wearing Course).
2. Aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina pen 60/70.
3. Limbah Plastik yang digunakan adalah type PET (Polyethylene Terephthalate)
4. Bahan tambah berbentuk cacahan atau potongan-potongan
5. Persentase penambahan limbah plastik PET 6% terhadap berat aspal.
6. Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian Marshall

TINJAUAN PUSTAKA

Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003), lapisan aspal beton (laston) merupakan beton aspal dengan gradasi menerus yang umumnya digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Berdasarkan fungsinya lapisan aspal beton (laston) mempunyai tiga jenis campuran, yaitu:

- **Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)**

Lapisan aspal beton aus atau dikenal dengan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) adalah lapisan aspal atas pada struktur perkerasan yang berfungsi sebagai lapisan aus dan mempunyai sifat non struktural. Lapisan aspal beton aus merupakan perkerasan yang paling halus dari lapisan jenis lainnya, mempunyai tebal nominal minimum 4 cm.

- **Aspal Beton Lapis Pengikat (AC-BC)**

Lapisan aspal beton pengikat atau dikenal dengan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) adalah lapisan aspal yang terletak dibagian bawah lapisan aspal beton aus dan terletak diatas lapisan pondasi.. Lapisan aspal beton pengikat mempunyai tebal nominal minimum 5 cm.

- **Aspal Beton Lapis Pondasi (AC-Base)**

Lapisan aspal beton lapis pondasi atau yang dikenal dengan AC-Base (Asphalt Concrete-

Base) adalah pondasi suatu perkerasan yang berasal dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu yang akan dicampurkan dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan aspal beton lapis pondasi mempunyai tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Karakteristik Campuran Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003), karakteristik campuran aspal beton terdiri dari 7 (tujuh) karakteristik, antara lain:

1. Stabilitas merupakan kemampuan suatu perkerasan yang dapat menerima beban kendaraan tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang, alur dan bleeding.
2. Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan campuran aspal beton dalam menerima repetisi beban seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan dan kemampuan untuk menahan keausan yang disebabkan oleh cuaca dan iklim seperti air, suhu dan udara.
3. Fleksibilitas dan kelenturan adalah kemampuan campuran aspal beton yang berfokus akibat penurunan dan pergerakan pondasi tanah dasar tanpa terjadinya keretakan.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (Fatigue Resistance) adalah kemampuan campuran aspal dalam menerima lendutan berulang yang disebabkan oleh repetisi beban tanpa mengalami kelelahan berupa alur dan retak
5. Kekesatan atau tahanan geser (Skid Resistance) adalah kemampuan campuran aspal dalam kondisi basah, memberikan kekuatan gesek pada roda kendaraan agar tidak tergelincir atau slip.
6. Kedap air (Impermeabilitas) adalah kemampuan suatu campuran agar air dan udara tidak mudah masuk kedalam lapisan aspal beton yang dapat mengakibatkan terjadinya percepatan pada proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal pada permukaan agregat.
7. Workability adalah kemampuan campuran aspal beton agar mudah dihamparkan dan dipadatkan, sehingga dapat mempermudah pelaksanaan untuk menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

Aspal

Aspal terbuat dari minyak mentah yang diproses dengan cara penyulingan atau ditemukan dalam

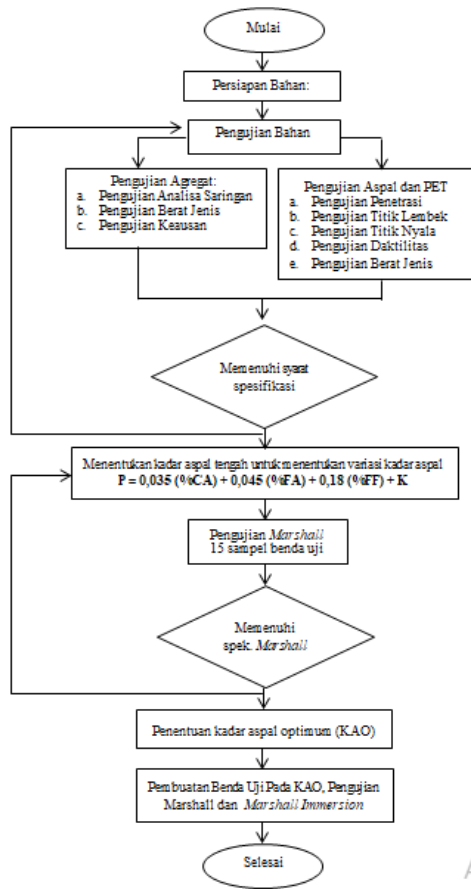
kandungan alam yang merupakan bagian dari komponen alam dan ditemukan bersama dengan material lain. Aspal merupakan bahan pengikat pada campuran aspal yang terbentuk dari susunan senyawa kompleks seperti asphaltene, resins, dan oils. Aspal bersifat visco-elastis dan tergantung waktu pada saat pembebanan. Proses pencampuran dan pemadatan aspal, sifat aspal didapat dari nilai viskositasnya, sedangkan pada masa pelayanan aspal mempunyai sifat viskositas dalam nilai modulus kekakuan.

PET (Polyethylene Terephthalate)

PET merupakan polimer yang jernih dan kuat bersifat sebagai penahan gas dan kelembaban. PET adalah film yang lunak, transparan, dan fleksibel mempunyai kekuatan bentur dan sobek yang baik, sehingga sangat mudah untuk didaur ulang. Untuk proses pemanasan pada suhu 110°C plastik jenis ini akan menjadi lunak atau cair. Berdasarkan sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik plastik ini mempunyai ketebalan 0,001 sampai dengan 0,01 inci. Plastik PET mempunyai berat jenis 1,38 g/cm³ (20°C), titik leleh 160°C-260°C, modulus elastisitas 2800-3100 Mpa, kuat tarik 55-75 Mpa dan batas elastisitas 50-15%. Plastik dengan bahan PET dapat digunakan untuk botol plastik seperti, botol air mineral, botol jus, dan semua jenis botol minuman. Plastik PET mempunyai ciri-ciri berwarna jernih atau transparan.

METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain tahapan persiapan material, pengujian bahan/material agregat dan aspal, penentuan Kadar Aspal Optimum, dan Pengujian Marshall dan Marshall Immersion. Secara lengkap tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang telah ditentukan dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran lapisan aspal beton lapis aus (AC-WC). Pengujian agregat tersebut terdiri dari: analisa saringan agregat kasar dan agregat halus berdasarkan (SNI ASTM C136-2012), berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan (SNI 03-1969-2008), berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan (SNI 03-1970-2008) dan keausan agregat atau abrasi dengan mesin los angeles (SNI 03-2417-2008)

Hasil analisa saringan agregat kasar dan halus secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1, 2,3, dan 4.

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar (CA)

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	109,7	109,7	10,97	89,03
3/8"	294,8	404,5	40,45	59,55
No. 4	494,1	898,6	89,86	10,14
No. 8	-	-	-	-
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Pan	71,8	970,4	97,04	2,96

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ex. Palu didapat persentase agregat kasar yang tertahan di saringan No. 3/8" dengan nilai sebesar 40,45%. Sedangkan persentase agregat kasar yang lolos di saringan No. 3/8" dengan nilai sebesar 59,55%.

Tabel 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Sedang (MA)

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	0	0	0	100
3/8"	207,3	207,3	20,73	79,27
No. 4	216,6	423,9	42,39	57,61
No. 8	415,2	839,1	83,91	16,09
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Pan	87,6	926,7	93,67	7,33

Hasil pengujian analisa saringan agregat sedang didapat persentase agregat sedang yang tertahan di saringan No. 4 dengan nilai sebesar 42,39%. Sedangkan persentase agregat sedang yang lolos di saringan No. 4 dengan nilai sebesar 57,61%.

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus diperoleh persentase agregat halus yang tertahan di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 86,28%. Sedangkan persentase agregat halus yang lolos di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 13,72%.

Tabel 3. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus (FA)

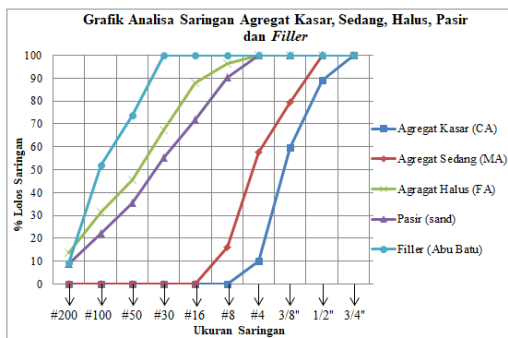
Saringan	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
No. 4	0	0	0	100
No. 8	18,3	18,3	3,66	96,34
No. 16	41,2	59,5	11,9	88,1
No. 30	103,1	162,6	32,52	67,48
No. 50	109,1	271,7	54,34	45,66
No. 100	70,7	342,4	68,48	31,52
No. 200	89	431,4	86,28	13,72
Pan	44,4	475,8	95,16	4,84

Tabel 4. Hasil Analisa Saringan Pasir (Sand)

Saringan	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
No. 4	0	0	0	100
No. 8	48,8	48,8	9,76	90,24
No. 16	91,7	140,5	28,1	71,9
No. 30	83,6	224,1	45	55
No. 50	98,7	322,8	64,56	35,44
No. 100	67	389,8	77,96	22,04
No. 200	64,9	454,7	90,94	9,06
Pan	20,2	474,9	94,98	5,02

Hasil pengujian analisa saringan pasir didapat persentase pasir yang tertahan di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 90,94%. Sedangkan persentase pasir yang lolos di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 9,06%.

Secara grafis, hasil analisa saringan agregat dapat diperhatikan pada Gambar 2



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat

Hasil Pengujian Aspal

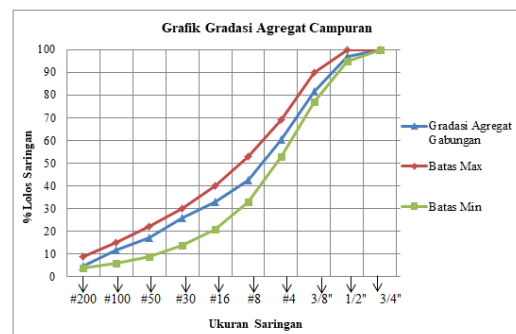
Pengujian aspal dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang telah ditentukan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk aspal keras. Pengujian aspal menggunakan 5 (lima) standar pengujian yang terdiri dari: pengujian penetrasi berdasarkan (SNI 06-2456-1991), pengujian titik lembek berdasarkan (SNI 2434-2011), pengujian titik nyala berdasarkan (SNI 2433-2011), pengujian daktilitas berdasarkan (SNI 2432-2011), dan pengujian berat jenis berdasarkan (SNI 2441-2011). Penelitian yang dilakukan menggunakan aspal keras pen 60/70, yang dicampur dengan bahan tambah limbah plastik sebanyak 6%, Hasil dari pengujian aspal ditunjukkan dalam pada Tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Keterangan
			min	max	
1	Penetrasi (0,1 mm)	62,17	60	70	Memenuhi
2	Titik Lembek (°C)	55,5	≥54	-	Memenuhi
3	Titik Nyala (°C)	245	≥232	-	Memenuhi
4	Daktilitas (cm)	111,4	≥100	-	Memenuhi
5	Berat Jenis (gr/cc)	1,04	≥1,0	-	Memenuhi

Perencanaan Pencampuran Gradasi Agregat Gabungan

Perencanaan gradasi agregat gabungan dapat menentukan kinerja perkerasan jalan, dengan melakukan pencampuran pada masing-masing fraksi agregat yang digunakan untuk mendapatkan gradasi agregat gabungan sesuai spesifikasi gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal. Hasil gradasi agregat gabungan campuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Hasil analisa untuk perancangan persentase komposisi gradasi agregat gabungan dalam campuran diperoleh penggunaan agregat kasar sebesar 30%, agregat sedang sebesar 30%, agregat halus sebesar 23%, pasir (sand) sebesar 15% dan bahan pengisi (filler) sebesar 2%.

Perencanaan Kadar Aspal Tengah

Penentuan kadar aspal tengah menggunakan rumus menurut spesifikasi Depkimpraswil 2002 sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\text{filler}) + K$$

Keterangan:

- P_b = kadar aspal tengah
- CA = agregat kasar tertahan saringan No. 4
- FA = agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200
- Filler = bahan pengisi minimal 75% yang lolos saringan No. 200
- K = konstanta dengan nilai 0,5-1,0 untuk laston dan 2,0-3,0 untuk laston untuk laston AC-WC nilai K yang diambil dengan nilai 0,75

Nilai kadar aspal tengah (Pb) diperoleh dari hasil perhitungan adalah 5,5%. Pada penelitian ini akan digunakan 5 variasi kadar aspal untuk campuran yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% terhadap berat total campuran. Setiap variasi kadar aspal akan dibuat masing-masing 3 buah benda uji, sehingga total benda uji untuk setiap kadar aspal dengan bahan tambah limbah plastik 6% adalah 15 buah

Hasil pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan berdasarkan SNI 06-2489-1991, dari hasil pengujian Marshall akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai-nilai parameter Marshall, sebagai berikut:

- Stabilitas
- Kelelahan (Flow)
- Marshall Quotient (MQ)
- Rongga Antar Agregat (VMA)
- Rongga Udara Campuran (VIM)
- Rongga Terisi Aspal (VFA)

Hasil pengujian Marshall secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall

No.	Jenis Parameter	Kadar Aspal					Spesifikasi
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%	
1	Stabilitas (kg)	830,00	914,61	991,68	1018,08	1187,76	Min. 1000
2	Flow (mm)	4,03	4,06	3,97	3,83	4,00	2-4
3	Marshall Quotient (kg/mm)	205,78	225,27	250,00	265,59	296,94	Min. 250
4	VMA (%)	14,973	14,991	14,892	15,786	16,132	Min. 15
5	VIM (%)	7,276	6,145	4,873	4,708	3,928	3,0-5,0
6	VFA	51,554	59,135	67,393	70,299	75,666	

Hasil pengujian Marshall dengan menambahkan limbah plastik 6% terhadap material aspal menunjukkan:

- Bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas akan terus mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan adanya peningkatan yang terjadi pada daya ikat aspal dan agregat dengan bertambahnya kerapatan pada campuran yang mempengaruhi besarnya nilai stabilitas, sehingga ikatan antar butiran semakin kuat yang dapat mengurangi kerusakan jalan seperti pelepasan butir, pengelupasan dan kelembaban.
- Nilai flow cenderung mengalami penurunan pada kadar aspal 5,5% sampai 6%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran menjadi kaku dan getas, sehingga pada saat menerima beban yang lebih besar campuran

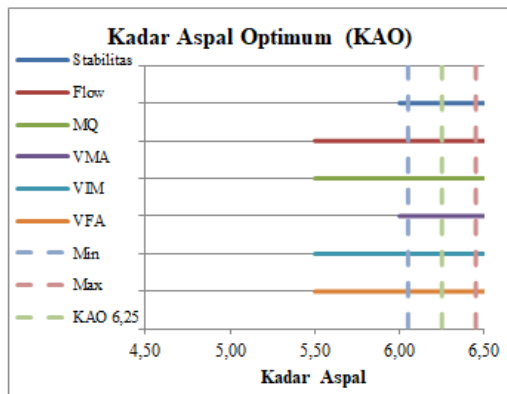
akan mudah retak. Sebaliknya, nilai flow mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,5%, 5% dan 6,5%. Nilai flow melewati batas maksimum yang membuat gesekan antara agregat lebih mudah, sehingga pada menerima beban yang besar campuran menjadi lebih lembek dan mudah mengalami perubahan bentuk.

- Bertambahnya kadar aspal membuat nilai Marshall Quotient (MQ) terus mengalami peningkatan dari kadar aspal 4,5% sampai 6,5%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga campuran tersebut menjadi tidak baik dan semakin getas yang akan menyebabkan campuran mudah mengalami retak.
- Nilai VMA (rongga antar agregat) cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran memiliki banyaknya rongga yang akan terisi oleh aspal. Hal ini juga mengakibatkan campuran pada saat menerima beban yang cukup besar akan mengalami bleeding.
- Seiring bertambahnya kadar aspal pada campuran aspal nilai VIM cenderung mengalami penurunan pada kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa aspal yang telah ditambah dengan limbah plastik dapat menyebabkan campuran mempunyai kekakuan yang tinggi dikarenakan rongga dalam campuran menjadi kecil, sehingga diharapkan mampu menambah umur suatu perkerasan.
- Bertambahnya kadar aspal pada campuran mengakibatkan nilai VFA cenderung mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa aspal yang telah ditambah dengan limbah plastik dapat menyebabkan banyaknya rongga yang mampu menampung aspal, sehingga campuran mempunyai kekedapan yang tinggi terhadap air dan udara.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

KAO adalah nilai tengah pada rentang kadar aspal yang menghubungkan antara kadar aspal dengan parameter Marshall sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. KAO bertujuan untuk dapat mengetahui kadar aspal manakah yang terbaik atau kadar aspal yang terefektif pada campuran aspal.

KAO dapat dianalisa setelah mendapatkan hasil dari pengujian Marshall yang dilakukan yaitu stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VMA, VIM dan VFA dengan melihat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dan hasil dari beberapa parameter pengujian Marshall serta telah dapat memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik KAO Limbah Plastik

Berdasarkan Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa rentang minimum dan maksimum kadar aspal yang memenuhi spesifikasi perkerasan aspal untuk campuran lapisan aspal beton aus (AC-WC) dengan bahan tambah limbah plastik 6%, yaitu pada kadar aspal 6% sampai 6,5%. sehingga diperoleh nilai KAO campuran beraspal dengan bahan tambah limbah plastik 6% adalah 6,25%

Pengaruh Bahan Tambah Limbah Plastik PET Terhadap Pengujian Marshall Immersion

Marshall Immersion atau pengujian perendaman bertujuan untuk mengetahui durabilitas campuran dan mengetahui perubahan karakteristik campuran terhadap pengaruh air, suhu, dan cuaca. Nilai Marshall Immersion didapatkan dari hasil perendaman benda uji ke dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam. Jumlah benda uji yang dibuat untuk pengujian ini sebanyak 6 buah (masing-masing 3 buah benda uji untuk waktu perendaman yang berbeda) dengan menggunakan KAO yang merupakan hasil dari campuran bahan aspal dan limbah plastik 6%. Hasil pengujian akan memperoleh nilai stabilitas sisa Marshall. Berdasarkan Bina Marga Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 nilai

stabilitas sisa Marshall setelah perendaman adalah 90%. Nilai Marshall Immersion yang lebih dari 90% dapat dinyatakan bahwa campuran tersebut mempunyai ketahanan yang cukup terhadap kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

Hasil stabilitas sisa Marshall dengan bahan tambah limbah plastik 6 % terhadap bahan aspal didapat nilai sebesar 90,30%, Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan bahan tambah limbah plastik 6% memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 90%. Hasil pengujian Marshall Immersion secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Marshall Immersion

Jenis Parameter	Waktu Perendaman	Bahan Tambah Limbah Plastik 6% (KAO=6,25%)
Stabilitas (kg)	30 menit	1398,91
Flow (mm)		3,80
Marshall Quotient (kg/mm)		368,13
VMA (%)		15,240
VIM (%)		3,500
VFA (%)		77,033
Stabilitas (kg)	24 Jam	1263,17
Flow (mm)		4,73
Marshall Quotient (kg/mm)		266,87
VMA (%)		14,814
VIM (%)		3,015
VFA (%)		79,648
Stabilitas Marshall sisa (%)		90,30

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Limbah plastik PET dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah aspal (Asphalt Modifier) pada Campuran AC-WC, semua parameter Marshall dapat terpenuhi pada variasi kadar aspal 6% dan 6,5%
- Pada KAO 6,25% stabilitas sisa Marshall dengan bahan tambah limbah plastik 6 % memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan yaitu > 90%

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis limbah plastik lainnya seperti jenis limbah plastik LDPE ataupun HDPE atau bahan lainnya seperti material karet baiki karet alam cair ataupun limbah karet seperti karet ban.

- Penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat menggunakan banyak variasi persentase penggunaan limbah plastik
- Perlu dipertimbangkan penggunaan agregat lokal sebagai material pembentuk campuran AC-WC

Daftar Pustaka

- [1] Hadid, M dan Ubudiyah, A, dan Apriyani, D. W (2020): Alternatif Aspal Modifikasi Polimer dengan Menggunakan Sampah Plastik Kemasan Makanan, Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, Vol. 4, No. 1, Januari 2020
- [2] Khan, I. M., Kabir, S., Alhussain, M. A, dan Almansoor, F.F. (2016): Asphalt Design using Recycled Plastic and Crumb-rubber Waste for Sustainable Pavement Construction, Procedia Engineering 145 (2016) 1557 – 1564
- [3] Masad,E., Roja, K. L., Rehman, A., dan Abdala, A. (2020): A Review of Asphalt Modification Using Plastics: A Focus on Polyethylene, Texas A&M University at Qatar, Doha, Qatar, 2020
- [4] Mashaan, N. S., Rezagholilou, A., dan Nikraz, H. (2019): Waste Plastic as Additive in Asphalt Pavement Reinforcement: A review, 18th AAPA International Flexible Pavements Conference 2019, Sydney, New South Wales, Australia
- [5] Nursandah, F dan Zaenuri, M (2019): Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall, Jurnal CIVILLA, Vol 4 No 2, ISSN No. 2503 – 2399
- [6] Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga: Bandung
- [7] Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3
- [8] SNI ASTM C136-2012
- [9] SNI 03-1969-2008
- [10] SNI 03-2417-2008