

Journal homepage: <http://jurnal.polinema.ac.id/> ISSN: 2722-9203 (media online/daring)

## SUBSTITUSI POLYPROPYLENE DAN POLYETHYLENE PADA LIMBAH MASKER DAN LIMBAH AMP SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Shane Putra Wijaksana<sup>1,\*</sup>, Wahiddin<sup>2</sup>, Agus Sugiarto<sup>3</sup>,

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email : [shaneputra123@gmail.com](mailto:shaneputra123@gmail.com)

### ABSTRAK

Peningkatan penggunaan aspal akibat pesatnya pembangunan infrastruktur membutuhkan material konstruksi berkualitas. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* sering digunakan, namun keterbatasan bahan baku mendorong pencarian alternatif *filler* berkelanjutan. Limbah masker medis (*polypropylene* dan *polyethylene*) dan limbah *Asphalt Mixing Plant (AMP)* memiliki potensi sebagai *filler* alternatif. Keberlanjutan lingkungan menjadi pertimbangan penting, mengingat meningkatnya volume limbah masker sejak pandemi dan limbah AMP yang tidak terkelola dengan baik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kedua limbah ini terbukti berpengaruh pada kualitas campuran aspal, sehingga penelitian ini bertujuan menggabungkan keduanya sebagai *filler* dalam campuran aspal AC-WC. Penelitian menguji variasi kadar limbah masker medis (0%, 5%, 10%, dan 15%) dan limbah AMP sebagai *filler* dalam campuran aspal AC-WC. Hasil menunjukkan kadar aspal optimum (KAO) terpilih sebesar 6,45%, menghasilkan campuran sesuai spesifikasi Bina Marga 2018. Penambahan limbah masker medis meningkatkan stabilitas dan *flow*, meskipun nilai *flow* sedikit menurun pada kadar 15%. Penggunaan limbah AMP juga meningkatkan nilai *flow* campuran aspal AC-WC. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah AMP dan masker medis sebagai *filler* dapat meningkatkan kualitas campuran aspal dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

**Kata kunci** : Limbah masker medis, limbah AMP, aspal AC-WC, karakteristik Marshall, keberlanjutan lingkungan.

### ABSTRACT

*The increased use of asphalt due to rapid infrastructure development requires quality construction materials. Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) is often used, but limited raw materials encourage the search for sustainable filler alternatives. Medical mask waste (polypropylene and polyethylene) and Asphalt Mixing Plant (AMP) waste have potential as alternative fillers. Environmental sustainability is an important consideration, given the increasing volume of mask waste since the pandemic and the poorly managed AMP waste. Based on previous research, these two wastes have been shown to affect the quality of asphalt mixtures, so this research aims to combine them as fillers in AC-WC asphalt mixtures. The study tested variations in the levels of medical mask waste (0%, 5%, 10%, and 15%) and AMP waste as filler in AC-WC asphalt mixtures. The results showed that the optimum asphalt content (KAO) was selected at 6.45%, resulting in a mix that complies with Bina Marga 2018 specifications. The addition of medical mask waste increased stability and flow, although flow decreased slightly at 15%. The use of AMP waste also increased the flow of the AC-WC asphalt mixture. Overall, this study shows that the use of AMP waste and medical masks as fillers can improve the quality of asphalt mixtures and support environmental sustainability.*

**Keywords** : Medical mask waste, AMP waste, AC-WC asphalt, Marshall characteristics, environmental sustainability.

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan aspal seiring pesatnya pembangunan infrastruktur di berbagai wilayah telah mendorong kebutuhan akan kualitas jalan yang baik, guna

memberikan kenyamanan optimal bagi pengguna. Jalan sebagai sarana transportasi utama diharapkan dapat memiliki struktur perkerasan yang kokoh dan tidak mudah rusak, sehingga dapat mengurangi goncangan yang dapat

mengganggu kenyamanan berkendara [1]. Salah satu jenis aspal yang banyak digunakan dalam perkerasan jalan adalah *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC), yang berfungsi sebagai lapisan permukaan untuk memberikan kenyamanan berkendara sekaligus menahan beban kendaraan yang ada di atasnya. Untuk mencapai kualitas campuran AC-WC yang optimal, sering kali dilakukan pengujian dengan uji Marshall dan penambahan *filler* seperti semen atau abu batu. Meskipun demikian, keterbatasan bahan baku *filler* ini menuntut adanya inovasi dalam mencari alternatif *filler* yang lebih berkelanjutan [2].

Sejak pandemi COVID-19, terjadi peningkatan tajam dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), khususnya masker medis, yang diproyeksikan akan meningkat tahunan hingga 20% dari tahun 2020 hingga 2025 [3]. Masker medis terbuat dari berbagai lapisan bahan, dengan lapisan utama terdiri dari kapas, *polypropylene* (PP), dan *polyethylene* (PE) [4]. Bahan-bahan ini memiliki sifat tahan lama, daya serap yang baik, dan titik leleh yang cocok untuk digunakan dalam campuran aspal panas. Sebagai hasilnya, limbah masker medis berpotensi dimanfaatkan sebagai *filler* dalam campuran aspal untuk meningkatkan daya ikat dan stabilitasnya [5], [6].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan limbah masker sebagai *filler* dapat mempengaruhi karakteristik Marshall dari campuran aspal, meskipun stabilitasnya lebih rendah daripada campuran normal [7]. Seiring dengan itu, banyak perusahaan AMP, seperti PT Sriwijaya 87 di Kabupaten Malang, menghasilkan limbah AMP yang juga berpotensi digunakan dalam campuran perkerasan jalan. Dengan semakin besarnya volume produksi AMP, maka potensi limbah ini untuk dimanfaatkan kembali dalam teknik sipil semakin terbuka lebar. Salah satu studi menunjukkan bahwa penggunaan limbah AMP sebagai pengganti *filler* dapat meningkatkan stabilitas dan *flow* campuran aspal [8].

Berangkat dari studi-studi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji pemanfaatan limbah masker dan limbah AMP sebagai alternatif *filler* dalam campuran aspal AC-WC. Penelitian ini akan menguji berbagai kadar limbah masker (0%, 5%, 10%, dan 15%) serta penggunaan limbah AMP, guna melihat dampaknya terhadap kualitas campuran aspal berdasarkan parameter Marshall yang sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018. Dengan mengkombinasikan kedua jenis limbah ini, diharapkan dapat diperoleh campuran aspal yang lebih optimal dan mendukung keberlanjutan pengelolaan limbah sebagai alternatif material konstruksi.

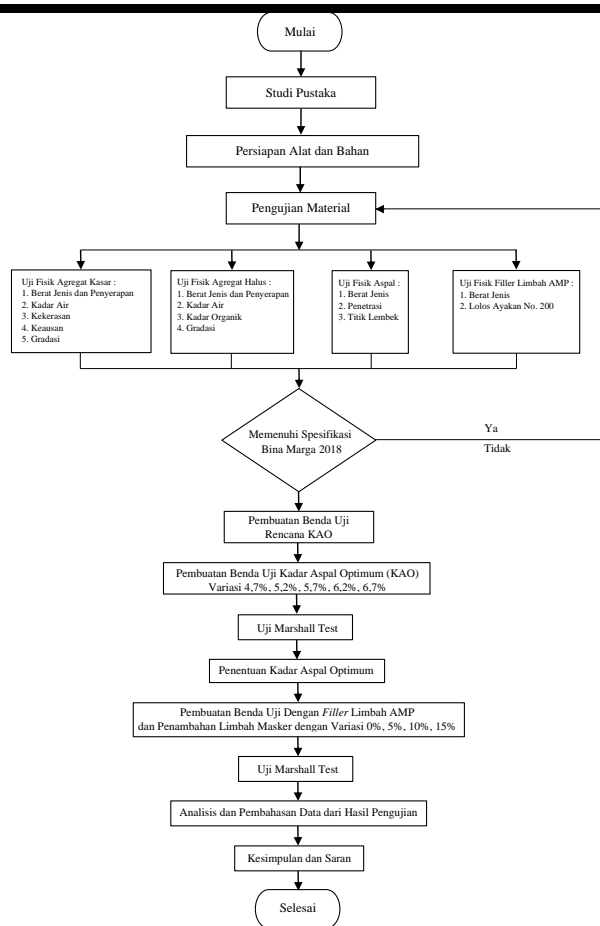
## 2. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan limbah masker medis dan limbah Asphalt Mixing Plant (AMP) sebagai *filler* dalam campuran aspal AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*). Metode eksperimen dengan uji Marshall digunakan untuk menilai pengaruh variasi limbah terhadap karakteristik campuran aspal, termasuk stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient*. Proses penelitian meliputi pengumpulan bahan, penentuan *Job Mix Formula* (JMF), pengujian, dan analisis data. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan Aspal, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, yang memiliki fasilitas lengkap untuk mendukung uji material aspal sesuai dengan standar teknik sipil.

Bahan yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal pen 60/70, limbah masker medis, dan limbah AMP. Sebelum digunakan, bahan-bahan ini diuji untuk memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Setiap bahan diuji secara menyeluruh untuk memastikan kualitas dan kestabilannya dalam campuran aspal. Setelah bahan disiapkan, penentuan JMF dilakukan untuk menentukan komposisi bahan campuran yang optimal, dengan mempertimbangkan gradasi material berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018. JMF memastikan bahwa proporsi agregat kasar, agregat halus, dan aspal memenuhi standar teknis yang berlaku.

Setelah JMF ditentukan, tahap berikutnya adalah penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk setiap variasi campuran. KAO dihitung melalui pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal yang diuji, mulai dari kadar minimum hingga maksimum yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Setiap variasi kadar aspal dan *filler* diuji dengan dua benda uji, menghasilkan total sepuluh benda uji yang digunakan untuk menentukan KAO yang akan menjadi acuan dalam pembuatan campuran selanjutnya. Proses ini sangat penting untuk memastikan campuran aspal yang dihasilkan memiliki kualitas yang optimal sesuai dengan kebutuhan konstruksi jalan.

Pengujian karakteristik campuran meliputi stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient*. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk mengevaluasi kesesuaian campuran. Perhitungan volumetrik juga dilakukan untuk memperoleh nilai karakteristik campuran dan untuk mengambil kesimpulan. Secara keseluruhan, hal ini dapat digambarkan pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Flowchart

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Sifat Bahan

Sebelum pembuatan campuran aspal, material harus diperiksa melalui pengujian sifat fisik untuk memastikan kualitasnya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan sebelum melanjutkan ke pengujian Marshall dan penyusunan *Job Mix Formula* (JMF), guna menjamin kelayakannya dalam campuran aspal yang optimal. Hasil dari pengujian sifat fisik material disajikan dalam uraian berikut:

#### a. Hasil Uji Karakteristik Fisik Agregat Halus

Pengujian fisik agregat halus mencakup berbagai parameter, seperti Kadar Air, BJ Bulk, BJ APP, BJ JPK/SSD, Kadar Organik, dan Penyerapan, yang dilakukan untuk memastikan bahwa material memenuhi standar mutu yang ditetapkan, guna mengevaluasi kelayakan agregat halus dalam campuran aspal, sebagaimana tercantum dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Standar Mutu	Referensi
Kadar Air	1,74	%	Min. 0,5%, Max 2%	SNI 03-1971-1990
BJ Bulk	2,687	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
BJ APP	2,742	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
BJ JPK/SSD	2,707	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
Kadar Organik	1	%	Min. 1, Max 3	SNI 03-2816-2014
Penyerapan	0,746	%	Max 3 %	SNI 1969:2016

#### b. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian fisik agregat kasar mencakup berbagai parameter, seperti Kadar Air, BJ Bulk, BJ APP, BJ JPK/SSD, Penyerapan, Kekerasan, dan Keausan, yang dilakukan untuk memastikan bahwa material memenuhi standar mutu yang ditetapkan, guna mengevaluasi kelayakan agregat kasar dalam campuran aspal, sebagaimana tercantum dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Standar Mutu	Referensi
Kadar Air	1,55	%	1-5 %	SNI 03-1971-1990
BJ Bulk	2,708	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
BJ APP	2,864	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
BJ JPK/SSD	2,762	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5	SNI 1969:2008
Penyerapan	2,011	%	Max 3 %	SNI 1969:2016
Kekerasan	3,98	%	Max 40 %	SNI 7619:2012
Keausan	16,16	%	Max 40 %	SNI 2417:2008

#### c. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian terhadap aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70 dilakukan di laboratorium aspal Politeknik Negeri Malang, mencakup beberapa uji, seperti uji penetrasi, titik lembek, dan berat jenis aspal. Hasil dari berbagai pengujian ini dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Standar Mutu	Referensi
Penetrasi 25°C	65,4	mm	60/70	SNI 2456-2011
Titik lembek	2,708	Gram/cm <sup>3</sup>	48-58	SNI 2434:2011
Berat Jenis	2,864	Gram/cm <sup>3</sup>	Min. 1,0	SNI 2441:2011

#### Hasil Pengujian Benda Uji Untuk Menetapkan Kadar Aspal Optimum (KAO)

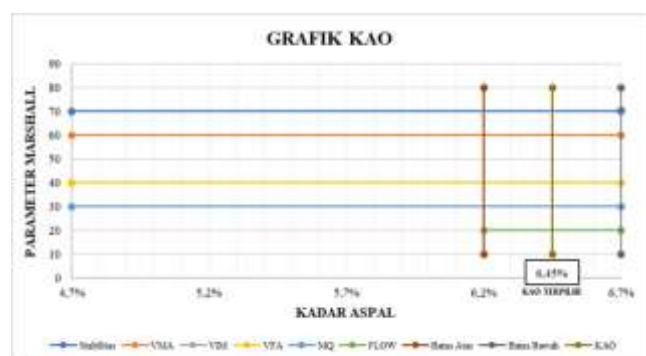
Variasi kadar aspal yang digunakan dalam pengujian untuk menetapkan Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 4,8%, 5,2%, 5,7%, 6,2%, dan 6,7%. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal yang optimal dalam campuran

agar memenuhi persyaratan teknis dan kinerja yang diinginkan. Hasil dari pengujian ini disajikan dalam **Tabel 4**

**Tabel 4.** Hasil Pengujian untuk Menetapkan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4,8%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
(VMA) (%)	Min. 15	20,40	22,02	22,22	21,40	22,14
(VIM) (%)	3.0 - 5.0	1,40	0,91	1,83	2,05	1,15
(VFA) (%)	Min. 75	93,15	95,78	91,76	99,82	95,05
Stabilitas (Kg)	Min. 800	1038,67	1176,62	1347,71	1331,66	2264,68
Flow	(2 - 4)	1,56	1,62	1,76	2,02	2,12
MQ kg/mm	Min. 250	689,79	733,48	766,82	663,92	1042,01

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan dengan mempertimbangkan nilai rata-rata stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFA, yang harus memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC. Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan kadar aspal yang memberikan hasil paling ideal, dengan rentang antara 6,2% hingga 6,7%, yang mencakup batas atas dan bawah kadar aspal



**Gambar 2.** Penetapan Kadar Aspal yang Dipilih

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai karakteristik Marshall, seperti stabilitas, *flow*, MQ, VMA, dan VFA, sebagian besar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018. Berdasarkan hasil tersebut, kadar aspal yang paling sesuai dan terpilih dari pengujian ini adalah 6,45%.

**Hasil Pengujian Benda Uji KAO dengan Substitusi Limbah Masker dan Penambahan Limbah AMP sebagai Filler**

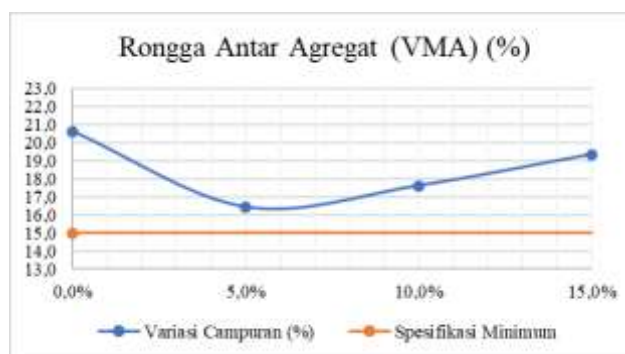
Hasil pengujian benda uji dengan kadar aspal terpilih sebesar 6,45%, ditambah dengan variasi penambahan limbah

masker medis sebesar 0,0%, 5,0%, 10,0%, dan 15,0%, serta substitusi *filler* menggunakan limbah amp.

**Tabel 5 .** Hasil Benda Uji dengan Penambahan Limbah Masker Medis dan Substitusi Limbah AMP sebagai *Filler*

Karakteristik	Spesifikasi	Variasi Campuran Limbah Masker (%)			
		0,0%	5,0%	10,0%	15,0%
(VMA) (%)	Min. 15	20,615	16,434	17,616	19,350
(VIM) (%)	3.0 - 5.0	1,80	1,11	1,38	2,35
VFA (%)	Min. 75	91,25	93,25	92,16	87,84
Stabilitas (Kg)	Min. 800	1544,05	1981,59	2032,06	2920,41
Flow	(2 - 4)	2,35	2,25	2,87	2,22
MQ kg/mm	Min. 250	619,10	764,03	930,29	1126,86

Pada campuran aspal yang menggunakan filler limbah AMP tanpa penambahan limbah masker (0%), volume rongga antar agregat (VMA) tercatat sebesar 20,615%. Dengan penambahan 5% limbah masker, volume VMA mengalami penurunan menjadi 16,434%. Namun, ketika jumlah limbah masker meningkat menjadi 10%, volume rongga antar agregat kembali naik menjadi 17,616%, dan terus menunjukkan peningkatan hingga mencapai 19,350% pada penambahan 15% limbah masker. Secara keseluruhan, analisis volume rongga antar agregat (VMA) pada berbagai tingkat penambahan limbah masker (0%, 5%, 10%, dan 15%) menunjukkan bahwa semua nilai yang diperoleh melebihi batas minimum 15% yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.



**Gambar 3.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai Filler dengan VMA

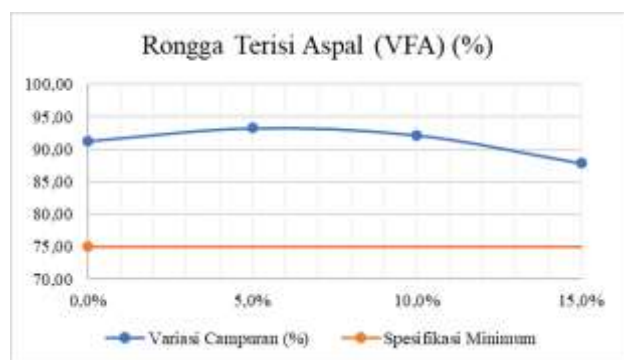
Pada campuran tanpa penambahan limbah masker 0%, nilai VIM tercatat sebesar 1,80%. Dengan penambahan 5% limbah masker, nilai VIM turun menjadi 1,11%. Selanjutnya, nilai VIM meningkat menjadi 1,38% pada penambahan 10% limbah masker, dan terus naik hingga mencapai 2,35% pada penambahan 15% limbah masker. Meskipun terjadi peningkatan nilai VIM seiring dengan penambahan limbah masker, seluruh campuran yang diuji belum memenuhi

kriteria rongga udara yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 untuk campuran jenis AC-WC.



**Gambar 4.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai *Filler* dengan VIM

Pada campuran tanpa penambahan limbah masker (0%), nilai VFA tercatat sebesar 91,25%. Nilai ini sedikit meningkat menjadi 93,25% dengan penambahan limbah masker sebanyak 5%. Selanjutnya, terjadi penurunan ringan menjadi 92,16% pada penambahan 10% limbah masker, dan kembali turun menjadi 87,84% pada penambahan 15% limbah masker. Secara keseluruhan, seluruh nilai VFA yang diperoleh pada variasi penambahan limbah masker (0%, 5%, 10%, dan 15%) secara signifikan melebihi batas minimum yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 75%.



**Gambar 5.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai *Filler* dengan VFA

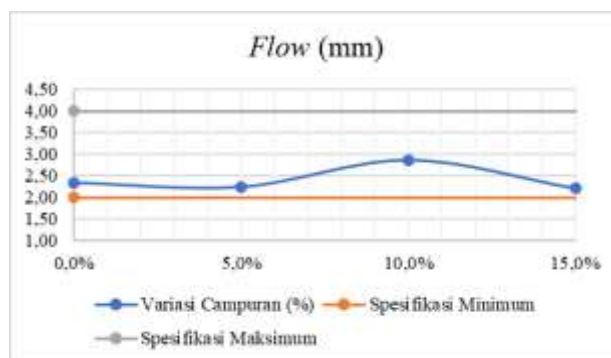
Nilai stabilitas campuran aspal dengan variasi penambahan limbah masker sebagai substitusi bitumen pada kadar aspal optimum 6,45% menunjukkan tren peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya persentase limbah masker. Pada campuran tanpa penambahan limbah masker (0%), nilai stabilitas tercatat sebesar 1544,95 kg. Penambahan 5% limbah masker meningkatkan nilai stabilitas menjadi 1981,59 kg, dan pada penambahan 10% limbah masker, nilai stabilitas mencapai 2032,06 kg. Nilai stabilitas tertinggi tercatat pada penambahan limbah masker sebesar 15%, yaitu 2920,41 kg. Seluruh nilai stabilitas yang diperoleh pada variasi penambahan limbah masker (0%, 5%, 10%, dan

15%) menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dan melebihi batas minimum stabilitas sebesar 800 kg yang ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6.



**Gambar 6.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai *Filler* dengan Stabilitas

Pada campuran aspal yang menggunakan filler limbah AMP tanpa penambahan limbah masker (0%), nilai flow tercatat sebesar 2,35 mm. Dengan penambahan limbah masker sebagai substitusi bitumen sebesar 5%, nilai flow menurun menjadi 2,25 mm. Nilai *flow* kemudian meningkat menjadi 2,87 mm ketika penambahan limbah masker mencapai 10%, dan kembali turun menjadi 2,22 mm pada penambahan 15% limbah masker. Secara keseluruhan, seluruh variasi persentase penambahan limbah masker sebagai substitusi bitumen pada campuran yang menggunakan *filler* limbah AMP menghasilkan nilai flow yang berada dalam rentang spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6, yaitu antara 2 mm hingga 4 mm.



**Gambar 7.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai *Filler* dengan *Flow*

Pada campuran tanpa penambahan limbah masker (0%), nilai *Marshall Quotient* (MQ) tercatat sebesar 619,10 kg/mm. Dengan penambahan 5% limbah masker sebagai substitusi bitumen, nilai MQ meningkat menjadi 764,03 kg/mm. Peningkatan positif ini terus berlanjut seiring bertambahnya proporsi limbah masker, dengan nilai MQ mencapai 930,29 kg/mm pada penambahan 10%. Nilai MQ tertinggi dalam penelitian ini diperoleh pada campuran dengan penambahan

15% limbah masker, yaitu sebesar 1126,86 kg/mm. Secara keseluruhan, hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ) pada berbagai variasi penambahan limbah masker menunjukkan bahwa seluruh nilai yang diperoleh secara signifikan melebihi batas minimum sebesar 250 kg/mm yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.



**Gambar 7.** Hubungan Campuran Substitusi Limbah Masker dan Limbah AMP sebagai *Filler* dengan *Marshall Quotient*

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai analisis penambahan *polypropylene* dan *polyethylene* pada limbah masker medis serta substitusi limbah AMP pada campuran aspal AC-WC, diperoleh temuan sebagai berikut :

1. Pengujian bahan campuran AC-WC menunjukkan bahwa seluruh material agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal Pertamina 60/70 memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, baik dari segi berat jenis, penyerapan, kadar air, kekerasan, keausan, maupun parameter lainnya, sehingga layak digunakan dalam campuran aspal.
2. Kadar Aspal Optimum (KAO) ditemukan dalam rentang 6,2% hingga 6,7%, dengan kadar aspal terpilih sebesar 6,45%. Kadar ini memberikan kinerja campuran yang optimal dan memenuhi sebagian besar spesifikasi Bina Marga 2018, meskipun terdapat ketidaksesuaian pada nilai *Void in Mineral Aggregate* (VIM) yang tidak memenuhi batasan yang ditetapkan. Kadar aspal terpilih memberikan keseimbangan antara kinerja mekanis dan ketahanan campuran.
3. Pengaruh Substitusi *Filler* Limbah AMP dan Penambahan Limbah Masker Medis terhadap karakteristik campuran aspal menunjukkan hasil yang signifikan dan konsisten dengan tren penelitian sebelumnya. Hasil pengujian stabilitas dan *flow* dengan variasi kadar limbah masker medis (0%: 1544,05 kg/mm, 2,35 mm; 5%: 1981,59 kg/mm, 2,25 mm; 10%: 2032 kg/mm, 2,87 mm; 15%: 2920,41 kg/mm, 2,22 mm) menunjukkan peningkatan stabilitas dan *flow* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga. Penambahan limbah masker medis secara signifikan meningkatkan stabilitas campuran, sementara

penggunaan limbah AMP sebagai *filler* berkontribusi terhadap peningkatan nilai *flow*. Temuan ini sejalan dengan penelitian - penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan limbah masker medis dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal, sedangkan penggunaan limbah AMP sebagai *filler* dapat meningkatkan nilai *flow*. Kedua bahan ini saling melengkapi dan menghasilkan campuran aspal yang lebih seimbang, sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga.

#### 5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, diperoleh beberapa saran untuk pengembangan dan perencanaan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Perlu kajian gradasi agregat dan proporsi *filler* untuk mengoptimalkan VIM sesuai spesifikasi tanpa menurunkan kinerja campuran.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan substitusi *filler* dengan kombinasi semen Gresik dan limbah AMP untuk mengkaji pengaruhnya terhadap kinerja campuran aspal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Razuardi, S. M. Saleh, and M. Isya, "Pengaruh penambahan Buton Rock Asphalt (BRA) sebagai filler pada campuran laston lapis aus (AC-WC)," *Jurnal Transportasi dan Infrastruktur*, 2018.
- [2] E. Rabihati and R. Ryanti, "Karakteristik laston AC-WC menggunakan variasi kadar filler limbah balon gas," *Vokasi: Jurnal Publikasi Ilmiah*, vol. 13, no. 2, pp. 90–99, Dec. 2018.
- [3] S. Ilyas, R. R. Srivastava, and H. Kim, "Disinfection technology and strategies for COVID-19 hospital and bio-medical waste management," *Science of the Total Environment*, vol. 749, p. 141652, 2020.
- [4] S. Riyanto, B. R. Asukmajaya, and D. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, "Analisis penambahan serat polypropylene limbah masker medis pada kinerja campuran aspal," *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, n.d.
- [5] L. Sulaiman and M. R. Adriansyah, "Studi penambahan serat polypropylene yang terkandung pada masker medis terhadap kuat tekan mortar," 2021.
- [6] G. Wang et al., "Use of COVID-19 single-use face masks to improve the rutting resistance of asphalt pavement," *Science of the Total Environment*, vol. 826, p. 154132, 2022.
- [7] M. P. P. Dewi et al., "Pemanfaatan limbah masker sekali pakai sebagai bahan pengganti aspal terhadap nilai stabilitas dan *flow*," 2023.
- [8] A. Amaliyah, "Studi penelitian pemanfaatan limbah (asphalt mixing plant)," 2022.