



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

Meningkatkan Stabilitas Aspal Porus dengan Penggunaan Filler Limbah Ampas Kopi

A. Rizaldi¹, S. Winarto², A. Ridwan³, R. K. Dewanta⁴

^{1,2,3} *Fakultas Teknik, Universitas Kediri*

Email :^{1*} aldo.rizal94@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Artikel masuk : 07 – 06 – 2021

Artikel revisi : 16 – 06 – 2021

Artikel diterima : 18 – 06 – 2021

Keywords :

Coffee Grounds, Optimum Asphalt Content, Pavement, Porous Asphalt

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[13]

A. I. Candra, S. Winarto, A. D. Cahyono, and Z. B. Mahardana, "Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1858, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012068.

ABSTRACT

The design mix pavement road needs to be planned appropriately to get the relevant results in its implementation. The selection of materials that easily absorb water becomes one option to parse the occurrence of puddles. Ampas coffee becomes one of the ingredients that can be weighed considering its easy-to-absorb water properties. This study aims to determine the effect of coffee grounds as a mixture of asphalt porous to the characteristics of asphalt porous. The method used is the method of experimental with the manufacture of samples in the laboratory. Variation of asphalt content by 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7%. The weight of coffee grounds as filler by 6%. The sample is cylindrical, 4 inches (10.16 cm) in diameter, and 3 inches (7.5 cm) tall. The results of the study obtained optimum asphalt content obtained at a percentage of 7%. With VMA value (Void In Mineral Aggregate) 16.13%, VIM (void In Mix) 4.58%, VFB (Void Filled Bitumen) 71.62%, Stability 1011kg, Flow Value 3.65 mm, Marshall quotient (MQ) 277kg/mm. Thus, it can be concluded that the results of the study meet the specifications determined by BINA MARGA, with asphalt results more stable, more durable, stronger.

ABSTRAK

Dalam pelaksanaannya, desain campuran perkerasan jalan perlu direncanakan dengan tepat untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Pemilihan material yang mudah menyerap air, menjadi salah satu pilihan untuk mengurai terjadinya genangan. Ampas kopi menjadi salah satu bahan yang dapat dipertimbangkan mengingat sifatnya yang mudah menyerap air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan ampas kopi sebagai campuran aspal porus terhadap karakteristik aspal porus. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan pembuatan sampel di laboratorium. Variasi kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dengan berat ampas kopi sebagai filler sebesar 6%. Sampel berbentuk silinder, berdiameter 4 inci (10,16 cm), dan tinggi 3 inci (7,5 cm). Hasil penelitian didapatkan kadar aspal optimum diperoleh pada prosentase 7%. Dengan nilai VMA (Void In Mineral Agregate) 16,13%, VIM (void In Mix) 4,58%, VFB (Void Filled Bitumen) 71,62%, Stabilitas 1011kg, Nilai Aliran 3,65 mm, Marshall quotient (MQ) 277kg/mm. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penelitian memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh BINA MARGA dengan hasil aspal lebih stabil, lebih awet, lebih kuat.

1. Pendahuluan

Kemajuan pelaksanaan pembangunan sangat dipengaruhi oleh kondisi infrastruktur penunjangnya. Dibutuhkan ketersediaan prasarana penunjang seperti infrastruktur jalan. Melalui infrastruktur tersebut, suatu daerah akan lebih maju baik pada sektor ekonomi, sosial maupun politik. Infrastruktur jalan harus direncanakan dengan baik agar menjamin keamanan serta kenyamanan pengguna jalan [1][2]. Namun, sering kali ditemukan infrastruktur jalan yang rusak, retak serta berlubang.

Dalam infrastruktur jalan, terdapat beberapa jenis tipe perkerasan jalan seperti *Flexible pavement* dan *rigid pavement* [3][4]. Selain itu tipe perkerasan jalan yang dikembangkan pada lapisan permukaan seperti aspal porous juga menjadi hal yang banyak diminati. aspal porous adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dikompresi memiliki 20% pori udara [5]. Aspal porous memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe perkerasan lainnya. Porositas tersebut terjadi karena penggunaan proporsi agregat yang lebih sedikit pada campuran aspal porous [6] [7].

Pemilihan aspal porous dinilai cocok pada beberapa daerah di Indonesia untuk mengurangi genangan air akibat cuaca ekstrim [8]. Penggunaan aspal porous memiliki banyak kelebihan bagi pengguna jalan dan lingkungan, seperti fungsi drainase. Air hujan yang tidak langsung mengalir ke saluran air pada sisi jalan raya akan mengakibatkan sebuah genangan air yang dapat mengakibatkan kerusakan permukaan perkerasan jalan seperti terkelupas hingga berlubang [9]. Dalam penggunaannya aspal porous memiliki stabilitas yang rendah, namun memiliki permeabilitas tinggi akibat dari banyaknya rongga antar agregat [10]. Dalam pembuatan aspal porous, pemilihan material penyusun menjadi hal yang perlu diperhatikan.

Penggunaan material pengganti agregat halus dalam campuran aspal dapat dilakukan untuk mendapatkan sifat yang berbeda [11]. Limbah ampas kopi menjadi salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan dalam campuran aspal porous karena sifatnya yang mudah menyerap air. Ampas kopi yang didapatkan dari seduhan kopi melimpah lebih banyak dan menjadi limbah tak terpakai. Limbah ampas kopi mempunyai potensi dimanfaatkan sebagai material substitusi sebagian aspal atau agregat halus.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan mengetahui pengaruh penggunaan ampas kopi sebagai campuran aspal porous terhadap karakteristik aspal porous dengan jumlah penggunaan ampas kopi sebesar 6% dari keseluruhan bahan penyusun benda uji. Sehingga akan didapatkan karakteristik aspal dari pemanfaatan limbah ampas kopi.

2. Studi Literatur

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Terdapat dua jenis perkerasan jalan yang dipakai yaitu perkerasan jalan lentur yang menggunakan aspal sebagai pengikatnya dan perkerasan jalan kaku yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat agregat. Lapisan perkerasan jalan terdiri dari tanah dasar, lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, dan lapis permukaan[12][13]. Tanah Dasar merupakan lapisan yang berfungsi sebagai tempat meletakkan lapisan perkerasan yang menopang konstruksi lapisan di atasnya. Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan perkerasan yang mendistribusikan beban roda ke sub lapisan dasar, mencegah air tanah dari sub lapisan, mencegah partikel lunak dari dari sub lapisan hingga lapisan lapisan atas, dan juga melindungi dari pengaruh cuaca terutama saat hujan . Lapisan pondasi atas adalah bagian dari struktur perkerasan jalan yang terletak di bawah lapis permukaan yang berfungsi sebagai penahan beban roda, dan juga sebagai perletakan terhadap lapis permukaan[14]. Lapisan permukaan berupa campuran aspal dengan agregat kasar dan agregat halus.

2.2 Bahan Bitumen

Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam dan gelap, yang dapat diperoleh didalam ataupun sebagai hasil produksi [15], yang dapat diperoleh secara internal atau sebagai hasil pemrosesan. Ini terutama mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar atau pitch. Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu temperature tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan *macadam* maupun pelaburan [16].

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Keras (Porus).

No.	Jenis Pengujian	Metode Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456 -1991 60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991 385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991 ≥ 48
4	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991 ≥ 100
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2433-1991 ≥ 232
6	Kelarutan dlm <i>Toluene</i> %	ASTM D 5546 ≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991 $\geq 1,0$
8	Berat yang Hilang %	SNI 06-2441-1991 $\leq 0,8$

Sumber : Spesifikasi Perkerasan Aspal 2016 [17]

Modifikasi Mix Design Aspal Porus Dengan Filler Limbah Ampas Kopi

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2021 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.



2.3 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Terdapat dua jenis agregat, yaitu Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan no. 8 (2,38 mm) berupa batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, awet, kuat, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Sedangkan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm), berupa pasir alam atau pasir buatan atau gabungan dari bahan-bahan tersebut[18].

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar.

Pengujian		Standart	Nilai
Kekakuan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC	100 putaran	Maks. 6%
	Modifikasi	500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min.95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619:2012	95/90 ^{*)}
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Sumber : Spesifikasi umum 2010, vol. 2010, no. Revisi 3 [19]

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus.

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03 – 1969 - 1990	Bj Bulk < 2.5 Penyerapan > 5%

Sumber : Spesifikasi umum 2010, vol. 2010, no. Revisi 3 [19]

2.4 Persyaratan Campuran

Campuran aspal dan agregat yang dirancang harus dapat menemukan karakteristik tertentu untuk menahan beban lalu lintas dan kondisi iklim sehingga menghasilkan trotoar yang kuat, aman dan nyaman. Jadi setiap campuran beton dengan aspal (AC) harus memiliki ciri khas tersendiri sebagai berikut :

1) Stabilitas

Kestabilan adalah kemampuan trotoar untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengubah bentuk permanen seperti gelombang, jalur, dan keretakan.

2) Keawetan (*durabilitas*)

Durability adalah kemampuan beton aspal untuk menahan beban lalu lintas yang berulang seperti bobot kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan.

3) Kelenturan (*fleksibilitas*)

Fleksibilitas atau kelenturan adalah kemampuan trotoar untuk beradaptasi karena kestabilan (konsolidasi) dan pergerakan tanah tanpa retak. Penurunan ini disebabkan oleh beban berat yang dibangun di tanah asal.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Resistensi kelelahan adalah kemampuan beton aspal untuk menahan tegangan berulang akibat pengulangan yang berulang-ulang, tanpa terjadi pelunakan berupa alur dan retakan.

5) Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*)

Tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah untuk memberikan gesekan pada roda kendaraan agar kendaraan tidak slip atau terpeleset.

6) Kedap air (*impermeabilitas*)

Impermeabilitas adalah kemampuan aspal beton untuk mencegah masuknya air atau udara ke lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mempercepat panaan aspal, dan memotong lapisan / selimut aspal dari total permukaan[20].

2.5 Metode Perencanaan Campuran

Metode perencanaan pencampuran bertujuan untuk menemukan bahan campuran beton aspal di lapangan agar dapat menghasilkan campuran yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

a. Perhitungan berat jenis maksimum (BJ Max).

$$\left\{ 100 \left(\frac{\%agr.}{B.J agr.} + \frac{\%aspal}{B.J aspal} \right) \right\}$$

b. Berat sampel (G)

$$G = \frac{C}{F}$$

C = Berat isi

F = Berat saat jenuh

c. Berat aspal (Gb)

$$Gb = Pb \times B_j \text{ max}$$

Pb = Berat jenis aspal

B_J max = Berat jenis Maksimum

d. Berat agregat

$$\text{Berat Agregat} = G - Gb$$

G = Berat Sampel

Gb = Berat Aspal

2.6 Metode Marshall

Dari hasil pengujian dengan alat *marshall* diperoleh data-data sebagai berikut: nilai stabilitas, berat volume, *flow*, VIM, VMA, VFB, tebal lapisan aspal, kadar aspal efektif, hasil bagi *marshall* (koefisien *marshall*), dengan rumus sebagai berikut[21]:

1. Perhitungsn parameter *marshall*

Karateris metode *marshall*

Unit weight

$$G_{mb} = \frac{W}{B}$$

Dimana:

G_{mb} = Berat dan volume campuran kering (gram/cm³)

W = Berat sampel di udara (gram)

B = Ukuran sampel (cm³)

2. VIM (*voids in mix*)

VIM adalah volume udara total yang ada didalam agregat yang diselimuti aspal dalam benda uji [22]. Nilai VIM dinyatakan dalam angka pada satu titik desimal atau persentase (%) dari campuran dan dihitung dengan rumus :

$$VIM = \left[1 - \frac{G_{se}}{B_j \text{ max}} \right] \times 100 \%$$

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{B_j \text{ max}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Dimana:

- VIM = Rongga udara campuran (%)
 Gse = Berat jenis agregat efektif
 Pmm = Presentase total berat campuran (=100)
 BJ max = Berat jenis campuran maksimum
 Pb = Kandungan aspal
 Gb = Berat jenis aspal

3. VMA (voids in mineral agregat)

VMA merupakan jarak antar partikel agregat dalam perkerasan aspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase terhadap volume total benda uji. Peran VMA penting didalamnya untuk membuat ruang yang cukup bagi aspal untuk membuat campuran mempunyai durabilitas yang baik[23].

$$VMA = 100 - \frac{100 - P_b}{G_{sb}} \times G_{mb}$$

Dimana:

- VMA = Ukuran pori antara butir agregat pada aspal beton (%)
 Gsb = Berat jenis total agregat kering
 Gmb = Berat volume campuran kering (gram/cm³)

4. VFB (voids in filled bitumen)

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{dVMA} \% \times VMA$$

Dimana:

- VFB = Ukuran pori antar butir agregat yang berisi aspal
 VMA = Ukuran pori antar butir agregat pada aspal beton padat (%)
 VIM = Volume rongga udara dalam campuran (%)

5. Stabilitas

$$Stability = O \times E' \times Q$$

Keterangan:

- Stability* = Stabilitas *Marshall*
 O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)
 E' = Angka korelasi volume Sampel
 Q = Kalibrasi alat *Marshall*

6. *Flow*

Flow kelelahan menunjukkan nilai penurunan atau *deformasi* yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya penurunan atau *deformasi* kaitannya dengan nilai karakteristik campuran *marshall* lainnya[24].

7. MQ (*marshall quotient*)

Nilai *Marshall Quotient* dihitung sebagai berikut:

$$MQ = \frac{S}{F}$$

Dimana:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Stabilitas (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

3. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan limbah ampas kopi sebagai pengganti *filler* aspal. Kadar aspal yang digunakan dalam variasi 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Pengujian dilakukan di Laboratorium Universitas Kadiri, dengan Sampel berbentuk silinder, berdiameter 4 inci (10,16 cm), dan tinggi 3 inci (7,5 cm) sebanyak 5 sampel. Pengujian yang dilakukan meliputi Hubungan kadar aspal minyak dengan VMA, VIM, VFB, Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) dengan alat uji *marshall* [25]. Penelitian diawali dengan mempersiapkan bahan meliputi agregat kasar, batu koral, Agregat halus, limbah ampas kopi, dan aspal. Agregat kasar dan agregat halus harus tertahan pada ayakan yang telah ditentukan standarnya, sedangkan Limbah ampas kopi sebagai pengganti *filler* yang harus lolos ayakan 200. Pengujian aspal yang dilakukan meliputi tes penetrasi, tes titik leleh, pengujian daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Dan proses yang terakhir adalah proses pengujian dengan alat *marshall*. Tahap pelaksanaan yang dilakukan yaitu sampel direndam dalam water bath sekitar 30 menit dengan suhu 60°C. lalu dilakukan pengujian pada alat uji *marshall* yang sudah dikalibrasi dan dipasang *flow meter* dan arloji pembacaan. Dan yang terakhir adalah proses pembebanan dilakukan sampai maksimum.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus.

No	Uraian	satuan	kadar aspal (%)					
			5	5,5	6	6,5	7	
A	Berat Aspal Minyak	gr	60	66	72	78	84	
B	Gradasi Gabungan Agregat		Berat Agregat menurut ukuran saringan					
	Saringan	% Lolos	% Tertahan					
1	3/4"	100	-	Gr	-	-	-	-
2	1/2"	91	9	Gr	108	104	105	105
3	3/8"	75	13	Gr	150	150	142	142
4	No.4	55	23	Gr	222	222	222	222
5	No.8	40	17	Gr	180	180	180	180
6	No.16	35	11	Gr	60	60	60	60
7	No.30	25	8	Gr	120	120	120	114
8	No.50	18	5	Gr	84	84	84	84
9	No.100	10	4	Gr	96	96	96	96
10	No.200	6	4	Gr	48	48	48	48
11	PAN	-	-	Gr	72	72	72	72
	Jumlah		100	Gr	1140	1136	1128	1122
	Berat Benda Uji			Gr	1,200	1,200	1,200	1,200

Sumber : Hasil Pengujian

4. Hasil Dan Diskusi

Hasil yang disajikan meliputi hasil pengujian karakteristik dengan uraian sebagai berikut:

4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Marshall

Parameter yang didapatkan pada alat uji marshal meliputi, stabilitas dan kelenturan atau kelelahan (flow) yang menunjukkan ukuran ketahanan suatu benda uji dalam menerima beban. Hasil pengujian diuraikan sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Tes Karakteristik Marshall

Notasi	Kadar aspal minyak	VMA %	VIM %	VFB %	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
1	5%	17,40	6,36	63,46	830	3,06	272
2	5,50%	16,95	5,89	65,27	857	3,18	269
3	6%	16,65	5,39	67,64	899	3,31	271
4	6,50%	16,31	4,97	69,54	981	3,63	270
5	7%	16,13	4,58	71,62	1011	3,65	277
6	spesifikasi	15 % <	3-5%	65 % <	800 kg <	2-4 mm	min 250

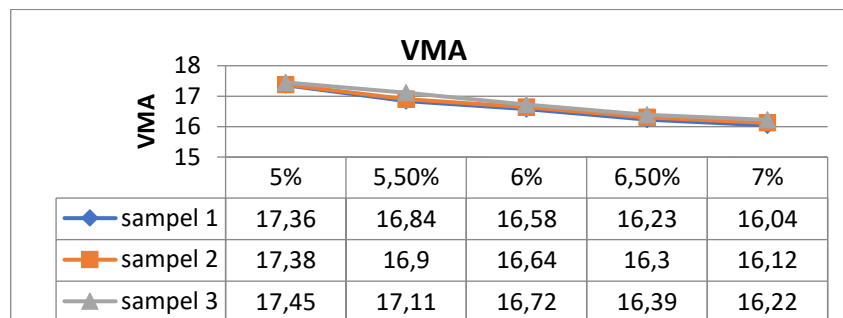
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil Tes karakteristik *marshall* dari sampel yang digunakan yaitu mengandung kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% didapat hasil rata – rata yaitu nilai VMA didapat

17,40%, 16,95%, 16,65%, 16,31%, 16,13%. Nilai VIM didapat 6,36%, 5,89%, 5,39%, 4,97%, dan 4,58%. Untuk nilai VFB didapat 64,46%, 65,27%, 67,64%, 69,54%, dan 71,62%. Untuk nilai Stabilitas didapat 830 kg, 857 kg, 899 kg, 981 kg, dan 1011 kg. untuk nilai *flow* didapat 3,06mm, 3,18 mm, 3,31 mm, 3,63 mm, 3,65 mm. dan yang terakhir nilai MQ didapat 272 kg/mm, 269kg/mm, 271 kg/mm, 270 kg/mm, dan 277 kg/mm.

4.1.1 Void in Mineral Agregat (VMA)

Void in Mineral Agregat merupakan rongga pada campuran agregat. Nilai VIM yang telah ditentukan dalam spesifikasi umum 2010, revisi 3 adalah 3% hingga 5%. Hasil pengujian VIM diuraikan sebagai berikut:



Sumber : Hasil Pengujian.

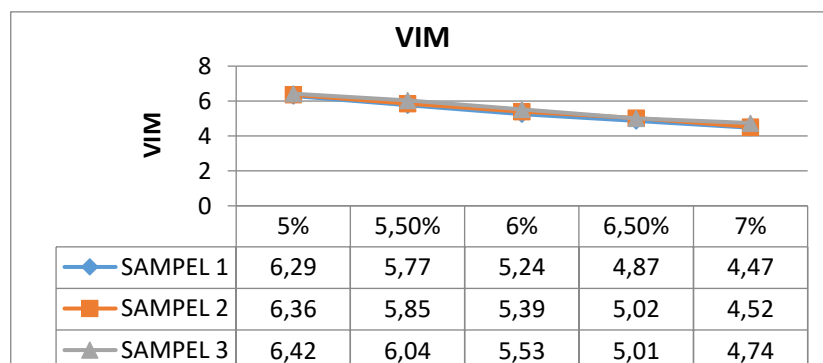
Gambar 1. Nilai VMA.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 3 dengan kadar aspal 5% dan nilai terendah terdapat pada sampel 1 dengan kadar aspal 7%.

4.1.2 Void in Mix (VIM)

Void in Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil yang akan menimbulkan bleeding atau terlalu besar yang dapat menimbulkan oksidasi.

Gambar 2. menunjukkan nilai rerata VMA yang memenuhi spesifikasi bina marga berada pada mix design 7% berdasarkan seluruh parameter marshall



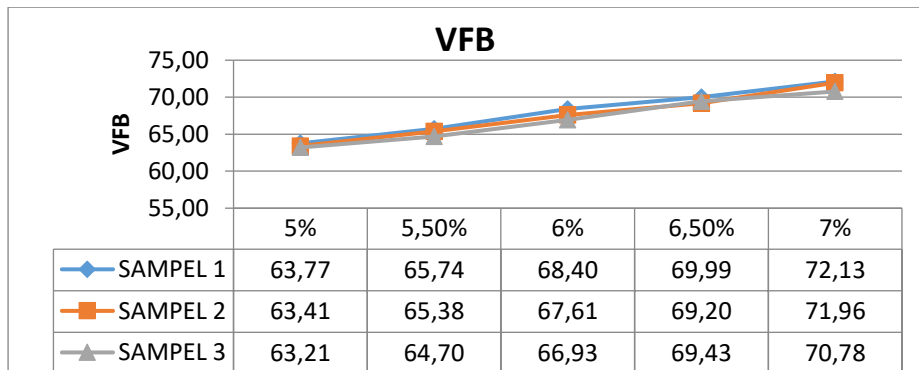
Sumber : Hasil Pengujian.

Gambar 2. Nilai VIM.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 3 dengan kadar aspal 5% dan nilai terendah terdapat pada sampel 1 dengan kadar aspal 7%.

4.1.3 Voids Filled with Bitumen (VFB)

Voids Filled with Bitumen (VFB) merupakan volume pori di antara partikel-partikel agregat yang terisi aspal dalam campuran padat Parameter VFB diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan dan tahan air yang cukup memadai.



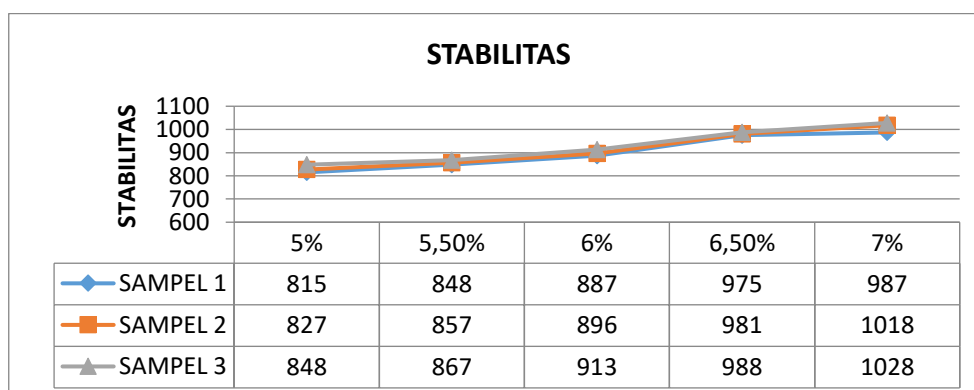
Sumber : Hasil Pengujian.

Gambar 3. Nilai VFB.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 1 dengan kadar aspal 7% dan nilai terendah terdapat pada sampel 3 dengan kadar aspal 5%.

4.1.4 Stabilitas

Pengukuran stabilitas dengan test Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel. Dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser **Gambar 4.** menunjukkan nilai rerata VMA yang memenuhi spesifikasi bina marga berada pada mix design 7% dengan nilai 1011 kg berdasarkan seluruh parameter marshall.



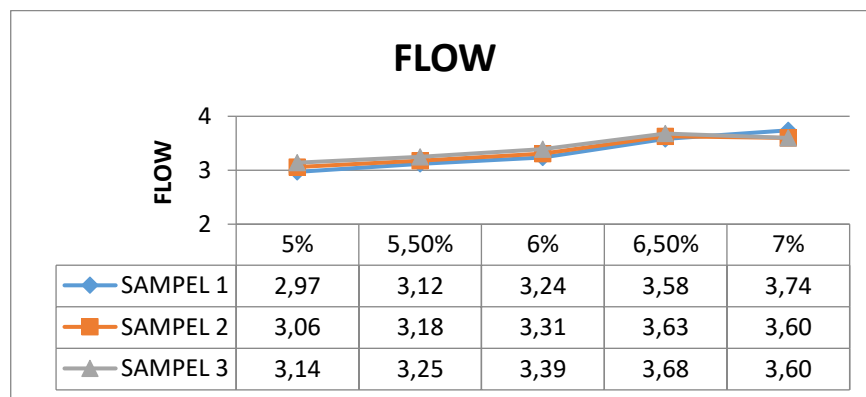
Sumber : Hasil Pengujian.

Gambar 4. Nilai Stabilitas.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 3 dengan kadar aspal 7% dan nilai terendah terdapat pada sampel 1 dengan kadar aspal 5%.

4.1.5 Flow

Parameter flow diperlukan untuk mengetahui deformasi vertikal campuran saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum). Flow akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal.



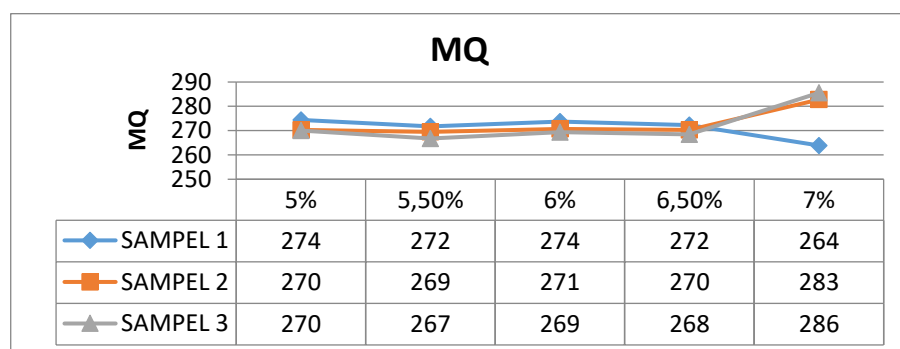
Sumber : Hasil Pengujian.

Gambar 5. Nilai Flow.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 1 dengan kadar aspal 7% dan nilai terendah terdapat pada sampel 1 dengan kadar aspal 5%.

4.1.6 Hubungan kadar aspal minyak dengan Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) yaitu hasil bagi stabilitas dan flow, yang digunakan sebagai indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan. Nilai Marshall Quotient dinyatakan dalam kg/mm.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 6. Nilai MQ.

Dari beberapa sampel yang dites nilai tertinggi didapatkan pada sampel 3 dengan kadar aspal 7% dan nilai terendah terdapat pada sampel 3 dengan kadar aspal 5,5%.

4.2 Hasil pengujian campuran Aspal Porus untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil dari pengujian beberapa sampel dengan kadar aspal yang berbeda-beda didapatkan hasil KAO sebagai berikut :

Tabel 6. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).

No	Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal Minyak				
			5%	5,50%	6%	6,5%	7%
1	VIM (%)	3-5					✓
2	VMA(%)	>15	✓	✓	✓	✓	✓
3	VFB (%)	>65	✓	✓	✓	✓	✓
4	Stabilitas (Kg)	>800	✓	✓	✓	✓	✓
5	FLOW (mm)	2-4	✓	✓	✓	✓	✓
6	MQ (kg/mm)	>250	✓	✓	✓	✓	✓
7	KAO						✓

Sumber : Hasil Pengujian.

Dari hasil beberapa pengujian VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, dan MQ didapatkan hasil nilai KAO berada pada kadar **7%**.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Mix design* aspal porus dengan nilai Stabilitas yang paling tinggi dan layak dipergunakan berdasarkan dari parameter *marshall* berada pada kadar aspal minyak 7% dengan nilai 1011 kg, Nilai *Flow* 3,65 mm, Nilai *Marshall quotient* (MQ) 277 kg/mm.
2. Berdasarkan hasil antara kandungan kadar aspal minyak dan seluruh parameter uji *marshall* dan *volumetrik* yang menggunakan *filler* limbah ampas kopi berdasarkan perhitungan nilai VIM, VMA, VFB, stabilitas dan MQ. Maka didapatkan hasil kandungan aspal optimum berada pada sampel dengan kadar aspal sebesar **7 %**. Dengan hasil ; VMA (*Void In Mineral Agregate*) 16,13%, VIM (*voids In Mix*) 4,58%, VFB (*Void Filled Bitumen*) 71,62%, Stabilitas 1011 kg/mm, Nilai *Flow* 3,65 mm, Nilai *Marshall quotient* (MQ) 277 kg/mm.

5.2 Saran

Diharapkan pada penelitian berikutnya membuat sampel lebih banyak lagi. Dan untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk memakai aspal minyak dengan menggunakan kualitas yang lebih baik dan agregat yang kualitas lebih baik agar mendapatkan hasil yang maksimal.

Daftar Pustaka

- [1] M. Aminuddin, S. Winarto, and Y. Cahyo, "Job Mix Laston (AC-BC) Menggunakan Bubuk Gypsum Dan Abu Bata Merah," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 325–336, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.420.
- [2] S. Supriadi, Y. Cahyo, A. Ridwan, and A. I. Candra, "Penelitian Penambahan Bahan Batu Padas Pada Campuran Aspal Beton," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 154, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i1.407.
- [3] T. Ahmed and S. Hoque, "Study on pervious concrete pavement mix designs," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 476, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/476/1/012062.
- [4] Y. C. S. Poernomo, S. Winarto, Z. B. Mahardana, D. A. Karisma, and R. Ajiono, "The Limestone as a Materials Combination of Base Course on the Road Pavement," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1125, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1125/1/012019.
- [5] A. I. Candra, S. W. Mudjanarko, Y. C. S. Poernomo, and P. Vitasromo, "Analysis of the Ratio of Coarse Aggregate to Porous Asphalt Mixture," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1569, no. 4, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1569/4/042029.
- [6] S. Anam and H. Pratikto, "Pengujian Perkerasan Aspal Porus Dengan Penambahan Tread Ban Bekas Pada Uji Marshall," *U KaRsT*, vol. 2, no. 2, pp. 154–163, 2018.
- [7] X. Ma, P. Zhou, J. Jiang, and X. Hu, "High-temperature failure of porous asphalt mixture under wheel loading based on 2D air void structure analysis," *Constr. Build. Mater.*, vol. 252, p. 119051, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119051.
- [8] L. M. D. E. Moura and A. H. Suyanto, "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Bahan Campuran Aspal Porus," *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [9] T. Yu, H. Zhang, and Y. Wang, "Interaction of asphalt and water between porous asphalt pavement voids with different aging stage and its significance to drainage," *Constr. Build. Mater.*, vol. 252, p. 119085, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119085.
- [10] S. A. B. Samodera, Y. C. Setianto Poernomo, A. Ridwan, and A. I. Candra, "Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 256, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i2.517.
- [11] H. Zhang, K. Anupam, A. Scarpas, C. Kasbergen, and S. Erkens, "Effect of stone-on-stone contact on porous asphalt mixes: micromechanical analysis," *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 21, no. 8, pp. 990–1001, 2020, doi: 10.1080/10298436.2019.1654105.
- [12] V. A. Putri, I. W. Diana, and S. Putra, "Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung)," *J. Rekayasa Sipil dan*

Desain, vol. 4, no. 2, pp. 197–204, 2016.

- [13] A. I. Candra, S. Winarto, A. D. Cahyono, and Z. B. Mahardana, “Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1858, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1858/1/012068.
- [14] J. Wibowo, “Analisis Desain Perkerasan Jalan Metode Bina Marga 1987, Bina Marga 2002 Dan Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan,” *Pascasarj. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [15] H. Prasetyo *et al.*, “Penggunaan Limbah Polietilen Densitas Tinggi Sebagai Pengubah Bitumen,” *U KaRsT*, vol. 2, no. 1, pp. 67–76, 2018.
- [16] A. Gunarto, “Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus,” *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 37, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i1.351.
- [17] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Spesifikasi Perkerasan Aspal,” 2016.
- [18] B. Raharjo, “Pengaruh Suhu Pematatan Campuran Untuk Perkerasan Lapis Antara (AC-BC),” *Pengaruh Suhu Pematatan Campuran Untuk Perkerasan Lapis Antara*, vol. 4, no. 1, pp. 43–50, 2016, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [19] Direktorat Jendral Bina Marga, *Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal*. 2010.
- [20] A. Tahir, “Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara,” *J. SMARTek*, vol. 7, no. 4, pp. 256–278, 2009.
- [21] I. B. Muhammad and Senja Rum Harnaeni, “Analisa Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Menggunakan Limbah Beton Sebagai Coarse Aagregat,” *Diss. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- [22] M. Zaenuri and A. Gunarto, “Penelitian Menggunakan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar Dan Filler Pada Aspal Campuran AC-BC,” *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, pp. 28–37, 2018.
- [23] A. Guncoro, A. Ridwan, Y. C. S.P, and A. I. Candra, “Prebandingan Stabilitas Aspal Menggunakan Agregat Kasar Batu Belah Dan Batu Gamping,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 310, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i2.531.
- [24] D. Kartikasari and S. D. Hartantyo, “Penggantian Filler Dengan Fly Ash Dan Serbuk Batu Bata Pada Campuran Aspal (AC-WC),” *U KaRsT*, vol. 1, no. 1, pp. 35–44, 2017.
- [25] B. A. Rahmahima, A. I. Candra, and Y. C. S. Poernomo, “Penggunaan Biji Jenitri Sebagai Pengganti Filler Pada Lapisan Aspal (AC-BC) Terhadap Variasi Suhu,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 177, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1073.