

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK
POLYPROPYLENE (PP) TERHADAP KETAHANAN RAVELLING
CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE
(THE EFFECT OF WASTE POLYPROPYLENE (PP) PLASTIC TO THE
RAVELLING RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE WEARING
COURSE MIXES)**

Hery Awan Susanto¹⁾, Karina Merdiana²⁾, Eva Wahyu Indriyati³⁾

^{1),2),3)} Universitas Jenderal Soedirman

^{1),2),3)}Jl. Raya Mayjen Sungkono KM 5, Purbalinga, Jawa Tengah 53371

e-mail: ¹⁾ hery.susanto@unsoed.ac.id, ²⁾ karina.merdiana@mhs.unsoed.ac.id, ³⁾ eva.indriyati@unsoed.ac.id

Diterima: 20 Juli 2021; direvisi: 17 November 2021; disetujui: 29 November 2021.

ABSTRAK

Ravelling adalah kerusakan jalan yang terjadi ketika ikatan antar agregat dan aspal telah hilang. Salah satu faktor kerusakan ravelling disebabkan oleh nilai kohesi dan adhesi yang semakin menurun. Oleh karena itu, faktor material menjadi salah satu parameter dalam meningkatkan nilai kohesi dan adhesi pada aspal. Untuk meningkatkan kualitas material sekaligus sebagai upaya dalam mengurangi pencemaran lingkungan, maka limbah plastik jenis polypropylene (PP) digunakan pada campuran asphalt concrete wearing course (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik polypropylene (PP) terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan revelling dilihat dari nilai VIM dan nilai abrasi dengan variasi kadar polypropylene (PP) sebanyak 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat aspal yang digunakan. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ cenderung mengalami kenaikan, sedangkan nilai Flow, VIM dan VFA cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya persentase kadar limbah plastik polypropylene (PP) dalam aspal. Sedangkan untuk hasil nilai abrasi dengan alat modifikasi ravelling sederhana menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase kadar limbah plastik polypropylene (PP) dalam aspal maka nilai VIM dan abrasinya semakin kecil. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan plastik polypropylene (PP) dapat meningkatkan kinerja campuran terhadap ketahanan ravelling dilihat dari nilai VIM pada parameter Marshall dan nilai abrasi dari pengujian ravelling.

Kata Kunci: ravelling, karakteristik Marshall, vim, polypropylene, AC-WC.

ABSTRACT

Ravelling is road damage that occurs when the bond between aggregate and asphalt has been lost. One of the factors of ravelling damage is caused by the decreasing value of cohesion and adhesion. Therefore, the material factor becomes one of the parameters in increasing the value of cohesion and adhesion to asphalt. To improve material quality as well as an effort to reduce environmental pollution, polypropylene (PP) plastic waste is used in asphalt concrete wearing course mixtures. This study aims to determine the effect of adding polypropylene (PP) plastic waste to Marshall characteristics and revelling resistance seen from the VIM value and abrasion value with variations in polypropylene (PP) waste content as much as 0%, 2%, 4%, and 6% of the weight of the asphalt. Marshall test results show that the values of stability, VMA, and MQ tend to increase, while the values of flow, VIM and VFA tend to decrease with the increase in the percentage of polypropylene (PP) plastic waste content in the asphalt. As for the reMults of the abrasion value with a simple ravelling modification tool, it shows that the higher the percentage of polypropylene (PP) plastic waste in the asphalt, the smaller the VIM and abrasion value. It can be concluded that the addition of polypropylene (PP) plastic waste can improve the performance of the mixture against ravelling resistance seen from the VIM value on the Marshall parameter and the abrasion value of the ravelling test.

Keywords: ravelling, Marshall characteristic, vim, polypropylene, AC-WC.

PENDAHULUAN

Kerusakan *ravelling* atau pelepasan butiran merupakan kerusakan yang terjadi karena struktur perkerasan kehilangan aspal atau pengikat serta tercabutnya partikel-partikel agregat (Hardiyatmo 2015). Faktor dari kerusakan *ravelling* dapat disebabkan oleh banyaknya rongga dalam lapisan perkerasan yang akan memudahkan masuknya air dan udara sehingga nilai kohesi dan adhesi aspal menjadi berkurang (Arifin dan Wijanarko 2001). Selain itu, faktor dari kualitas material juga sangat berpengaruh terhadap kerusakan *ravelling* (You, Nanxiang and Jinglian 2018). Maka dari itu, pemilihan material dan bahan pengikat menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi besar kecilnya nilai kohesi dan adhesi pada aspal. Untuk meningkatkan kualitas material aspal, telah dilakukan penelitian menggunakan bahan tambah limbah plastik jenis *polypropylene* (PP) pada *campuran asphalt concrete wearing course* (AC-WC). Salah satu alasan dipilihnya limbah plastik jenis ini dikarenakan sifat dari bahan plastik PP yang mampu memperbaiki daya ikat.

Penelitian mengenai penggunaan limbah plastik PP terhadap campuran beraspal pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati 2015) dan (Arif 2018) tetapi penelitian tersebut sebagian besar hanya menganalisis sebatas pengaruh penambahan limbah plastik PP terhadap karakteristik Marshall campuran beraspal saja. Sedangkan penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah plastik PP terhadap ketahanan *ravelling* campuran beraspal belum ada sehingga studi lebih lanjut sangat diperlukan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas campuran khususnya ketahanan *ravelling* dan juga diharapkan dapat menjadi solusi dalam penanganan limbah plastik di Indonesia.

Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kinerja ketahanan *ravelling* campuran beraspal AC-WC akibat penambahan limbah plastik jenis plastik PP yang diindikasikan oleh besarnya nilai VIM pada parameter Marshall dan nilai abrasi dari pengujian *ravelling*. Penelitian ini juga akan menghasilkan rancangan alat untuk menguji abrasi pada campuran AC-WC. Alat tersebut

selanjutnya disebut dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana.

HIPOTESIS

Hipotesis dari penelitian ini yaitu: Aspal modifikasi plastik PP mampu meningkatkan kinerja campuran beraspal ketahanan *ravelling* ditinjau dari parameter Marshall dan nilai abrasi.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman dan Laboratorium AMP Adi Mulya Wijaya Purbalingga. Beberapa tahapan dalam penelitian ini meliputi tahap persiapan, pengujian material, perencanaan campuran, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji. Tahap selanjutnya adalah analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

Penyiapan Benda Uji

Tahapan persiapan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka dengan mereview beberapa jurnal untuk dijadikan sumber informasi terkait dengan pengujian *ravelling*. Kemudian dilanjutkan dengan mempersiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), aspal, dan limbah plastik jenis PP.

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui kualitas dari material yang akan digunakan. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, dan pengujian aspal.

Untuk tahap campuran dimulai dengan mencari kadar aspal optimum (KAO) menggunakan metoda Marshall. Selanjutnya ke dalam campuran pada KAO ditambahkan limbah plastik dengan persentase yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal yang digunakan. Metode pencampuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah pencampuran secara basah, yaitu plastik PP ditambahkan ke dalam aspal setelah dipanaskan terlebih dahulu. Aspal dan plastik PP ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan, lalu lelehkan plastik dan aspal dalam wadah yang berbeda. Setelah plastik PP meleleh campurkan ke dalam aspal yang sedang

dipanaskan, lalu aduk campuran aspal dan plastik PP sampai campuran aspal dan plastik PP terlihat homogen.

Dalam pembuatan benda uji tahapan yang dilakukan adalah merencanakan campuran aspal dan agregat. Agregat ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan perencanaan gradasi yang telah ditentukan. Setelah dilakukan penimbangan, agregat dipanaskan, lalu jika suhu pencampuran telah tercapai, campurkan aspal yang telah ditambahkan plastik PP sesuai kadar yang telah direncanakan yakni 0%, 2%, 4% dan 6% dari berat aspalnya ke dalam agregat sampai berat 1200gr. Aduk agregat dan aspal sampai homogen. Setelah temperatur pemadatan tercapai, campuran agregat dan aspal dimasukkan ke dalam cetakan Marshall lalu ditumbuk sebanyak 2x75 tumbukan sebagai representatif untuk lalu lintas tinggi.

Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Marshall dan pengujian *ravelling*. Pengujian Marshall mengacu pada SNI 062489-1991 (BSN 1991). Sedangkan untuk pengujian *ravelling* mengacu pada pengujian wet track abrasion loss ISSA A143-2010. Dari metode ISSA A143-2010 ini selanjutnya dikembangkan alat modifikasi *ravelling* sederhana. Berikut adalah langkah-langkah pengujian *ravelling*:

1. Setelah benda uji dilepaskan dari cetakan, kemudian disimpan dalam suhu ruang minimal selama 24 jam.
2. Sebelum dimasukkan ke dalam alat uji *ravelling* benda uji direndam terlebih dahulu didalam bak peredam selama 30 menit dengan suhu 60°C. Setelah itu timbang benda uji dalam keadaan SSD.
3. Setelah ditimbang, masukan benda uji ke dalam alat uji *ravelling* dalam kondisi SSD. Pengujian bisa dilakukan dalam keadaan kering atau basah.
4. Lakukan pengujian *ravelling* dengan kecepatan 40 km/jam selama kurang lebih 5 menit.
5. Setelah diuji selama 5 menit, benda uji yang dalam keadaan SSD bisa langsung di timbang, tetapi untuk pengujian dalam keadaan basah benda uji harus didiamkan terlebih dahulu sampai berat benda uji stabil.

Hasil dan analisis data diperoleh dari hasil pengujian Marshall dan pengujian abrasi dengan alat uji *ravelling*. Dari hasil pengujian Marshall didapatkan nilai KAO dan

karakteristik campuran AC-WC dengan bahan tambah PP. Sedangkan dari hasil pengujian dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana didapatkan nilai abrasi untuk masing-masing kadar aspal yang telah ditambahkan limbah plastik PP.

Setelah hasil dan analisis data, maka tahap selanjutnya adalah pembahasan dari hasil pengujian yang merupakan diskusi terhadap hasil pengujian material, karakteristik Marshall, dan ketahanan *ravelling*.

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Salah satu jenis campuran beraspal yang sering digunakan adalah beton aspal. Beton aspal atau *hot mix asphalt* merupakan campuran dari agregat dan aspal yang dicampur pada suhu 145-155°C. (Silvia Sukirman 2003). Beton aspal sendiri memiliki 3 jenis berdasarkan fungsi dan letak lapisannya, yaitu: *asphalt concrete wearing course* (AC-WC), *asphalt concrete binder course* (AC-BC), dan *asphalt concrete base* (AC-base). AC-WC diaplikasikan untuk lapis permukaan perkerasan jalan, sehingga langsung bersentuhan dengan roda kendaraan dan lingkungan disekitar jalan. Oleh karena itu AC-WC selain harus kuat menahan beban dan aus juga harus kedap air serta faktor cuaca akibat panas dan curah hujan.

Ravelling

Ravelling merupakan peristiwa pelepasan butiran pada lapisan permukaan struktur perkerasan jalan. Hal tersebut diakibatkan oleh hilangnya ikatan aspal dan agregat. Beberapa penyebab hilangnya ikatan antar aspal dan agregat adalah:

1. Debu yang menyelimuti agregat sehingga aspal tidak mampu mengikat agregat.
2. Kualitas material yang buruk sehingga ikatan agregat dan aspal mudah terlepas.
3. Lapisan perkerasan memiliki banyak rongga yang akan memudahkan masuknya air dan udara ke dalam lapis perkerasan, sehingga adhesi dan kohesi aspal menjadi berkurang.



Gambar 1. Kerusakan *ravelling* (Hardiyatmo 2015)

Limbah Plastik PP

Plastik PP adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Penggunaan jenis polimer ini dalam kehidupan sehari-hari yang sering ditemukan adalah tempat makanan plastik dengan simbol daur ulang “5” dan merupakan jenis sampah plastik terbanyak pertama di Indonesia. Limbah plastik PP mempunyai karakteristik transparan, berwarna putih tetapi tidak jernih, dan mengkilap. Selain itu, salah satu kelebihan dari limbah plastik jenis ini dikarenakan sifat dari bahan plastik PP yang mampu memperbaiki daya ikat.



Gambar 2. Limbah plastik PP

Pengujian Marshall

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian dengan metode Marshall. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur stabilitas atau daya tahan campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Parameter penting yang ditentukan dalam mengetahui karakteristik campuran menggunakan pengujian Marshall dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan dari nilai kepadatan (*Density*), VIM (*Void in the Mix*), VFA (*Voids Filled with Asphalt*), VMA (*Voids in Mineral Aggregate*), dan MQ (*Marshall Quotient*). Alat Marshall merupakan

alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* atau cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Cetakan untuk benda uji Marshall berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm. Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991 (BSN 1991). Sedangkan, tahapan perhitungan untuk mencari karakteristik Marshall mengacu pada RSNI M-01-2003 (BSN 2003).



Gambar 3. Alat pengujian Marshall.

Dalam pengujian ini, hubungan antara nilai karakteristik Marshall terhadap ketahanan *ravelling* dapat dilihat pada persentase rongganya, sehingga kriteria yang digunakan adalah nilai VIM nya saja. Jika nilai VIM terlalu tinggi maka keawetan dari suatu lapisan perkerasan akan berkurang, karena semakin besar rongga dalam campuran maka udara dan air akan mudah masuk ke dalam lapisan perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal, sehingga selimut aspal semakin tipis yang berakibat nilai adhesi dan kohesi semakin berkurang. Sementara itu air akan melemahkan ikatan aspal dengan agregat yang dapat menyebabkan pelepasan butiran atau *ravelling* (Arifin dan Wijanarko 2001).

Pengujian *Ravelling*

Pengujian dalam menentukan nilai abrasi pada suatu lapisan perkerasan dapat menggunakan alat *Wet Track Abrasion Test* (WTAT). Tetapi di Indonesia alat tersebut sangat sulit ditemukan. Karena itu, biasanya dalam menentukan nilai abrasi peneliti menggunakan metode Cantabro seperti yang telah dilakukan oleh Winayati dkk. (2018). Metode Cantabro merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk menentukan ketahanan lapis perkerasan terhadap abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola-bola baja (Winayati,

Rahman, dan Saleh 2018). Tetapi, metode ini dirasa kurang tepat, karena dalam pengujiannya, metode Cantabro memutar benda uji sampai 300 kali putaran untuk mendapatkan nilai abrasi, sedangkan dalam penerapannya pengujian tersebut kurang sesuai dengan kondisi di lapangan. Oleh karena itu, Alat modifikasi sederhana dibuat mendekati kondisi di lapangan untuk menentukan nilai abrasi. Dalam penerapannya, alat uji *ravelling* ini memberikan suatu gambaran sejauh mana ketahanan perkerasan aspal menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Pengujian dilakukan dalam keadaan basah dan kering yang menggambarkan kondisi di lapangan ketika suatu perkerasan mengalami suatu kondisi cuaca seperti hujan dan panas. Karena alat uji *ravelling* ini merupakan versi sederhana dari alat *Wet Track Abrasion Test* (WTAT), maka dalam perancangannya beberapa pertimbangan sangat dibutuhkan agar penerapannya dapat mewakili alat sebenarnya dengan kondisi di lapangan (Susanto, Yang and Chou 2019). Oleh karena itu, dalam perancangannya, variabel alat perlu dipertimbangkan. Variabel yang digunakan dalam perancangan alat ini diantaranya variabel beban roda, waktu putaran, dan kecepatan mesin pemutarnya. Dari variabel yang telah ditentukan, maka didapatkan spesifikasi umum untuk alat uji ini yaitu:

1. Kecepatan: kecepatan yang digunakan adalah kecepatan yang disesuaikan dengan kecepatan mesin bor yaitu 1400 rpm, jika dikonversikan kecepatan ini setara dengan kecepatan 40 km/jam di lapangan.
2. Beban roda: beban roda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 8 kg, beban ini didapatkan dari beban sumbu standar untuk kendaraan roda ganda yaitu sebesar 8,16 Ton. Sehingga perbandingan antara di laboratorium dan di lapangan sekitar 1:1000.
3. Waktu putaran: pengujian dengan alat modifikasi *ravelling* sederhana dilakukan selama 5 menit sesuai dengan tahapan pengujian untuk metode WTAT (*Wet Track Abrasion Test*) yang terdapat dalam Pedoman perancangan dan pelaksanaan lapis permukaan mikro (micro-surfacing) (Kementerian PUPR 2015)



Gambar 4. Alat uji *ravelling*.

Nilai abrasi dari hasil pengujian *ravelling* mengacu pada persamaan WTAT, yaitu sebagai berikut :

$$\text{Nilai keausan} = \frac{A-B}{L} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- A : Berat benda uji semula (gr)
- B : Berat benda uji setelah di uji (gr)
- L : Luas area (Cm²)

HASIL DAN ANALISIS

Hasil Pengujian Agregat

Hasil dari pengujian material yang terdiri dari pengujian agregat halus, agregat kasar, filler dan plastik PP dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Abrasi dengan mesin	4	Maks. 8
Los Angeles (500 Putaran)	16	Maks. 40
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,7	>2,5
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,72	>2,5
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,78	>2,5
Penyerapan (%)	1,05	<3
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	100	Min. 95

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,68	>2,5
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,75	>2,5
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,88	>2,5
Penyerapan (%)	2,57	<3
Material lolos ayakan no.200	0,78	Maks. 1

Tabel 3. Hasil pengujian filler

Jenis Pengujian	Hasil	Syarat
Berat jenis (gr/cc)	2,13	-
Filler lolos ayakan No.200	94,2	>75%

Tabel 4. Hasil pengujian limbah plastik PP

Pengujian	Hasil	Syarat
Berat Jenis (gr/cc)	0,904	0,895-0,920
Titik Leleh (°C)	160	-

Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal penetrasi 60/70. Hasil pengujian

untuk masing-masing aspal dengan kadar plastik 0%, 2%, 4%, dan 6% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian aspal dengan penambahan limbah plastik PP

Pemeriksaan Aspal	Hasil				Syarat	
	0%	2%	4%	6%	Aspal Pen 60/70	Aspal Modifikasi
Penetrasi pada 25° (0,1 mm)	68,7	62,2	61	60,1	60-70	Min.40
Titik Lembek (°C)	58,3	62,8	68	71,3	≥ 48	≥ 54
Daktilitas pada 25°C (cm)	110	106,5	102,5	98	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	258	253	245	241	≥ 232	≥ 230
Berat Jenis	1,016	1,024	1,039	1,060	≥ 1,0	≥ 1,0
Viskositas Kinematis (cSt)	494	1544	1609	1733	≥ 300	≥ 3000

Dari hasil pengujian viskositas maka didapatkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan untuk masing-masing kadar plastik PP. Suhu pencampuran dan pemadatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Suhu pencampuran dan pemadatan

Kadar PP dalam aspal (%)	Suhu Pencampuran (°C)	Suhu Pemadatan (°C)
0	155	145
2	188	176
4	190	178
6	192	180

Hasil Pengujian Marshall untuk KAO

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai KAO yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan sampel dengan

kadar campuran yang ditambah limbah plastik PP. Sebelum mencari kadar aspal optimum, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai kadar aspal rencana. Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum yang dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Hasil perhitungan Pb didapatkan kadar aspal rencana sebesar 5,5%, sehingga didapatkan rentang kadar aspal yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%. Penentuan KAO berdasarkan campuran standar dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 tanpa penambahan limbah PP (0%). Hasil pengujian Marshall dalam menentukan nilai KAO dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Marshall dalam menentukan nilai KAO pada lapisan AC-WC.

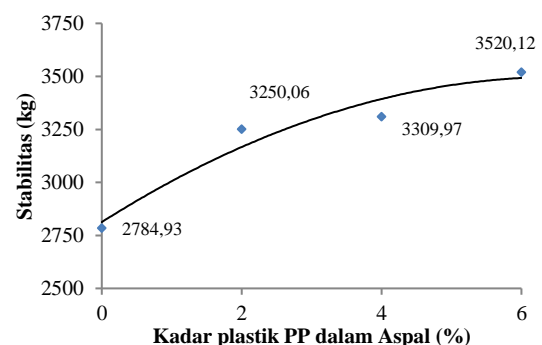
Parameter Marshall	Syarat	Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi				
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Stabilitas (Kg)	> 800	2394	2797	2934	2329	2463
Kelelahan (mm)	> 3	3,3	4,2	4,3	4,5	4,5
VIM (%)	3-5	13,4	7,2	5	9,3	7,2
VMA (%)	> 15	20,7	16,3	16,1	21,2	21,2
VFA (%)	> 65	46,3	69,3	77,7	66,6	72,5
MQ (Kg/mm)	> 250	749,9	688,5	676,1	522,2	551,4
Kadar aspal optimum				5,5 %		

Dari tabel pengujian di atas dapat dilihat bahwa nilai Kadar aspal optimum yang didapatkan dalam pengujian ini sebesar 5,5%.

Hasil Pengujian Marshall Aspal Modifikasi dengan Penambahan Limbah Plastik PP

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan dalam menerima beban sampai terjadinya kelelahan. Nilai stabilitas yang didapatkan dalam setiap kadar plastik PP dalam aspal dapat dilihat pada Gambar 5.

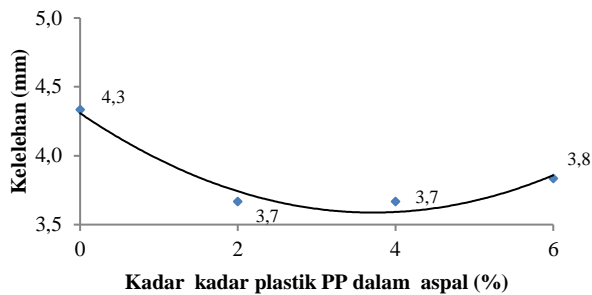


Gambar 5. Grafik hubungan kadar plastik (PP) dalam aspal dan stabilitas.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, persyaratan untuk nilai stabilitas pada campuran laston (AC) minimum 800 kg, sedangkan untuk campuran laston modifikasi minimum 1000 kg, sehingga campuran tersebut memenuhi syarat minimum stabilitas.

2. Kelelahan

Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi terhadap lapisan perkerasan akibat pembebanan yang diterimanya. Nilai ini dapat langsung didapatkan dari pembacaan arloji kelelahan pada saat pengujian Marshall. Nilai kelelahan dapat dilihat pada Gambar 6.

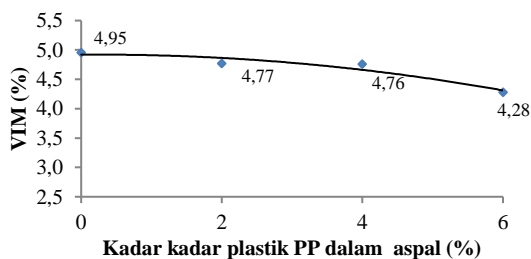


Gambar 6. Grafik hubungan kadar plastik PP dalam aspal dan kelehan/flow.

Nilai kelelahan yang disyaratkan yaitu lebih besar dari 3 mm, sehingga campuran tersebut memenuhi spesifikasi.

3. VIM (Void in the Mix)

Nilai VIM merupakan persentase banyaknya rongga dalam campuran aspal. Nilai VIM mempengaruhi nilai durabilitas, semakin besar nilai VIM maka campuran aspal bersifat keropos dan menyebabkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan. Nilai VIM dapat dilihat pada Gambar 7.

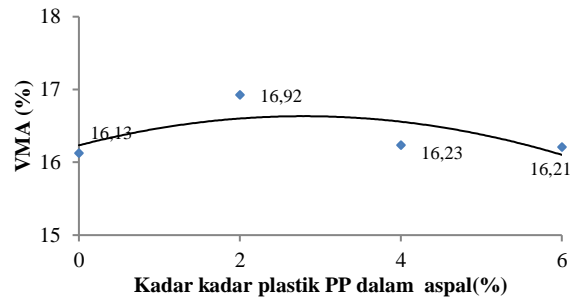


Gambar 7. Grafik hubungan kadar PP dalam aspal dan VIM.

Syarat untuk nilai VIM (*Void in the Mix*) berkisar antara 3-5% sehingga campuran ini memenuhi spesifikasi.

4. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Nilai VMA merupakan volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal yang telah dipadatkan. Nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 8.

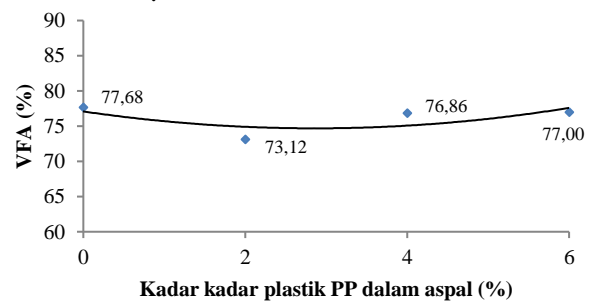


Gambar 8. Grafik hubungan kadar plastik PP dalam aspal dan VMA.

Spesifikasi untuk nilai VMA yang disyaratkan minimum 15%, dan dari hasil pengujian hasilnya memenuhi syarat spesifikasi.

5. VFA (*Void Fill with Asphalt*)

Nilai VFA merupakan volume rongga yang terisi oleh aspal. Pada kondisi kering rongga pada campuran akan terisi oleh udara sedangkan pada kondisi basah rongga akan terisi oleh air. Nilai VFA dapat dilihat pada Gambar 9.

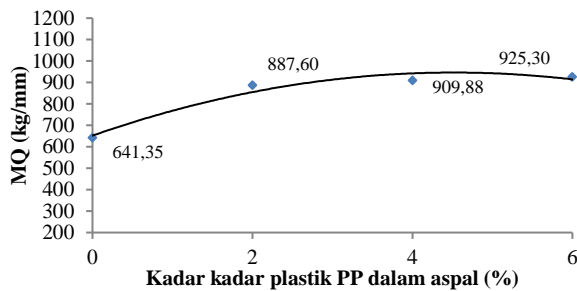


Gambar 9. Grafik hubungan kadar plastik PP dalam aspal dan VFA.

Batasan untuk nilai VFA pada spesifikasi yaitu minimum 65%, sehingga semua nilai VFA yang dihasilkan memenuhi spesifikasi.

6. MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ merupakan rasio dari stabilitas terhadap kelelahan. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas suatu campuran. Semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku, sebaliknya jika nilai MQ semakin kecil maka resiko kerusakan yang terjadi adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 10.

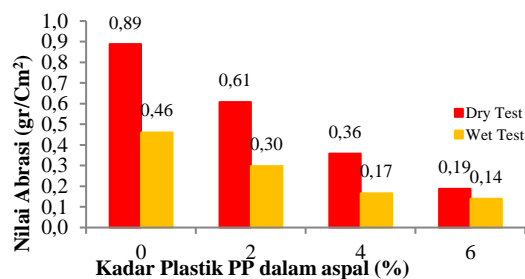


Gambar 10. Grafik hubungan kadar Plastik PP dalam aspal dan MQ.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa semua campuran dengan berbagai variasi penggunaan limbah plastik PP memenuhi syarat spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm.

Hasil Pengujian Ravelling

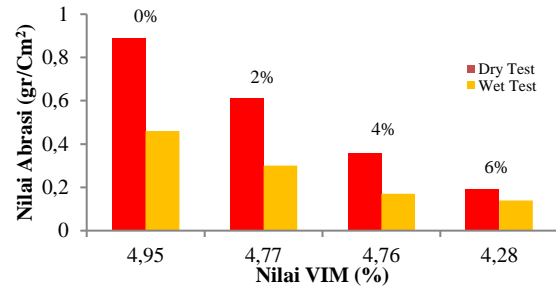
Nilai dari pengujian menggunakan alat uji *ravelling* memberikan suatu gambaran sejauh mana ketahanan perkerasan aspal menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Dalam pengujian ini, benda uji diuji dalam keadaan basah dan kering, hal ini menggambarkan kondisi di lapangan ketika suatu perkerasan mengalami suatu kondisi cuaca seperti hujan dan panas. Hasil perhitungan dari pengujian alat uji *ravelling* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik hubungan kadar plastik PP dalam aspal terhadap nilai abrasi

Hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi

Hasil analisis untuk mencari hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik hubungan antara nilai VIM dan nilai abrasi

PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan mengenai pengaruh penambahan limbah plastik PP terhadap ketahanan *ravelling*, maka dapat dibahas sebagai berikut ini.

Karakteristik Material

Dari Tabel 1-4 disimpulkan bahwa semua material yang digunakan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga. Berat jenis agregat kasar, halus, dan filler telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Agregat kasar yang digunakan juga memiliki kekuatan yang tinggi berdasarkan hasil uji abrasi. Untuk penyerapan air agregat yang dipakai memiliki kemampuan menyerap air yang kecil, sehingga bagus untuk mendukung ikatan dengan aspal. Hal ini juga terlihat dari nilai kelekatan agregat kasar yang diatas ketentuan minimal Bina Marga. Sementara itu untuk hasil pengujian limbah PP menunjukkan berat jenis dalam rentang spesifikasi yang ditentukan dan titik lelehnya sebesar 160 °C.

Tabel 5 merupakan hasil pengujian karakteristik aspal akibat penambahan kadar limbah PP ke dalam aspal. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan kadar limbah PP akan mampu menurunkan nilai penetrasi, daktilitas, dan titik nyala. Di sisi yang lain titik lembek, berat jenis dan viskositas kinematis meningkat seiring dengan penambahan kadar limbah PP dalam aspal. Dari perubahan karakteristik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar persentase kadar limbah PP dalam aspal, maka aspal bersifat keras, kaku, tetapi mudah menyala/terbakar. Namun demikian seiring penambahan kadar limbah PP

dalam aspal akan mampu mengurangi penggunaan penggunaan aspal itu sendiri. Hal ini terlihat dari naiknya berat jenis.

Karakteristik Marshall

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal berdampak pada kenaikan nilai stabilitas. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmawati (2015). Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada aspal dengan penambahan kadar aspal 6% yaitu sebesar 3520,12 kg. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai penetrasi akan menjadi semakin rendah dan campuran AC-WC akan semakin keras dan kaku. Kenaikan stabilitas diakibatkan oleh perubahan sifat fisik aspal limbah PP yang semakin keras.

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa pengaruh kadar limbah PP dalam aspal, maka nilai kelelahan turun pada kadar limbah PP 2-4%, dan akan naik setelahnya pada kadar limbah PP 6%. Namun demikian kelelahan pada kadar limbah PP 6% masih di bawah campuran AC-WC tanpa limbah PP (0%). Sehingga dapat disimpulkan nilai kelelahan akan menurun seiring dengan penambahan kadar limbah PP. Dengan meningkatnya sifat kekerasan aspal akibat limbah PP, maka kemampuan perubahan bentuk arah vertikal juga menurun.

Gambar 7 menunjukkan bahwa bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal dapat menurunkan nilai VIM. Hasil ini sesuai juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2015). Nilai campuran AC-WC tanpa limbah PP (0%) lebih tinggi dibandingkan dengan limbah PP 2-6%. Penurunan nilai VIM diakibatkan oleh sifat *flowable* dari aspal dengan limbah PP yang mampu untuk mengisi rongga dalam campuran AC-WC. Sehingga campuran AC-WC menjadi semakin kedap.

Pada Gambar 8 terlihat bahwa bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai VMA mengalami perubahan dari naik pada kadar limbah PP 2% dan akan menurun pada kadar limbah PP 4-6%. Namun nilainya masih diatas dari VMA tanpa limbah PP (0%). Sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan limbah PP mampu menaikkan nilai VMA. Hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal, maka berat isi campuran semakin bertambah

akibat aspal dengan limbah PP yang menyelimuti agregat.

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal maka nilai VFA semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh karena rongga dalam campuran semakin mengecil akibat terisi oleh aspal.

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar limbah PP dalam aspal, maka nilai MQ semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar plastic PP dalam aspal, maka modulus kekakuan campuran AC-WC semakin tinggi.

Ketahanan Ravelling

Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar plastik PP dalam aspal menyebabkan nilai abrasi semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya kadar limbah plastik PP, maka daya ikat antar agregat dalam campuran semakin baik sehingga pemisahan antara agregat dengan aspal saat dilakukan pengujian abrasi dengan alat uji *ravelling* semakin kecil. Selain itu, dapat dilihat pada grafik bahwa nilai abrasi hasil dari pengujian dengan cara basah lebih rendah dibandingkan dengan pengujian dengan cara kering, hal ini disebabkan oleh pengaruh suhu dan waktu pada saat pengujian.

Pada saat pengujian cara kering, benda uji direndam terlebih dahulu pada *waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit, sehingga ketika dilakukan pengujian selama 5 menit campuran aspal masih dalam keadaan panas dan kehilangan berat pada benda lebih banyak dikarenakan sifat campuran yang berubah menjadi rapuh. Sedangkan pada saat pengujian basah, walaupun benda uji direndam terlebih dahulu dengan *waterbath* dengan suhu yang sama, tetapi ketika dilakukan pengujian benda uji direndam dalam air di suhu ruang dan menyebabkan sifat campuran menjadi kaku kembali. Sehingga ketika dilakukan pengujian selama 5 menit, air dan udara belum sepenuhnya masuk ke dalam campuran yang menyebabkan sifat campuran belum banyak terpengaruh. Sedangkan dalam penerapan di lapangan, air dan udara mempengaruhi sifat campuran aspal yang menyebabkan terjadinya keropos.

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai VIM maka nilai abrasi juga semakin rendah dan demikian pula sebaliknya

jika VIM besar, maka nilai abrasi semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya rongga dalam campuran aspal maka air dan udara akan lebih mudah masuk yang berdampak pada melemahnya ikatan aspal dan agregat, sehingga nilai abrasi yang terjadi juga akan semakin besar. (Arifin dan Wijanarko 2001).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh penambahan limbah plastik PP terhadap ketahanan *ravelling* dapat diambil kesimpulan semua kadar aspal dengan penambahan limbah plastik PP memenuhi spesifikasi pengujian Marshall. Berdasarkan hasil pengujian nilai parameter Marshall dengan penambahan limbah plastik PP berpengaruh pada meningkatnya nilai stabilitas, VMA, dan MQ. Sedangkan nilai kelelahan, VIM, dan VFA semakin menurun.

Penambahan limbah plastik PP pada aspal dapat meningkatkan kualitas campuran terhadap ketahanan *ravelling*. Hal ini dapat dilihat pada nilai VIM pada hasil pengujian Marshall dan nilai abrasi pada pengujian *ravelling*. Pada pengujian Marshall, semakin bertambahnya kadar plastik PP pada aspal maka nilai persentase VIM dalam campuran semakin kecil sehingga air dan udara tidak mudah masuk ke dalam lapisan aspal. Sedangkan hasil dari pengujian *ravelling*, baik untuk pengujian basah maupun pengujian kering, semakin bertambahnya kadar plastik PP dalam aspal maka nilai abrasi semakin kecil.

Saran

Pada saat pencampuran aspal dengan limbah plastik PP pastikan campuran tersebut telah tercampur secara merata, karena sangat berpengaruh pada hasil pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: UGM Press
- Arifin, Bustanul, dan Wijanarko, D. 2001. *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Filler terhadap Karakteristik Campuran HRS*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- You, Qinglong, Nanxiang Zheng, and Jinglian Ma. 2018. Study of Ravelling Failure on Dense Graded Asphalt Pavement. *In Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Transport* 171(3): 146-155.
- Rahmawati, Anita. 2015. Perbandingan Penggunaan Polypropylene (PP) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada campuran Laston_WC. *Media Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang* 15(1): 11-19.
- Arif, S. 2018 Alternatif Penggunaan Plastik Polypropylene Pada Campuran Aspal. *Jurnal CIVILA* 3(1): 140-145.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Malang: NOVA.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton aspal campuran panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall SNI 2489-1991*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall RSNI-M-01-2003*. Jakarta: BSN.
- Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2015. *Pedoman Perancangan dan Pelaksanaan Lapis Permukaan Mikro (micro-surfacing)*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Winayati, Rahmat, A., dan Saleh, A. 2018. Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler Ditinjau Dari Nilai Keausan Perkerasan (Cantabro Test). *INA-Rxiv*: 1-10.
- Susanto, H.A., Yang, S.H., and Chou, H.H. 2019. Mechanical Properties of Thin Surface Treatment for Pavement Maintenance. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. 14(2):136-57.