

## Studi Pemanfaatan Abu Jerami Padi sebagai Bahan Substitusi pada Aspal Beton AC-WC

Muh. Aditya Akbar AR<sup>1</sup>, Basiruddin<sup>2</sup>, St. Maryam H<sup>3</sup>, Bulgis<sup>4</sup>, Salim<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

<sup>1)</sup> [adityaakbar748@gmail.com](mailto:adityaakbar748@gmail.com); <sup>2)</sup> [basiruddin129@gmail.com](mailto:basiruddin129@gmail.com); <sup>3)</sup> [st.maryam@umi.ac.id](mailto:st.maryam@umi.ac.id);

<sup>4)</sup> [bulgis.bulgis@umi.ac.id](mailto:bulgis.bulgis@umi.ac.id); <sup>5)</sup> [salim.salim@umi.ac.id](mailto:salim.salim@umi.ac.id)

### ABSTRAK

Di dalam suatu struktur perkerasan jalan yaitu salah satunya perkerasan jalan lentur yang terdiri dari beberapa lapisan, di mana lapisan yang paling sering mengalami kerusakan terletak paling atas atau yang paling utama bersentuhan langsung dengan roda kendaraan yaitu lapisan Asphalt concrete wearing course (AC-WC). Pemanfaatan Limbah Abu Jerami Padi sebagai bahan substitusi pada filler. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal beton (AC-WC) terhadap bahan substitusi filler limbah jerami padi dan substitusi persentase optimum penambahan limbah jerami padi pada aspal beton (AC-WC). Adapun metode yang digunakan ialah metode eksperimen terhadap pemanfaatan material Abu Jerami Padi. metode kuantitatif, dengan eksperimen pemanfaatan material Abu Jerami Padi. Hasil pengujian dari variasi penggunaan limbah abu Jerami padi sebagai *filler* terhadap campuran aspal beton AC-WC diperoleh variasi optimum dengan kadar penambahan 40% berdasarkan nilai stabilitas campuran.

Kata Kunci: Karakteristik, AC-WC, Abu Jerami Padi, Filler, Marshall Test

### ABSTRACT

*In a road pavement structure, one of them is flexible pavement consisting of several layers, where the layer that is most often damaged is located at the top or the most important in direct contact with the vehicle wheels, namely the Asphalt layer concrete wearing course (AC-WC). Utilization of Rice Straw Ash Waste as a substitute for filler material. This study aims to analyze the characteristics of the asphalt concrete mixture (AC-WC) to the filler substitution of rice straw waste and the optimum percentage substitution of addition of rice straw waste to asphalt concrete (AC-WC). The method used is an experimental method on the utilization of Rice Straw Ash material. quantitative method, with experimental use of Rice Straw Ash material. The test results from the variation of the use of rice straw ash waste as a filler for the AC-WC asphalt concrete mixture obtained the optimum variation with an additional level of 40% based on the stability value of the mixture.*

*Keywords: Characteristics, AC-WC, Rice Straw Ash, Filler, Marshall Test*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu perkerasan jalan di Indonesia pada umumnya menggunakan jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur oleh karena itu. Seperti yang kita ketahui pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi di Indonesia sangatlah cepat. Ditambah dengan pertambahan jumlah penduduk yang mengakibatkan semakin meningkatnya mobilitas masyarakat. Salah satu prasarana transportasi ialah

jalan yang merupakan kebutuhan yang sangat utama, dengan ini sangatlah diperlukan peningkatan dari segi kualitas maupun kuantitas jalan yang memenuhi dan dapat melayani kebutuhan masyarakat.

Di dalam suatu struktur perkerasan jalan yaitu salah satunya perkerasan jalan lentur yang terdiri dari beberapa lapisan, di mana lapisan yang paling sering mengalami kerusakan terletak paling atas atau yang paling utama bersentuhan langsung dengan roda kendaraan yaitu

lapisan Asphalt concrete wearing course ( AC-WC ). Bahan baku filler dalam campuran aspal beton yang digunakan terus menerus akan berdampak pada kerusakan sumber alam, dikarenakan filler ialah material dari bahan-bahan yang berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbahai. Adapun upaya untuk mengurangi penggunaan filler dalam suatu campuran aspal beton yaitu dengan membatasi penggunaan filler dalam suatu campuran aspal beton.

Jerami padi memiliki banyak kandungan yang baik, berdasarkan dalam keadaan bahan kering 89,57%, terdapat protein kasar 3,2%, serat kasar 32,56%, lemak 1,33%, NDF 67,34 %, ADF 46,40%, selulosa 40,80%, dan hemiselulosa 26,62 %, serta lignin 5,78%. Dilihat dari segi bentuknya bahwa jerami padi yang terdiri dari daun, pelepah daun, dan ruas merupakan unsur yang relatif kuat karena terdapat kandungan silika dan selulosa yang tinggi sehingga baik untuk proses pengikatan serta proses pelapukannya memerlukan waktu yang lama. (Fatmawati, 2004)

Karena masih kurangnya pemanfaatan limbah abu jerami, kami ingin mengetahui Pemanfaatan Limbah Abu Jerami Sebagai Bahan Substitusi Pada Aspal Beton AC-WC.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis berinisiatif melakukan penelitian dengan menggunakan Limbah Jerami Padi dirangkum dalam sebuah judul penelitian “Study Pemanfaatan Limbah Abu Jerami Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Aspal Beton AC-WC.”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang dibahas, penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal beton (AC-WC) terhadap bahan substitusi filler limbah abu jerami padi?
2. Berapa persentase substitusi optimum limbah abu jerami padi pada aspal beton (AC-WC)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian Marshall Test dengan menggunakan limbah jerami sebagai bahan substitusi pada aspal beton (AC-WC). Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah untuk :

1. Menganalisis karakteristik campuran aspal beton (AC-WC) terhadap bahan substitusi filler limbah jerami padi.
2. Mengetahui substitusi persentase optimum penambahan limbah jerami padi aspal beton (AC-WC)

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Gambaran Umum

Metode Penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen terhadap benda uji agregat kasar dan agregat halus yang dijadikan sebagai bahan campuran untuk lapisan Aspal Beton Wearing Course (AC-WC). Selanjutnya dilakukan observasi untuk mengetahui karakteristik campuran aspal.

### 2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo Km. 05 Makassar.

### 2.3 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu penelitian didasarkan pada lamanya waktu dari dimulainya kegiatan penelitian sampai dengan pengajuan proposal, pelaksanaan penelitian, pengumpulan data penelitian, penyelesaian hasil penelitian, dan selesainya kegiatan penelitian. Waktu penyidikan berlangsung sejak permohonan diajukan sampai penyidikan selesai.

### 2.4 Metode Pengujian

#### 2.4.1 Uji Marshall

Pada pengujian Marshall, benda uji terlebih dahulu disiapkan dengan kadar aspal rencana, kemudian aspal dan agregat dipanaskan dan dicampur sesuai dengan proporsinya masing-masing, dan kemudian ditentukan temperatur pencampurannya. Tempatkan dalam cetakan dan kompres dengan mengetuk 75 kali di setiap sisi. Setelah itu, spesimen dikeluarkan,

dinginkan selama 24 jam, dan diukur ketinggiannya dengan ketelitian 0,1 mm. Setelah itu ditimbang dalam keadaan kering untuk mendapatkan berat isi. Spesimen kemudian direndam selama 24 jam, ditimbang kembali dalam air dan dikeringkan. Pengujian dilakukan dalam cetakan Marshall press setelah direndam dalam penangas air dan membiarkan permukaan mengering sebelum pengujian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Data yang diperoleh dari pengujian properti agregat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 seperti terlihat pada tabel di bawah ini. Hasil studi gradien kasar ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

Jenis Saringan		% Lolos Saringan	
		Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
3/4"	(19,1 mm)	100	
1/2"	(12,7 mm)	59,27	100
3/8"	(9,52 mm)	17,98	83,10
No. 4	(4,75 mm)	0,90	19,58
No. 8	(2,36 mm)		1,20

Data hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2

**Tabel 2** Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat kasar

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Pengujian	
	Maks	Min	Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,61	2,49
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,67	2,56
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,77	2,68
Water Absorption	3%	-	2,20	2,88
Berat Isi Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,43	1,42
Berat Isi Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,45	1,43
Soundness Test #3/8" (%)	12	-	0,66	0,66
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	-	95%	96%	96%

#### 3.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

**Tabel 3** Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

Jenis Saringan		% Lolos Saringan Abu Batu
No. 4	(4,75 mm)	100
No. 8	(2,36 mm)	84,24
No. 16	(1,18 mm)	61,97
No. 30	(0,6 mm)	38,22
No. 50	(0,3 mm)	26,38
No. 100	(0,15 mm)	17,13
No. 200	(0,075 mm)	10,35

PAN	0,00
-----	------

Data hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dapat dilihat pada tabel 4

**Tabel 4** Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat halus

Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pengujian
	Maks.	Min	
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,58
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,70
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,51
Water Aborption	3%	-	2,89
Sand Equivalent (%)	-	60	79,74
Berat Isi Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,52
Berat Isi Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,9	1,4	1,68
Soundness Test #50 (%)	10	-	

### 3.3 Hasil Pemeriksaan Aspal

Data hasil pemeriksaan karakteristik Aspal dapat dilihat pada tabel 5 dimana terdapat Hasil Pemeriksaan Aspal beserta

dengan beberapa spesifikasinya yang bisa kita lihat dibawah ini

**Tabel 5** Hasil Pengujian Aspal

Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	65	59 – 70
Titik Lembek (°C)	51,5	48 - 56
Daktalitas pada 25°C (cm)	137	> 100
Titik Nyala (°C)	265	> 200
Titik Bakar (°C)	275	> 200
Berat Jenis	1,055	1,0-1,16

### 3.4 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Marshall pada Campuran AC-BC untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

melakukan analisis hasil pemeriksaan Marshall dengan menggunakan bahan tambah abu jerami padi terlebih dahulu kita menghitung nilai karakteristik Marshall yang terdiri dari nilai Stabilitas,

Flow, Voids in Mix (VIM), Voids in Mineral Aggregate (VMA), Voids Filled with Asphalt (VFA), Density, dan Marshall Quotient (MQ) menggunakan beberapa variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum yang akan digunakan pada adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%

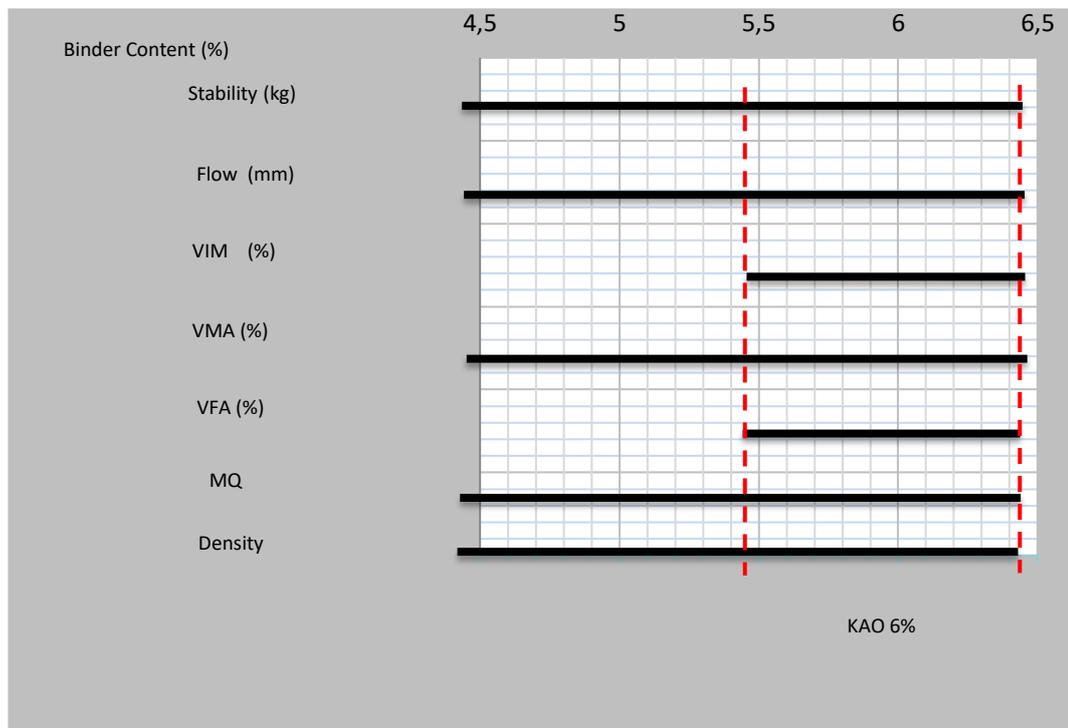
**Tabel 6** Rekapitulasi pengujian karakteristik marshall campuran AC-WC penetrasi 60/70 untuk kadar aspal optimum (KAO)

Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Kadar Aspal (%)	4,5	5	5,5	6	6,5	
Density	2,24	2,25	2,26	2,26	2,26	≥2.2 kg/mm <sup>3</sup>
VIM (%)	6,99	5,94	4,72	4,24	3,41	3-5%
VMA (%)	15,00	16,06	16,00	16,58	16,87	≥ 15%

<b>VFA (%)</b>	56,31	63,20	70,55	74,45	79,84	≥ 65%
<b>Stabilitas; kg</b>	935.4	1006.12	1016.61	997.70	939.58	800-1800 kg
	9					
<b>Flow; mm</b>	3,43	3,10	2,97	3,10	3,50	2-4 mm
<b>MQ; kg/mm</b>	272.4	324.7	342.7	315.12	265.9	Min. 250 kg/mm

Tabel 6 Berdasarkan hasil pengujian maka diperoleh nilai kadar aspal terhadap karakteristik campuran seperti pada Tabel 6 Dari hasil pengujian tersebut kita dapat menentukan nilai kadar aspal

optimum. Diperoleh keadaan kadar aspal optimum berdasarkan spesifikasi campuran yang digunakan dan yang diperoleh dari hasil uji Marshall Test. tabel 7.



**Gambar 1** Grafik Penentuan Nilai KAO

**Tabel 7** Hasil dan analisis pengujian *marshall test* dengan bahan Abu Jerami Padi

Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian						Spesifikasi
	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
<b>Density</b>	2.26	2.25	2.26	2.27	2.28	2.3	≥ 2.2 kg/mm <sup>3</sup>

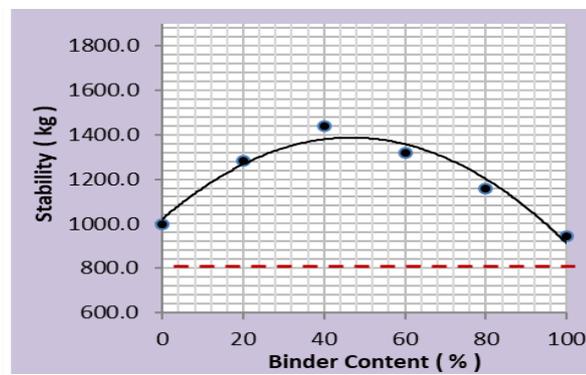
<b>VIM; %</b>	4.32	4.39	3.98	3.56	3.27	2.42	3 – 5 %
<b>VMA; %</b>	16.65	16.71	16.36	15.99	15.74	15.22	≥ 15%
<b>VFA; %</b>	74.09	76.94	77.31	77.98	79.65	82.71	≥ 65%
<b>Stabilitas; kg</b>	997.7	1356.07	1427.39	1450.45	1450.45	1352.72	800-1800 Kg
<b>Flow; mm</b>	3.17	2.52	2.26	2.07	1.8	1.67	Min 2 mm
<b>MQ; kg/mm</b>	315.12	539.33	631.69	787.83	805.69	821.47	Min 180

### 3.4 Hubungan Abu Jerami Padi Terhadap Karakteristik Marshall

#### a. Nilai Stabilitas

Dari Dari hasil analisis grafik menunjukkan bahwa campuran dengan variasi AJP 0% hingga variasi AJP 100% memenuhi spesifikasi. Semakin besar nilai variasi AJP yang digunakan akan meningkatkan nilai stabilitas hingga

kadar aspal optimum pada variasi kadar AJP 40% tetapi seiring dengan penambahan variasi AJP melebihi nilai optimum maka stabilitas akan menurun pada variasi 60% hingga 100% hal ini disebabkan karena sifat Abu Jerami Padi sebagai bahan organik yang rentan dengan pengaruh air.

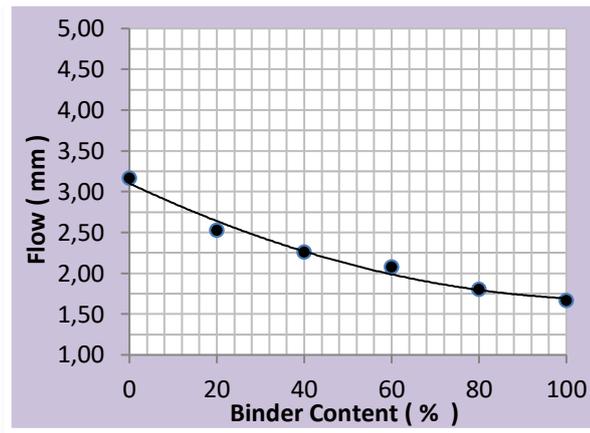


Gambar 2 hubungan Stabilitas terhadap Abu Jerami Padi

#### b. Flow

Flow (kelelahan menunjukkan bahwa nilai flow dari variasi AJP 0% mengalami penurunan sampai pada variasi AJP 100%. Hal ini disebabkan

semakin bertambah kadar AJP mengakibatkan mudahnya terjadi kelelahan atau keruntuhan pada campuran aspal .

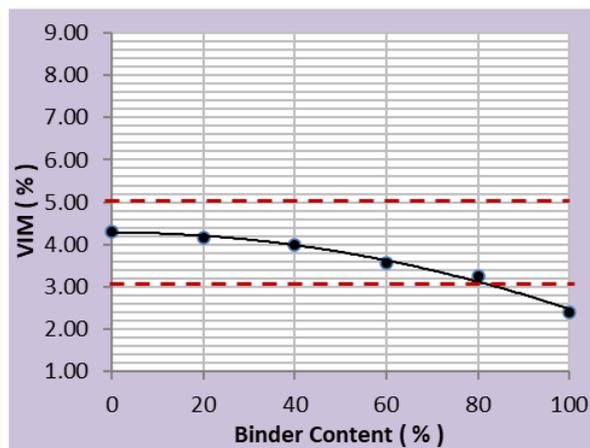


Gambar 3 hubungan Flow terhadap Abu Jerami Padi

**c. VIM**

Nilai VIM . menunjukkan bahwa nilai VIM pada variasi AJP 0% mengalami penurunan nilai persentase volume rongga campuran sampai pada variasi AJP selanjutnya. Hal ini

menggambarkan bahwa volume rongga yang berisi udara semakin mengalami penurunan persentase rongga yang di sebabkan semakin bertambahnya penggunaan Abu Jerami Padi yang melebihi nilai optimum

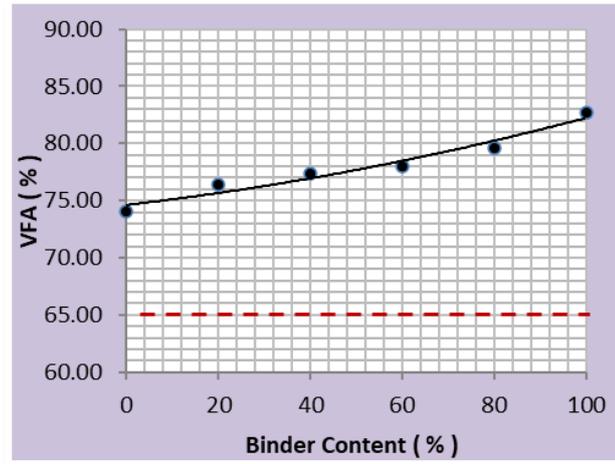


Gambar 4 Grafik Hubungan Void In Mix (VIM) terhadap Abu Jerami Padi

**d. VFA**

Hasil analisis grafik 4.13 menunjukkan bahwa variasi AJP 0% hingga 100% memenuhi spesifikasi, semakin tinggi variasi AJP campuran maka semakin tinggi nilai VFA dalam

campuran. Hal ini menunjukkan bahwa, nilai VFA atau persentase volume rongga yang berisi aspal mengalami kenaikan seiring bertambahnya AJP yang digunakan

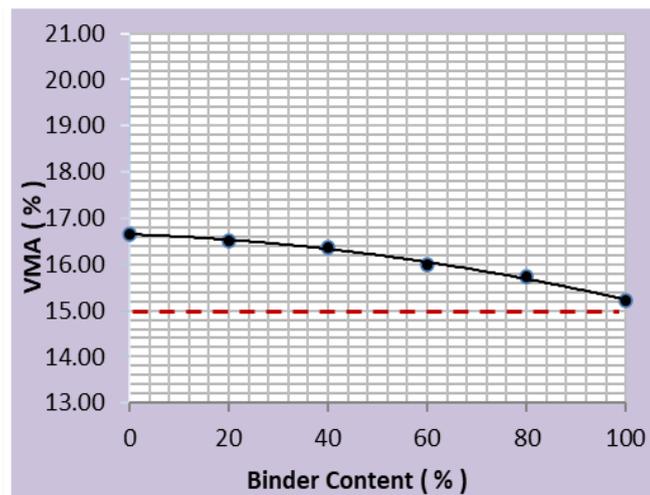


Gambar 5 Hubungan Void Filled with Asphalt terhadap Abu Jerami Padi

**e. VMA**

Menunjukkan n Dari hasil analisis grafik 4.14 menunjukkan bahwa setiap variasi AJP pada campuran secara

menyeluruh memenuhi nilai VMA pada campuran berdasarkan spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 15%. Seiring dengan bertambahnya variasi AJP nilai VMA semakin menurun.

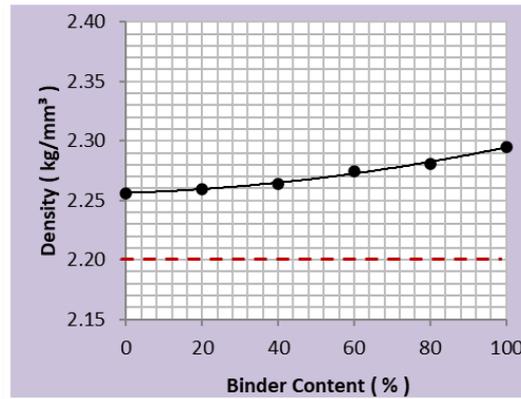


Gambar 6 Hubungan Void in Mineral Agregat terhadap Abu Jerami Padi

**f. Density**

Menunjukkan menjelaskan bahwa nilai *density* meningkat dari variasi AJP 0% sampai dengan 100%. Nilai *density* campuran telah memenuhi spesifikasi yaitu min 2.2 kg/mm<sup>3</sup>.

Semakin besar variasi AJP yang digunakan pada campuran maka semakin tinggi nilai *density*.

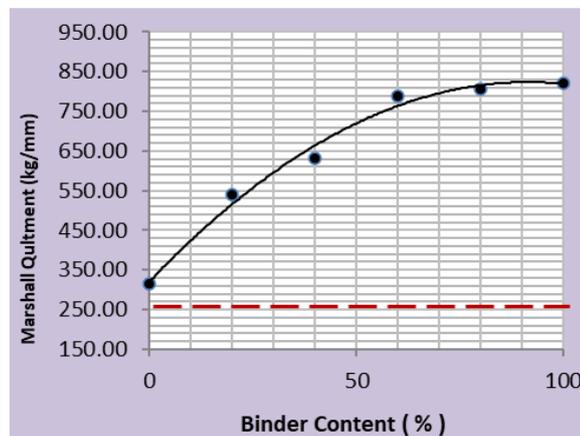


Gambar 7 Hubungan Kerapatan (Density) terhadap Abu Jerami Padi

**f. Marshall Quotient**

Dimana terlihat nilai MQ variasi AJP 0% sampai 100% mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan stabilitas akan menurun dengan penambahan kadar AJP yang telah melampaui nilai maksimum stabilitas, di samping itu kelelehannya akan semakin rendah dengan meningkatnya AJP. Nilai stabilitas dan kelelahan mempengaruhi *Marshall Quotient*, makin tinggi kadar AJP maka makin tinggi nilai stabilitas dan menurunnya nilai kelelahan. Nilai MQ

menunjukkan fleksibilitas campuran yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan semakin kaku (bila terlalu kaku cenderung mudah retak) campuran tersebut, demikian juga bila semakin kecil nilai MQ maka tingkat kelenturan semakin besar (terlalu lentur cenderung kurang stabil).meningkatkan stabilitas, di samping itu kelelehannya akan semakin rendah dengan meningkatnya variasi bahan tambah hingga pada kadar ACKS 2% .1..



Gambar 8 Hubungan Marshall Quotient (MQ) terhadap Abu Jerami Padi

**3.5 Penentuan Persentase Abu Jerami Padi**

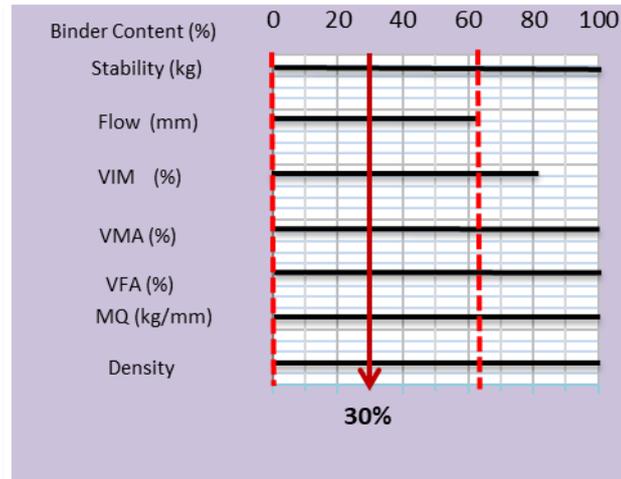
Indirect Tensile Strength (ITS) adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban tarik tanpa kerusakan dan didefinisikan sebagai tegangan maksimum sebelum patah. Sebuah beban konstan menyebabkan stres, yang

kemudian meningkat ke regangan tertentu, di mana spesimen mulai membelah, menghasilkan tegangan maksimum. Ketika perpanjangan tertentu tercapai dan spesimen mulai runtuh atau robek, itu berarti tegangan yang dikembangkan telah mencapai maksimum. Retak kemudian

melemahkan kekuatan kohesif spesimen, menyebabkan regangan yang lebih besar, yang menyebabkan kegagalan spesimen (Garrick, 1990).

nilai Indirect Tensile Strength (ITS) dari campuran aspal beton dengan menggunakan ACKS sebagai bahan

Nilai Indirect Tensile Strength (ITS) dari Campuran Aspal Beton



Tabel 8 Penentuan % Abu Jerami Padi

Dari hasil analisis tabel 8 mengenai penentuan jumlah AJP menggunakan metode barchart, di lihat dari spesifikasi nilai MQ % AJP yang dapat di gunakan dalam campuran aspal beton yaitu 0% - 60% dengan nilai optimum 30%. namun jika di lihat dari nilai marshalnya kadar AJP

40% memberikan nilai stabilitas yang baik terhadap campuran aspal, penambahan AJP yang berlebihan akan menyebabkan nilai stabilitas semakin kecil. Hal ini di sebabkan Karena sifat AJP sebagai bahan organik yang rentan dengan pengaruh air

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian ini dilakukan untuk konstruksi jalan raya yaitu jenis lapis aspal beton AC-WC dengan menggunakan abu Jerami padi sebagai Substitusi Filler terhadap uji marshall dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Karakteristik Campuran AC-WC dengan menggunakan bahan tambah Abu Jerami Padi sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% diperoleh Nilai Optimum sebesar 30% dengan Stabilitas meningkat hingga kadar AJP 40%.

MQ dengan penambahan sebanyak 20% mengalami kenaikan hingga pada AJP 100%. VIM dengan campuran 20% AJP mengalami penurunan hingga 100% AJP. Pada grafik VMA dan Flow mengalami penurunan grafik yang sama dengan VIM. VFA dan Density mendapatkan nilai optimum pada penambahan 20% AJP hingga kadar 100% AJP.

2. Dari Variasi penggunaan limbah abu jerami padi sebagai *filler* terhadap campuran aspal beton AC-WC diperoleh variasi optimum dengan kadar

penambahan 30% berdasarkan nilai

#### 4.2 Saran

1. Disarankan Disarankan penelitian lebih lanjut penggunaan Abu Jerami Padi pada campuran aspal beton AC-WC terhadap durabilitas yaitu pengaruh ketahanan terhadap suhu pencampuran dan perendaman.
2. Cangkang Disarankan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi suhu campuran dan suhu penumbukan terhadap campuran aspal beton AC-WC menggunakan filler Abu Jerami Padi.

#### Daftar Pustaka

- AASHTO, 1982. *Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing, Part I : Specification*
- A. Hidayat, A. I. Candra, S. Winarto, M. H. Nastotok. "Penambahan Abu Jerami Dan Abu Sekam pada Beton Fc' 18,68." *Volume 4 Nomor 1 Tahun 2021* (2021): 15-28.
- Khaerul Rijal, Iwan Desimal. "ANALISIS PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI LAPIS." *Volume 6, No. 2, Juni 2020* (2020): 69-70.
- Nikodemus Tandung\*, Rais Rachman\*, Alpius'3. "Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami." *Volume 3 Issue 4, Desember 2021* (2021): 595-601.
- SAPTOHUDOYO,DAVIS. "EVALUASIKERUSAKAN DAN PROPERTIS BAHAN LAPIS." *Surakarta, 22 Januari 2019* (2019): 1-19.
- Sari, Lailatul Fitria Diana. "PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI SEBAGAI BAHAN ISI." *Jember, 9 November 2012* (2012): 1-50.
- Y. Yusriani, Elviwirda, dan M. Sabri. "Kajian Pemanfaatan Limbah Jerami Sebagai Pakan Ternak Sapi di Provinsi Aceh." *Vol. 17 Jurnal Peternakan Indonesia, Juni 2015* (2015): 163-169.
- Arlia Leni, Saleh Sofyan M., dan Anggraini Renni, 2018, halaman 666 "Karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi gondorukem pada aspal penetrasi 60/70", Volume 1 special issue, halaman 657-666.
- Azka Cut Nawalul, Saleh Sofyan M, Sugiarto sugiarto, 2018, "Pengaruh substitusi gondorukem pada aspal penetrasi 60/70 dengan menggunakan agregat halus sabang terhadap stabilitas marshall", *Jurnal arsip rekayasa sipil dan perencanaan I* (4) : 50-60 (2018).
- Perceka Dea Putri, Ing Tan Lie,2015."Pengaruh Getah Pinus pada stabilitas, pelelehan, dan durabilitas lapis pengikat beton aspal AC BC", Volume 12 Nomor 1, April 2016 : 1-98, Halaman 64-83.
- Sukirman Silvia, 2003 " Penyusutan utama campuran"
- Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum DirektoratJendral Bina Marga 2018 Revisi 3 Divisi 6. Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Pratiwi Reno, Rahmat, 2017, "Perencanaan campuran Aspal Beton Hot Rolled Sheet- Wearing Course (HRS-WC) Dengan Filler Batu Laterit Kalimantan", Volume 2, Halaman 128-140.