

# PENGARUH PENGGUNAAN BIJI PLASTIK JENIS PS (*POLYSTYRENE*) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

M. Sa'dillah<sup>1</sup>, Pamela Dinar Rahma<sup>2</sup>, Yogi Supardan Malo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Jl Telaga Warna, Tlogomas, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur  
 E-mail: muhsad93@gmail.com

**ABSTRAK:** Transportasi merupakan salah satu hal terpenting dalam pembangunan, upaya dalam meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan yaitu dengan memodifikasi campuran aspal. Alasan menjadikan bahan tambah plastik ps adalah memiliki sifat yang sama dengan aspal yaitu termoplastik memiliki nilai penetrasi yang setara dengan aspal pen 60/70. Adapun tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik marshall terhadap pengaruh penambahan biji plastik ps terhadap kinerja aspal porus ditinjau berdasarkan pengujian marshall, cantabro loss dan asphalt flow down. Metode penelitian menggunakan penelitian eksperimental di laboratorium. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode pendekatan australian asphalt pavement association (aapa) 2004., kemudian akan ditambahkan dengan perbandingan bahan biji plastik ps dengan kadar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap berat total kao. Dari hasil pengujian karakteristik marshall terdapat beberapa campuran pada aspal porus dengan variasi kadar 4% yang telah memenuhi spesifikasi disyaratkan australian asphalt pavement association (aapa 2004) yaitu pada nilai vma sebesar 34,44%, untuk nilai stabilitas sebesar 862,64 kg sedangkan untuk nilai mq sebesar 2.601 kg/mm. campuran perkerasan jalan diharapkan mampu menghasilkan suatu perkerasan dengan kekuatan yang baik dan ramah lingkungan.

**Kata Kunci :** PS, Marshall, KAO, Cantabro Loss, Asphalt Flow Down, Aspal Porus.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan Penduduk saat ini di Indonesia khususnya di Nusa Tenggara Timur meningkat pesat dengan meningkatnya mobilitas dan lalu lintas, sehingga pembangunan jalan khususnya penyangga lapis perkerasan harus memberikan rasa aman bagi pengguna jalan. Memodifikasi aspal ke kualitas yang lebih tinggi, seperti menambahkan sampah plastik ke dalam campuran aspal, untuk meningkatkan keamanan perkerasan aspal. Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan jalan akibat kemacetan lalu lintas adalah dengan meningkatkan kualitas campuran aspal dengan cara memperbaiki dan meningkatkan kualitas aspal.[1]

Jalan merupakan factor utama yang mempengaruhi perkembangan di Indonesia. Kualitas jalan berbanding lurus dengan arus lalu lintas. Adapun faktor yang mempengaruhi kualitas jalan yaitu material yang digunakan dalam pembangunan jalan tersebut. Material yang digunakan dalam konstruksi jalan yaitu aspal dan

agregat. Penggunaan aspal murni dalam produksi berdampak signifikan terhadap ketersediaan aspal secara global. Aspal modifikasi digunakan dalam konstruksi jalan untuk meminimalkan penggunaan aspal.[2]

Aspal modifikasi terdiri dari campuran bahan lain yang digunakan sebagai komponen aspal. Pencampuran bahan-bahan ini mengurangi penggunaan aspal, Beberapa bahan yang digunakan sebagai campuran aspal adalah biji plastik PS (*Polystyrene*). Kualitas aspal dapat ditingkatkan dengan penambahan butiran plastik atau polimer pada aspal, namun harga polimer di Indonesia masih relatif tinggi. Aspal sendiri merupakan bahan pengikat yang berperan penting kuat atau tidaknya campuran aspal.

*Polystyrene* adalah jenis plastik yang terbuat dari monomer styrene melalui proses polimerisasi. *Polystyrene* sangat ringan, kaku, tembus cahaya, mudah rapuh dan murah, tetapi sulit terurai. Polistirena merupakan hasil polimerisasi dari monomer stirena, dimana monomer stirena diperoleh sebagai hasil dari proses dehidrogenasi etilbenzena

(dengan bantuan katalis), sedangkan etilbenzena sendiri merupakan hasil reaksi antara etilen dan etilena.[3]

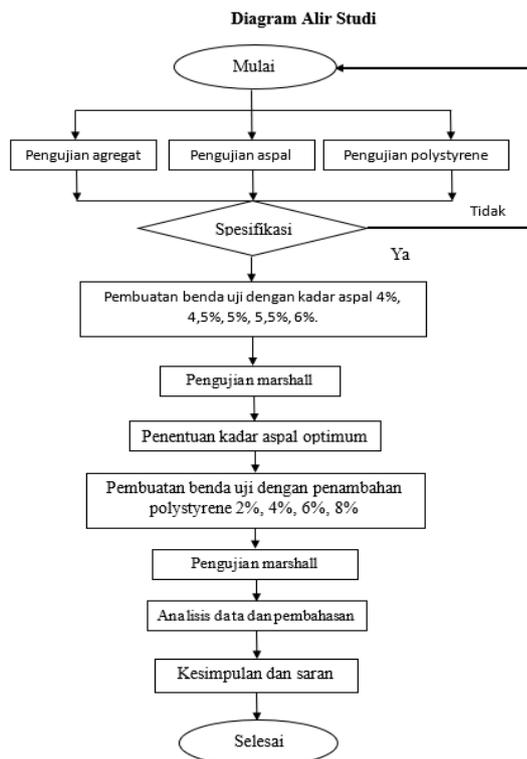
Penelitian ini untuk mengetahui berapa kekuatan aspal dengan menggunakan biji plastik PS (*POLYSTYRENE*) sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal porus. Oleh karena itu, dengan mencoba menggunakan biji plastik tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian berdasarkan pilihan yaitu “Pengaruh Penggunaan Biji Plastik Jenis PS (*Polystyrene*) Sebagai Bahan Tambahan Pada Campuran Aspal Porus”.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian kali ini yang akan dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan lokasi penelitian yang akan dilaksanakan dalam memenuhi konsep yang sudah dituangkan pada judul di atas, maka akan dilaksanakan penelitian di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang, Jawa Timur, dengan adanya penelitian yang akan dilaksanakan, dan menyesuaikan situasi dan kondisi, maka peneliti belum melampirkan waktunya. Dalam metode akan diterangkan dari diagram aliran penelitian yang dimana sebagai parameter dalam metode penelitian, sehingga ada keselarasan antara metode yang digunakan dalam penelitian ini agar dapat menghasilkan rangkaian yang sesuai dengan diagram aliran penelitian yang diterangkan. Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dengan penelitian ini merupakan salah satu tipe penelitian yang pada konsepnya sistematis, organisir dan terstruktur dari penyusunan sehingga desain kerangka penelitian. Dengan ini akan dilakukan pengkajian dan pengujian parameter standar aspal porus dengan bahan tambahan biji plastik PS sebagai patokan pengambilan sampel dan beda uji yang telah ditentukan.

Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan menggunakan pengujian terdiri dari pengujian agregat seperti aspal, pasir, kerikil dan plastik dengan kode PS dan akan dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengujian Marshall meliputi pengujian karakteristik aspal porus dengan tambahan limbah plastik dan pengujian

karakteristik[4] Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum KAO untuk campuran aspal porus. Dengan ini, maka akan dilakukan pengujian selanjutnya yang di mana menggunakan alat yang sama yaitu Marshall, tujuan dari pengujian Marshall ini untuk mengetahui nilai dari *Polystyrene (PS)*, *Void In Mix (VIM)*, *Void In Mineral Aggregate (VMA)* *Void Filled With Asphalt (VFA)*, *Flow*, (Pelehan), *Stabilitas Dan Marshall Quotient (MQ)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui campuran aspal porus yang telah dikonsepskan, baik menggunakan material atau bahan tambahan biji plastik PS.[5]. Diagram alir terdapat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

**A. Pengujian Karakteristik Aspal.**

Pada pengujian karakteristik dalam konsep aspal mencakupi pengujian penetrasi, titik-titik lembek, titik nyala, dan titik bakar. Dengan ini peneliti pun menganjurkan standar yang akan dipakai yang akan dijadikan konsep adalah Standar Nasional yang mencakup: persiapan peralatan sebelum berlangsungnya proses penelitian efektif penelitian dalam konteks waktu.[6]

1. **Persiapan Material.**

Dalam melakukan penelitian langkah utama yang harus diambil adalah mempersiapkan material sebelum penelitian berlangsung.

2. **Pemeriksaan Material.**

Pemeriksaan material akan dilakukan dapat dibagi beberapa item.

a. **Agregat**

Agregat yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah biji plastik aspal porus, dengan pengujian mempunyai spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*.

b. **Aspal**

Aspal yang digunakan dalam penelitian adalah dengan penetrasi 60/70 pengujian berdasarkan spesifikasi bina marga 2010 revisi 3. Hasil pengujian aspal terdapat pada Tabel 1.

**Tabel: 1 Pengujian Aspal 60/70**

No	Jenis pengujian	Unit	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1	penetrasi	mm	60	79	
2	Titik lembek	°C	48	58	
3	Titik nyala	°C	200	-	mm
4	Titik bakar	°C	200	-	°C
5	Berat jenis	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	°C
6	permeabilitas	cm	100	-	

c. **Perencanaan Campuran biji Plastik PS**

Pada campuran antara aspal dengan agregat menggunakan bahan tambahan biji plastik PS sebagai pengikat perkerasan yang dimana variasi yang direncanakan oleh peneliti yaitu 2%, 4%, 6% dan 8%. Agar memudahkan dalam proses pelarutan, maka biji plastik PS, yang akan nantinya di campuran ke aspal panas dan diaduk sampai limbah tersebut benar larut dalam aspal.[7]

d. **Perencanaan Campuran**

Dalam perencanaan campuran untuk komposisi campuran untuk benda uji dibuat dengan perbandingan berat campuran menurut nilai tengah gradasi aspal porus yang diambil dari *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*. Kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran aspal porus dengan diameter dengan agregat maksimum 16 mm berkisar 4% - 6% dengan kadar aspal untuk masing-masing benda uji yang direncanakan kadar aspal optimum (KAO) benda uji dengan kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%. Sebagai dasar dalam menentukan kadar aspal optimum.[8]

**B. Pembuatan Benda Uji**

Setelah dilakukan proses pemeriksaan sifat-sifat aspal, yang di mana meliputi sifat agregat dan pemeriksaan gradasi, maka akan dilakukan pembuatan benda uji sebagai salah satu langkah yang pasti. Dengan memperhitungkan jumlah material yang digunakan terhadap jumlah berat total campuran. Dengan benda uji pencampuran menggunakan metode basah (*wet process*) adalah suatu campuran yang di mana biji plastik akan dimasukkan kedalam aspal panas dan diaduk hingga biji plastik dan aspal panas benar-benar merata atau diaduk sampai homogen, kemudian agregat yang telah dicampur dengan *filler* kemudian di panas yang sudah bercampur dengan cairan plastik. Hasil gradasi agregat terdapat pada Tabel 2.

**Tabel: 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal porus**

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Spesifik asi	% Lol os	% Terta han	Berat (gram)
¾	19,0	100	100	0	0
½	13,2	85-100	90	10	120
3/8	9,5	45-70	58	32	384
No. 4	4,75	10-25	17	41	492
No. 8	2,36	7-15	11	6	72
No. 16	1,18	6-12	9	2	24
No. 30	0,6	5-10	7	2	24
No. 50	0,3	4-8	6	1	12
No. 100	0,15	3-7	5	1	12
No. 200	0,075	2-5	3	2	24
PAN	0	0	0	3	36

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Spesifik asi	% Lol os	% Terta han	Berat (gram)
<b>Berat Total</b>					<b>1200</b>

1. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan KAO

Aspal yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji dengan menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah 4% sampai dengan 6% yang nantinya akan dijadikan yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, terhadap berat total yang telah dicampurkan *filler* tanpa variasi tambahan biji plastik PS setiap benda uji dibuat lima benda uji sebagai variasi benda uji, sehingga benda uji menjadi 25 buah benda uji untuk pengujian *Cantabro loss* dan *AFD*, 6 buah benda uji untuk pengujian aspal porus dengan karakteristik Marshall dan 25 benda uji untuk pengujian VIM. Hasil rancangan terdapat pada Tabel 3.

**Tabel 3 Rancangan penelitian (mix design)**

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal Optimum (%)	Berat KAO (gr)	Kadar HDPE (%)	Berat HDPE (gr)	Jumlah Benda Uji (bh)	Total Kebutuhan HDPE (gr)
1	PL.0	5,00	60	0%	0,00	6	0,00
2	PL.2	5,00	60	2%	1,20	6	3,60
3	PL.4	5,00	60	4%	2,40	6	7,20
4	PL.6	5,00	60	6%	3,60	6	10,80
5	PL.8	5,00	60	8%	4,80	6	14,40
<b>Jumlah Total KAO</b>						<b>30</b>	<b>-</b>
<b>Jumlah Total Marshall</b>						<b>30</b>	<b>72,00</b>
<b>Jumlah Total Cantabro Loss</b>						<b>7</b>	<b>72,00</b>
<b>Jumlah Total Asphalt Flow Down</b>						<b>7</b>	<b>72,00</b>
<b>Total Keseluruhan Benda Uji</b>						<b>75</b>	<b>216,00</b>

2. Pengujian Marshall

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan ketahanan stabilitas terhadap karakteristik aspal porus dengan kelelahan *flow* dari campuran aspal. Pengujian ini berpedoman pada AASHTO T-245-74. Alat yang digunakan adalah uji Marshall lengkap dengan nilai karakteristik Marshall yang di mana meliputi *flow*, VMA, VIM, KAO dan stabilitas. Dengan ini pengujian kepekaan terhadap pengaruh air dilakukan sesuai dengan AASHTO T28-89, untuk Marshall dengan versi pada kadar aspal optimum (KAO), benda uji yang dipakai dalam penelitian ini 2x50 tumbukan kemudian dari setiap benda uji akan dihitung nilainya dengan menggunakan SNI 6753:2015, direndam selama 24 jam, kemudian diambil dengan dikeringkan lalu ditimbang dengan benda uji agar mendapatkan nilai benda uji dalam air. Dengan ini benda uji dilap hingga kering dan siap di timbang. Dengan permukaan kering untuk mendapatkan berat total kering.[1] Sebelum dilakukan pengujian, direndam dengan waterbath dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah itu dilakukan pengujian stabilitas dengan membaca nilai *stabilitas* dan *flow*. Pada pengujian Marshall meliputi pengujian *Flow*, VMA, VIM, KAO, MQ dan stabilitas.[4].

3. Pengujian *Cantabro Loss*

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui kekuatan aspal dalam konsep pemeriksaan dengan pelepasan butiran dengan gradasi terbuka. Benda uji ini adalah benda uji ini didiamkan selama satu malam, kemudian dikeluarkan. Dengan ini akan dilakukan pemindahan benda uji selama 7 hari sebelum dimasukkan ke mesin los

anglés dan di putar sebanyak yang tela ditentukan 500 putar tanpa menggunakan bola baja.

4. Pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD)

Dengan pengujian ini adalah untuk bisa mengetahui kadar aspal optimum (KAO) yang dapat dicampur dengan homogen dengan agregat tanpa dipisahkan aspal. Pengujian aspal *Asphalt Flow down* sebagai berikut:[2]

- Cetakan berdimensi dengan ukuran 20 x 30 cm dan dilapisi dengan kertas, dengan ini berat cetakan ditimbang.
- Dibuat campuran beraspal sebesar 1200gram dan setelah campur merata langsung dituangkan kedalam ke cetakannya dengan dilapisi dengan kertas dan dicatat nilainya.
- Cetakan tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 170°C selama 1 jam
- Prosedur diulangi sesuai prosedurnya.
- Selanjutnya cetakan tersebut dikeluarkan dari oven dan dituangkan secara cepat campuran beraspal dan dengan berat cetakan yang tertempel oleh agregat, kemudian ditimbang dan di catat nilainya.

5. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) menggunakan metode *Australia Asphalt Association* (2004), maka akan muncul nilai KAO dengan metode ini mensyaratkan beberapa parameter *cantabro loss*, *Asphalt flow down*, VMA, MITM, KAO, MQ dan stabilitas. Dengan ini adapun tahap-tahap sebagai berikut:

- Kadar rongga dalam campuran sebesar 20% untuk mendapatkan kadar aspal maksimum.
- Nilai *Cantabro loss* maksimum 20% untuk mendapatkan kadar aspal minimum
- Kadar aspal diperoleh dari kadar aspal minimum dan maksimum
- Plotting* kadar aspal berupa diagram grafik *asphalt flow down*.

C. Regresi Parametrik

Parametrik adalah salah satu metode pengujian data yang ada di dalam statistik inferensial, dimana akan digunakan untuk menguji hipotesis yang telah dibuat. Hasil pengujian data sampel ini akan dijadikan kesimpulan untuk populasi. Umumnya jika data berdistribusi normal dan sampelnya berukuran besar, maka data bisa diuji dengan statistika parametrik. Sementara jika tidak memenuhi kriteria tersebut maka akan termasuk ke statistika non parametrik. Ukuran besar disini terbilang relatif, namun dikategorikan sebagai sampel yang berukuran besar. [7]

1. Regresi linear

Merupakan model yang menunjukkan hubungan antara satu dependen variabel dengan satu independen variabel. Fungsi regresi linear adalah untuk mengetahui hubungan antara satu variabel bebas dan variabel terikat yang jumlahnya.

2. Regresi linear berganda

Regresi linear berganda pada dasarnya hampir sama dengan regresi linear, akan tetapi, jumlah variabel independennya dapat lebih dari satu. Fungsinya adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beberapa variabel bebas terhadap variabel tidak bebas dan juga dapat

meramalkan nilai variabel tidak bebas apabila seluruh variabel bebas sudah diketahui nilainya.

Persamaan regresi tersebut sering dibaca sebagai regresi X atas Y terdapat pada Pers (1).

$$Y = a + Bx \dots \dots \dots (1)$$

Ket:

Y = Variabel kriterium

x = Variabel predictor

a = Variabel konstan

B = Koefisien arah regresi linear

Hipotesis awal campuran

Y = Dipengaruhi kinerja aspal porus

x = Mempengaruhi material PS

Ho = Tidak ada pengaruh penambahan PS

H1 = Ada pengaruh penambahan PS

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Gradasi Agregat.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka diperoleh nilai karakteristik agregat aspal yang digunakan sebagai bahan bitumen campuran aspal porus. Dengan dilakukan penyaringan mulai dari nomor 3/4 sampai dengan lolos saringan nomor 200. Adapun fraksi- fraksi agregat yaitu terdiri dari agregat kasar 10-14mm, agregat halus terdiri dari 5-10 mm, filler abu batu lolos saringan No. 200 atau tertahan pan itu sendiri, yang akan menghasilkan komposisi campuran bergradasi yang akan dilihat pada tabel dibawah ini.[7]. Hasil gradasi karakteristik aspal terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 4 Gradasi Karakteristik Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Limbah Plastik PS.**

Nomor Saringan	Ukuran		% Lolos	% Tertahan	Berat (gram)
	Saringan (mm)	Spesifikasi			
3/4	19,0	100	100	0	0
1/2	13,2	85-100	90	10	120
3/8	9,5	45-70	58	32	384
No. 4	4,75	10-25	17	41	492
No. 8	2,36	7-15	11	6	72
No. 16	1,18	6-12	9	2	24
No. 30	0,6	5-10	7	2	24
No. 50	0,3	4-8	6	1	12
No. 100	0,15	3-7	5	1	12
No. 200	0,075	2-5	3	2	24
PAN	0	0	0	3	36
Berat Total					1200

#### B. Pengujian Agregat Kasar, Halus dan Filler

Dengan hasil pengujian agregat kasar, halus dan filler yang dilaksanakan laboratorium Teknik sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Jalan Telaga warna Blok C, Tlogomas Malang. Bahwah dari hasil pengujian agregat kasar, halus dan filler dengan bahan tambahan aspal limbah plastik PS dengan standar Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) dapat dilihat hasil pengujian dibawah ini dalam bentuk tabel sebagai berikut.[3]

**Tabel: 6 hasil pengujian agregat kasar, halus dan filler.**

No	Pengajian Agregat Kasar, Halus dan filler	Spesifikasi		
		Min	Max	Hasil
<b>Agregat Kasar</b>				
1	bj Bluk (gr/cm)	2,5		6,02
2	bj SSD (gr/cm)			6,06
3	bj Semu (gr/cm)			6,25
4	penyerapan %		3,0	0,45
<b>Agregat Halus</b>				
1	bj Bluk (gr/cm)	2,5		2,99
2	bj SSD (gr/cm)			3,08
3	bj Semu (gr/cm)			3,30
4	Penyerapan %		3,0	2,99

#### C. Pengujian Keausan Agregat

Dari hasil pengujian keausan agregat yang diambil di Tajinan Malang (PT.Piranti Utomo) dan diuji di laboratorium UM Malang, maka dilakukan analisis saringan tertahan No. 1/2 dan 3/8 yang dikelompokkan dengan fraksi B dan menggunakan 11 bola baja. Untuk hasil pengujian Loss Angeles (uji keausan agregat) dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

**Tabel 5 Pengujian Keausan Agregat.**

Berat Sampel Semula (gr)	Tertahan Saringan No. 12	
	4005	1005
5010	1005	20,0599
		LA = 20,06

Dari hasil pengujian menggunakan mesin Loss Angeles untuk mengetahui keausan agregat dari hasil diatas bahwasanya telah memenuhi standar Australian Asphalt Pavement Association yaitu dengan nilai 20,06 telah memenuhi. Dari nilai tersebut maka, pengujian agregat tersebut dalam kategori lapisan atas dan bawah pada campuran aspal porus.

#### D. Pengujian Plastik PS.

limbah plastik PS diambil di perusahaan plastik sesuai kode yang sudah direncanakan yaitu PS peneliti dan proses pengujian yaitu dipotong kecil-kecil dengan ukuran 0,4 mm.

#### E. Pengujian Metode XRF

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai studi awal untuk mencari atau mengidentifikasi unsur kimia yang terkandung didalam bahan (Biji Plastik PS) menjelaskan bahwa unsur yang terdeteksi oleh alat uji XRF adalah fospor (P2O5), kalsium (CaO), Besi (Fe2O3), Nikel (NiO), Tembaga (CuO), seng (ZnO), hafnium (HfO2), Rений (Re2O7). Hasil uji unsur yang terdeteksi oleh alat XRF dapat diketahui bahwa logam hasil pengujian mempunyai kandungan unsur seperti yang disebutkan diatas, dengan perbandingan antara satu unsur dan unsur yang lain adalah presentase kandungan unsurnya. Setiap memproduksi logam baja harus diperhatikan kandungan presentasinya karena

kandungan presentase mempengaruhi sifat dan jenis logam. Presentase kandungan unsur setiap logam harus juga sesuai dengan ASTM (American Standard Testing and Metallurgy).[7]

Unsur yang memiliki persentase terbesar adalah unsur Rhenium (Re2O7). Rhenium adalah logam yang sangat langka yang memiliki sejumlah karakteristik yang berbeda yang membuatnya ideal untuk berbagai tujuan hari. Memiliki titik didih tertinggi dari setiap elemen pada tabel periodik, dan memiliki salah satu titik-titik lebur tertinggi. Sebagai hasil dari ini, rhenium ini sering digunakan untuk sifat tahan panas. Rhenium juga digunakan sebagai bahan kontak listrik karena tahan lama dan tahan terhadap korosi akibat percikan api. Termokopel yang terbuat dari renium-tungsten digunakan untuk mengukur suhu hingga 2200°C, dan kawat renium digunakan dalam lampu kilat fotografi. Sangat sedikit informasi yang didapatkan mengenai toksisitas renium. Meski demikian, tetap diperlukan penanganan hati-hati hingga tersedia data terbaru.[2]. Hasil pengujian XRF terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6 Pengujian XRF**

No	Compound	Conc Unit
1	P2O5	22 %
2	CaO	10 %
3	Fe2O3	3,9 %
4	NiO	3,4 %
5	CuO	4,1 %
6	ZnO	8,2 %
7	HfO2	18 %
8	Re2O7	30%

Sumber: Hasil Pengujian (2023)

**F. Pengujian Aspal**

Dari hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang diuji di laboratorium Teknik sipil Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang Jl. Telaga warna Blok C Malang Jawa

Timur dengan Acuan spesifikasi Bina Marga 2010, maka akan dilakukan pengujian berat jenis Aspal, Penetrasi, Titik Nyala, Titik Bakar, Titik Lembek dan Daktilitis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 7 Pengujian aspal.**

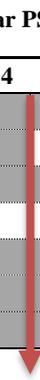
Pengujian	Min	Max	Hasil	Keterangan
1. Penetrasi	60 mm	79 mm	66,60	Memenuhi
2. Berat Jenis	1,0 gr/cm	-	1,034	Memenuhi
3. Titik Nyala	200 c°	-	302	Memenuhi
4. Titik Bakar	200 c°	-	322	Memenuhi
5. Titik Lembek	48c°	-	58	Memenuhi
6. Daktilitis	100 cm	-	146,67	Memenuhi

**G. Pengaruh Penambahan Biji Plastik PS**

Penentuan kadar aspal porus PS dikaitkan dengan beberapa parameter rencana pengujian aspal porus dengan berstandar *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* dengan kadar rencana 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Dari parameter rencana pengujian parameter pengujian mix design aspal porus dapat memenuhi standar atau memenuhi spesifikasi yang disyaratkan beberapa karakteristik Marshall sehingga nilai tersebut dapat dilampirkan dalam bentuk grafik seperti diatas dari VIM, VMA, Stabilitas Flow dan MQ dari beberapa parameter ini sehingga untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari karakteristik Marshall yaitu 4%. Karakteristik campuran aspal porus tanpa penambahan biji plastik PS memenuhi syarat, maka akan dilampirkan hasil pengujian aspal porus dengan bahan tambahan biji plastik PS seperti pada Tabel 8 dibawah ini.

**Tabel:8 Hasil Pengujian Kadar Aspal Porus Dengan Limbah Plastik PS**

Parameter Marshall	Spesifikasi	Hasil Pengujian		Kadar PS %					
				0	2	4	6	8	
Stabilitas (Kg)	Maks 500 kg	207,26	-	862,64					
Flow (mm)	2- 6 mm	0,83	-	4,47					
MQ (Kg/mm)	Min 250 Kg	49,73	-	2.601					
VIM (%)	18 – 25%	37,74	-	45,84					
VMA (%)	15 %	34,44	-	38,74					
AFD (%)	Maks 0,3	0,19	-	0,25					
CL (%)	Maks 35	6,21	-	6,90					



VIM atau *Void in Mix* merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan dan dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus. Dan jika nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding*. Nilai VIM pada pengujian kadar

PS 0%, 2%, 4%, 4%, 6%, dan 8% tidak memenuhi syarat untuk nilai VIM pada campuran aspal porus adalah 18 - 25%. Secara umum semakin ditambah dengan kadar PS maka nilai VIM akan semakin menurun hal ini mengindikasikan bahwa PS tidak mengisi rongga-rongga dalam agregat.

VMA atau *Void in Mineral Aggregate* merupakan volume pori yang masih tersisa setelah

campuran aspal dipadatkan dan dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat. Nilai VMA berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VMA menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus. Dan jika nilai VMA yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding*. nilai VMA secara umum mengalami penurunan sejalan dengan penambahan kadar aspal. Pada seluruh kadar aspal nilai VMA memenuhi syarat spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004, syarat untuk nilai VIM pada campuran aspal porus adalah  $> 15 \%$ .

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran. Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas batas maksimum akan menyebabkan menurunnya stabilitas campuran itu sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas tertinggi pada benda uji penelitian yaitu 862,64 kg pada kadar PS 4%. Keseluruhan benda uji penelitian masih memenuhi syarat yang sudah ditentukan oleh *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004 yaitu nilai stabilitas untuk campuran aspal porus  $> 500$  kg.

Nilai terendah *flow* pada benda uji penelitian yaitu 0,83 mm kemudian nilai *flow* terus menurun seiring bertambahnya kadar PS hingga mencapai 8% dengan nilai 1,37 mm. Benda uji penelitian yang masih memenuhi syarat yang sudah ditentukan oleh *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004 pada kadar PS 0%, dan 2%. Hal ini disebabkan karena campuran aspal porus dipengaruhi oleh viskositas aspal, penambahan gradasi, suhu dan jumlah pemadatan yang digunakan selain kadar aspal. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh pada nilai *flow*. Dapat disimpulkan bahwa aspal porus dengan kadar aspal memiliki nilai kelelahan (*flow*) diatas nilai minimum yaitu 2,00 mm yang menunjukkan campuran bersifat plastis tetapi juga tetap elastis agar memenuhi kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas secara merata.

Nilai *marshall quotient* pada pengujian yang dilakukan terus bertambah seiring dengan bertambahnya kadar PS. Nilai tertinggi *marshall quotient* yang memenuhi syarat yaitu dengan nilai 2.601 kg/mm. Pada benda uji penelitian masih memenuhi syarat yang ditentukan oleh *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004 yaitu nilai *marshall qoutient* untuk campuran aspal porus minimum 250 kg/mm kecuali 2%.

Penentuan kadar PS optimum ditentukan dari hubungan beberapa parameter pengujian aspal porus dengan standar

yang disyaratkan. Dari tabel 11 menunjukkan bahwa pada kadar PS 4%, 6% dan 8% beberapa benda uji memenuhi spesifikasi syarat yang ditentukan oleh *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) 2004. Dari pengambilan nilai tengah yang memenuhi spesifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa campuran aspal porus memenuhi karakteristik *marshall* dan memiliki kadar sebesar 4%.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang ditinjau dari pembahasan Bagaimana pengaruh penambahan biji plastik PS terhadap kinerja aspal porus. dapat disimpulkan bahwa perencanaan campuran dengan variasi kadar aspal 4% telah memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA 2004) meliputi pengujian VIM, VMA, Stabilitas, Flow dan MQ.

Nilai VIM pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi biji plastik PS. Nilai VIM tertinggi dapat dilihat pada kadar aspal tambahan biji plastik 0% dengan nilai 45,84% dan nilai VIM terendah dapat dilihat pada kadar plastik 4% dengan nilai 37,74% dan aspal mengalami turun naik karena dengan penambahan biji plastik PS semakin berongga. Adapun nilai rata-rata dari hasil pengujian VIM dengan nilai rongga pada aspal porus yaitu 41,13%.

Plastik jenis *Polystyrene* (PS) dari kadar penambahan plastik optimum sebesar 8,7% dari berat aspal, dapat mempengaruhi parameter karakteristik Marshall nilai stabilitas naik 27,333% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan bahan tambah plastik yaitu mengalami kenaikan sebesar 333,50 kg, nilai *flow* naik sebesar 0,59 mm, rongga dalam campuran (VIM) turun sebesar 0,91%, rongga terisi aspal (VFB) naik sebesar 4,00%, hasil bagi Marshall (Marshall Quotient) naik sebesar 41,00 kg/mm dan Berat Isi naik sebesar 0,029 gram/cm<sup>3</sup>. [6]

#### 5. REFERENSI

- [1] E. E. Putri, H. Hermistanora, and B. M. Adji, "Studi Penggunaan Limbah Styrofoam Pada Perkerasan Aspal Porus," *Rang Tek. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 167–172, 2020, doi: 10.31869/rtj.v3i2.1705.
- [2] M. Zainul Arifin, M. Sadillah, and A. Wicaksono, "Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Batubara Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Modulus Resilien Beton Aspal Lapis Aus," *J. HPJI*, vol. Vol 4, no. No 1, pp. 59–66, 2018.
- [3] Eni, "ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MARSHALL TERHADAP PENAMBAHAN PLASTIK JENIS HDPE PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN VARIASI UKURAN PEMOTONGAN PLASTIK," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., no. Mi, pp. 5–24, 1967.
- [4] M. Sa'dillah and A. Leliana, "Karakteristik Aspal Beton Lapis Aus ( AC-WC ) Dengan Penambahan Bahan Pengisi Abu Terbang Batubara," *Pros. SENTIKUIN (Seminar Nas. Teknol. Ind. Lingkung. dan Infrastruktur)*, vol. 3, pp. 1–8, 2020.
- [5] N. T. Sembung *et al.*, "Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon," *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 3, pp. 345–352, 2020.

- [6] P. F. Hudoyo, “ANALISIS PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK JENIS *POLYSTYRENE* (PS) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN PADA CAMPURAN (HRS-WC),” vol. 1, no. 1, pp. 102–114, 2018.
- [7] A. S. N. Syaban, E. Azizah, and W. Wijianto, “ANALISA CAMPURAN ASPAL PORUS MENGGUNAKAN MATERIAL DARI KAKASKASEN KECAMATAN TOMOHON UTARA KOTA TOMOHON,” *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 8, no. 2, pp. 166–173, 2021, doi: 10.46447/ktj.v8i2.404.
- [8] M. Misbah, “Pengaruh Variasi Kadar Agregat Halus Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (Ac-Bc) Dengan Pengujian ...,” *J. Tek. Sipil Itp*, pp. 41–48, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/tsipil/article/view/838>
- [9] C. O. S. Patricia, “PENGARUH SUBSTITUSI STYROFOAM PADA CAMPURAN ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN PENGUJIAN MARSHALL,” vol. 3, no. 2, p. 6, 2021.
- [10] Reynaldo, “Ketua Penyunting : Penyunting : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil ( A4 ) FT UNESA Ketintang - Surabaya Email : REKATS,” *Rekayasa Tek. Sipil Vol.*, vol. 1, no. 1, pp. 144–155, 2017.

Halaman ini sengaja dikosongkan