



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

JURMATEKS

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

Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal HRS-WC Menggunakan Abu Sekam Padi

Hermansyah¹, A. F. Isnan.^{2*}, F. Yanti³,

^{1, 2*, 3}Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa.

Email : ¹hermansyah@uts.ac.id, ^{2*}af237391@gmail.com, ³febriyantiy@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 01 – 06 – 2022
Artikel revisi : 12 – 06 – 2022
Artikel diterima : 27 – 06 – 2022

Keywords :

Hot Rolled Sheet-Wearing Course, KAO, Marshall, Rice Husk Ash.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[16]

J. Wu, Y. Hou, L. Wang, M. Guo, L. Meng, and H. Xiong, "Analysis of coarse aggregate performance based on the modified Micro Deval abrasion test," *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 185–194, 2018, doi: 10.1016/j.ijprt.2017.10.007.

ABSTRACT

Poor flexible pavement and not accordance with specifications can cause bumpy roads, potholes, and allow accidents to occur. For this reason, special attention is needed in designing and making asphalt mixtures. One type of asphalt mixture is the Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC). The purpose of this study was to determine the marshall characteristics of the HRS-WC asphalt mixture with rice husk ash as filler. The research was conducted by making normal test objects and with rice husk ash filler. Furthermore, Marshall testing and analysis were carried out including void values, stability, flow, marshall quotient, and residual marshall. The results of this analysis are then compared with the reference standard HRS-WC asphalt mixture in the 2018 General Specification revision 2. The results of this research are the most optimum mixture variation level at 1.8% which can increase the value of voids in the mixture and voids filled with asphalt, while the value of voids in the aggregate, marshall stability, marshall quotient, flow and residual marshall decreased. The characteristic values for the 1.8% mixture variation, among others, the voids in the mixture are 3.66%, the voids in the aggregate are 21.21%, the voids filled with asphalt are 82.75%, the marshall stability is 639 kg, the flow is 3.05 mm, the marshall quotient is 209 kg/mm and the remaining marshall is 92.56%. So that the results of this research can be used as a reference for researchers and the general public in determining the filler in the HRS-WC asphalt mixture.

1. Pendahuluan

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat antar agregat-agregatnya dan memiliki tingkat skid resistance yang tinggi serta biasa dipergunakan pada jalan dengan tingkat kecepatan kendaraan yang tinggi dan memiliki tingkat lalu lintas yang tidak terlalu padat untuk mengurangi tindakan pemeliharaan [1][2]. Perkerasan lentur yang buruk dan tidak sesuai dengan spesifikasi akan menyebabkan menurunnya kualitas dari campuran aspal tersebut. Hal tersebut akan berdampak pada

pengguna jalan seperti jalan bergelombang, jalan berlubang, serta tidak menutup kemungkinan terjadi kecelakaan. Untuk itu dalam penerapannya, perlu adanya perhatian khusus dalam merancang dan membuat campuran aspal. Salah satu jenis campuran beraspal adalah *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC). HRS-WC adalah jenis campuran lapis tipis aspal beton yang bergradasi senjang dengan ukuran maksimum agregat adalah 19 mm [3]. Untuk menghasilkan campuran yang benar – benar sesuai, maka campuran harus dirancang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dengan faktor utama dalam pencampuran tersebut adalah gradasi yang benar – benar senjang. HRS-WC cocok diterapkan di Indonesia yang memiliki suhu panas yang cukup tinggi karena memiliki kelenturan yang tinggi dan tahan terhadap pelelehan[4].

HRS-WC merupakan campuran aspal bergradasi senjang yang menggunakan agregat halus yang banyak. Penggunaan agregat halus yang semakin banyak akan mengurangi kekuatan campuran dalam menahan beban (stabilitas), sehingga diperlukan bahan yang dapat merapatkan agregat dan dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran beraspal [5][6]. Campuran beraspal panas memiliki bahan tambah yang dapat menambah daya rekat serta mengisi rongga antar agregat. Bahan tambah (Filler) yang biasa digunakan pada campuran beraspal panas adalah abu batu, abu kapur atau semen. Syarat bahan yang dapat menjadi dikategorikan sebagai Filler pada campuran beraspal panas adalah bersifat pozzolan atau dapat meningkatkan daya ikat antar agregatnya serta memiliki ukuran partikel yang kecil agar dapat mengisi rongga antar agregat dengan maksimal (meningkatkan kerapatan) [7]. Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika atau alumina, yang mana bahan pozzolan ini tidak memiliki sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dengan reaksinya terhadap air dan wujudnya yang halus, senyawa – senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dan akan membentuk aluminat hidrat yang memiliki sifat seperti semen [8][9].

Bahan pozzolan yang cukup banyak terdapat di daerah Sumbawa dan memiliki kandungan silika salah – satunya adalah abu sekam padi. Abu sekam padi didapatkan dari hasil pembakaran padi atau gandum, sehingga memiliki partikel serta berat jenis yang kecil. Abu sekam padi adalah bahan berligno selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Silika yang terkandung pada abu sekam padi adalah sebanyak 15-20% [10]. Hasil penelitian tentang Ekstraksi Silika Dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH, menunjukkan kandungan silika pada abu sekam padi adalah 50,49% dengan pelarut KOH 10% dan waktu ekstraksi 90 menit. Pada umumnya silika digunakan pada campuran semen portland untuk menambah kekuatan pada semen [11]. Pemanfaatan abu sekam padi pada campuran beraspal panas dapat mengurangi limbah pertanian serta meminimalisir penggunaan

biaya pada produksi campuran beraspal panas. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan filler pada campuran beraspal panas yang menggunakan abu sekam padi sebagai bahan tambahannya yang mengandung kadar silika 15% sampai 20% dengan menggunakan pengujian marshall.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik marshall pada campuran aspal HRS-WC dengan *filler* abu sekam padi. Penelitian dilakukan dengan membuat benda uji normal dan dengan filler abu sekam padi. Selanjutnya dilakukan pengujian marshall serta analisa meliputi nilai rongga dalam campuran, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, stabilitas, flow, marshall quotient, dan marshall sisa. Hasil dari analisa tersebut selanjutnya dibandingkan dengan acuan standard campuran aspal HRS-WC pada Spesifikasi Umum 2018 revisi 2. Dari penelitian tersebut akan didapatkan kadar variasi campuran abu sekam padi sebagai filler pada campuran aspal HRS-WC yang paling optimum. Sehingga dari hasil penelitian tersebut dapat dijadikan acuan bagi peneliti maupun masyarakat umum dalam menentukan filler pada campuran aspal HRS-WC.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif yang mengumpulkan data dari hasil penelitian eksperimental yang berbentuk angka dan dapat dihitung serta berbentuk numerik. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium PT. Niat Karya dan PT. Bunga Raya Lestari. Penelitian ini menggunakan acuan Spesifikasi Umum 2018 revisi 2 sebagai dasar untuk menentukan standarisasi. Jenis campuran aspal yang digunakan adalah HRS-WC. Penelitian diawali dengan melakukan pengujian material untuk menentukan apakah material layak digunakan atau tidak. Setelah itu dilakukan uji gradasi ayakan untuk mengetahui komposisi agregat yang digunakan pada aspal HRS-WC. Berdasarkan proporsi campuran tersebut, maka dapat dihitung KAO (Kadar Aspal Optimum) yang selanjutnya dibulatkan setiap 0,5% dengan batas dua di bawah dan dua di atasnya. Selanjutnya dilakukan pengujian marshall meliputi analisa rongga dalam campuran, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, stabilitas, flow, marshall quotient, dan marshall sisa. Dari analisa tersebut, maka akan didapatkan kadar aspal yang paling optimum dengan melihat parameter pengujian marshall. Selanjutnya setelah kadar aspal optimum ditentukan, maka dilakukan pengujian marshall kembali dengan ditambahkan filler abu sekam padi pada variasi 1.6%, 1.8%, 2.0%, 2.2%, 2.4%, 2.6%, 2.8% dan 3.0% terhadap total berat campuran. Dari pengujian tersebut akan didapatkan kadar variasi campuran abu sekam padi yang paling optimum.

2.1 Alat dan Bahan Peneliitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah saringan agregat satu set untuk menggradasi agregat pada setiap fraksinya, alat penumbuk (*Asphalt Compactor*) untuk memadatkan campuran beraspal, *mold* untuk penempatan benda uji saat uji stabilitas dan flow, *breaking head* untuk penempatan *mold*, *providing ring* beserta *Dial* untuk mengetahui nilai stabilitas dan flow, timbangan dengan ketelitian 0.1 gram, thermometer untuk mengetahui suhu air saat perendaman, wajan untuk mencampur campuran beraspal, spatula, kompor dan *waterbath* untuk perendaman benda uji.

2.2 Pengujian Material

Pengujian bahan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan, dan keausan. Analisis saringan, berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan untuk mengetahui nilai properties agregat yang digunakan apakah layak atau tidak digunakan dalam campuran [12][13]. Standar nilai berat jenis dan penyerapan serta keausan agregat ditentukan dalam SNI. Setelah mengetahui sifat fisis agregat yang akan digunakan maka dapat dilakukan pembuatan benda uji [14].

2.3 Uji Gradasi Ayakan

Pengujian gradasi agregat dilakukan untuk mengetahui komposisi agregat yang digunakan dalam campuran aspal panas HRS-WC. Pengujian dilakukan dengan sieve shaker menggunakan ukuran ayakan 25.4 mm, 19 mm, 12.7 mm, 9.5 mm, 2.36 mm, 0.6 mm, dan 0.075 mm. Dikarenakan HRS-WC harus mempunyai agregat bergradasi senjang, maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) dan harus lolos ayakan No. 30 (0,60 mm). Dari pengujian gradasi ayakan ini maka akan didapatkan presentase agregat kasar, agregat halus dan *filler* pada campuran aspal [15][16].

2.4 Kadar Aspal Optimum

Dari presentase yang didapatkan saat uji gradasi ayakan, maka dapat dilakukan analisa perhitungan kadar aspal optimum menggunakan rumus berikut :

$$P_b = (0,035 \times (CA\%)) + (0,045 \times (FA\%)) + (0.18 \times FF) + k$$

Keterangan :

CA : *Coarse Aggregate* (agregat kasar) % tertahan di saringan no. 8

FA : *Fine Aggregate* (agregat halus) % lolos saringan no. 8

FF : Persentase *Filler* (abu kapur).

K : Untuk Lataston 2-3, ditetapkan nilai konstanta 2,5.

Dari perhitungan tersebut, maka akan didapatkan kadar aspal optimum. Selanjutnya dibulatkan setiap 0,5% dengan batas dua di bawah dan dua di atasnya.

2.5 Pembuatan Benda Uji

Sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 revisi 2, pembuatan benda uji pada HRS-WC ketebalan padat tidak boleh kurang dari 3 cm. Pembuatan benda uji dilakukan dengan mencampurkan agregat dengan aspal sampai agregat terselimuti aspal dan suhu mencapai 150°C, siapkan cetakan (*mold*) benda uji marshall. Kemudian masukkan campuran beraspal kedalam *mold* benda uji, lalu ditusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebanyak 10-15 kali. Padatkan benda uji dengan *asphalt compactor* sebanyak 2 x 50 tumbukan. Keluarkan benda uji dari cetakan dan beri label pada setiap benda uji. Setelah semua sampel selesai dibuat, dilakukan pengujian marshall.

2.6 Pengujian Marshall

Langkah pertama yang dilakukan untuk menguji marshall adalah membiarkan benda uji pada temperature suhu ruangan selama 24 jam, setelah itu menentukan kepadatan contoh benda uji dengan menimbanginya di udara, dalam kondisi jenuh dan di dalam air setelah perendaman 24 jam. Setelah itu keluarkan benda uji, dan lap pada bagian permukaannya hingga dalam keadaan kering permukaan (SSD) untuk mendapatkan berat jenuh. Rendam benda uji dalam *waterbatch* berisi air dengan suhu 60°C selama 30 – 40 menit. Selanjutnya benda uji dipasang pada alat marshall dan dilakukan pembacaan pada dial stabilitas dan flow [17][18].

Dari pengujian marshall ini akan didapatkan nilai rongga dalam campuran, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, stabilitas, flow dan marshall *quotient* lalu disesuaikan dengan standar sifat - sifat campuran yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2.

1. Rongga dalam Campuran (VIM)

VIM adalah presentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh pada keawetan lapis perkerasan [19]. Untuk menentukan VIM, maka dapat digunakan rumus berikut ini.

$$\text{VIM} = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

G_{mm} : Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cm^3)

G_{mb} : Berat Jenis curah Campuran padat (gr/cm^3)

2. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga dalam agregat adalah volume rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara [20]. Jika VMA terlalu kecil, maka campuran akan mengalami

masalah pada durabilitasnya dan jika VMA terlalu besar maka campuran akan mengalami masalah pada stabilitas. Adapun VMA dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb}$$

Keterangan:

Gmb : Berat Jenis curah Campuran padat (gr/cm³)

Ps : Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

Gsb : Berat Jenis curah agregat (gr/cm³)

3. Rongga Terisi Aspal (VFB)

Rongga terisi aspal adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat yang telah terisi oleh aspal. VFB bertujuan menjaga keawetan aspal beton dengan member batasan yang cukup [21]. Sehingga semakin tinggi nilai VFB maka banyak kadar aspal yang digunakan.

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

Keterangan:

VMA : Rongga dalam Agregat

VIM : Rongga dalam Campuran

4. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang (deformasi permanen), alur ataupun bleeding (keluarnya aspal ke permukaan). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin penguji serta angka korelasi beban. Berikut ini tabel rasio korelasi stabilitas [22][23].

Tabel 1. Rasio Korelasi Stabilitas

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Korelasi
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57

Sumber: RSNI M-01-2003

Dari tabel tersebut peneliti menggunakan ketebalan benda uji 30,2 mm atau 3,02 cm. sehingga didapatkan angka korelasi sebesar 4,17.

5. Flow

Flow atau kelelahan merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis aspal beton akibat menahan beban yang bekerja di atasnya [24]. Perhitungan flow dilakukan dengan pembacaan pada arloji pengukuran kelelahan.

6. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban per-1 mm[25].

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

Keterangan:

S : Stabilitas

F : Flow

7. Marshall Sisa

Marshall sisa dihitung setelah benda uji dilakukan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C.

$$\text{Marshall Sisa} = \frac{S_1}{S_2} \times 100\%$$

Keterangan:

S1 : Stabilitas setelah direndam 30 – 40 menit

S2 : Stabilitas setelah direndam 24 jam

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil Uji Gradasi

Pengujian gradasi agregat dilakukan untuk mengetahui komposisi agregat yang digunakan dalam campuran beraspal. Agregat yang digunakan dalam gradasi senjang campuran aspal HRS-WC ini adalah agregat 3/4", 1/2" dan pasir. Persentase lolos saringan pada pengujian gradasi agregat diatur dalam Spesifikasi Umum 2018 revisi 2. Tabel gradasi gabungan agregat yang digunakan dalam campuran aspal HRS-WC dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Gradasi Gabungan Agregat.

Uraian	Ukuran Saringan						
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 8	# 30	# 200
Inc							
Mm	25.4	19	12.7	9.5	2.36	0.6	0.075
Data Gradasi							
<i>Filler</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pasir	100.00	100.00	100.00	100.00	96.86	84.34	7.27
Batu 1/2"	100.00	100.00	100.00	73.85	3.12	2.76	1.99
Batu 3/4"	100.00	100.00	62.92	28.89	0.12	0.07	0.02
Kombinasi Agregat							
<i>Filler</i>	2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hot Bin I Abu Batu + Psr	49%	49.00	49.00	49.00	49.00	47.46	41.32
Hot Bin II Batu 1/2"	27%	27.00	27.00	27.00	19.94	0.84	0.75
Hot Bin III Batu 3/4"	22%	22.00	22.00	13.84	6.36	0.03	0.02
Total Campuran	100%	100.00	100.00	91.84	77.30	50.33	44.09
spec.gradasi senjang HRS WC							
Max	100	100	100	85	72	60	10
Min	100	100	90	75	50	35	6
GRADASI IDEAL	100.0	100.0	95.0	80.0	61.0	47.5	8.0

Sumber: Hasil Pemeriksaan di Laboratorium PT. Niat Karya.

Hasil gradasi agregat kasar, agregat halus dan *filler*, didapatkan persentase agregat yang digunakan pada campuran beraspal adalah *filler* 2%, pasir 49%, batu 1/2" 27% dan batu 3/4" 22%. Hasil gradasi sampai mendapatkan proporsi agregat yang digunakan dalam campuran kemudian dimasukkan kedalam rumus untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO).

$$\begin{aligned}
 Pb &= (0,035 \times (CA\%)) + (0,045 \times (FA\%)) + (0.18 \times FF) + k \\
 &= (0,035 \times (27\%)) + (0,045 \times (49\%)) + (0.18 \times 2\%) + 2,5 \\
 &= 6,77\% \approx 7\% \\
 &= 6.0\%, 6.5\%, 7.0\%, 7.5\%, 8.0\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan KAO yang didapatkan adalah 6,77%. untuk mendapatkan KAO yang tepat, maka perkiraan KAO yang didapatkan dari hasil perhitungan dibulatkan menjadi 7% dan dibuatkan lagi KAO dengan selisih 0.5% dua dibawah 7% dan 2 diatasnya. Maka, KAO yang digunakan untuk membuat sampel normal adalah 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% dan 8.0%. Dari masing – masing KAO dibuatkan sampel briket 3 buah yang kemudian akan di uji nilai rongga dan nilai Marshallnya.

3.2 Hasil Uji Marshall Dengan Variasi KAO

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Adapun berikut ini adalah hasil dari pengujian marshall.

Tabel 3. Hasil Pengujian Benda Uji Dengan Variasi KAO.

Variasi KAO (%)		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	Rumus Poly.
Rongga Dalam Campuran (%)	Hasil	8.91	7.80	6.45	5.16	4.31	$y = 0.1671x^2 - 4.7067x + 31.198$
	Max.	5	5	5	5	5	
	Min.	3	3	3	3	3	
Rongga Dalam Agregat (%)	Hasil	21.70	21.74	21.57	21.46	21.74	$y = 0.3908x^3 - 8.0478x^2 + 54.846x - 102.07$
	Min.	17	17	17	17	17	
Rongga Terisi Aspal (%)	Hasil	58.97	64.10	70.11	75.98	80.16	$y = -0.5815x^2 + 18.994x - 34.31$
	Min.	68	68	68	68	68	
Stabilitas Marshall (Kg)	Hasil	1133	1008	982	972	874	$y = 20.337x^2 - 395.55x + 2756$
	Min.	600	600	600	600	600	
Marshall Quotient (Kg/mm)	Hasil	417	309	289	317	303	$y = 67.881x^2 - 994.25x + 3926.5$
	Min.	250	250	250	250	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%)	Hasil	-	-	-	-	92.92	-
	Min.	90	90	90	90	90	
Flow (mm)	Hasil	2.72	3.27	3.40	3.07	2.88	$y = -0.5524x^2 + 7.76x - 23.91$
	Max.	3	3	3	3	3	

Sumber: Hasil Pemeriksaan Benda uji di Laboratorium PT. Bunga Raya Lestari.

Dari analisa pengujian di atas, dapat dijelaskan bahwa pada campuran aspal dengan kadar aspal 8% dapat memenuhi semua standar yang telah ditetapkan dalam Spesifikasi Umum 2018 revisi 2 dengan nilai Rongga dalam campuran 4.31%, Rongga dalam agregat 21.74%, rongga terisi aspal 80.16%, Stabilitas Marshall 874 kg, flow 2.88 mm, dan Marshall Quotient 303 kg/mm. Oleh karena itu pada pembuatan campuran aspal dengan variasi abu sekam padi digunakan aspal dengan kadar 8% pada pembuatan benda uji.

3.3 Hasil Uji Marshall Dengan Variasi Sekam Padi

Persentase abu sekam padi yang digunakan pada campuran beraspal diambil dari total berat campuran. Pengujian marshall campuran beraspal dengan tambahan abu sekam padi sebagai bahan pengisinya dilakukan untuk mengetahui nilai rongga, stabilitas dan flow campuran dan membandingkannya dengan campuran tanpa abu sekam padi. Variasi abu sekam padi yang digunakan adalah 1.6%, 1.8%, 2.0%, 2.2%, 2.4%, 2.6%, 2.8% dan 3.0%. Adapun berikut ini hasil pengujian benda uji dengan variasi abu sekam padi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Benda Uji dengan Variasi Abu Sekam Padi.

Variasi Abu Sekam (%)		1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	Rumus Poly.
Rongga Dalam Campuran (%)	Hasil	4.53	3.66	3.78	4.50	4.63	5.34	5.84	6.62	$y = 2.1691x^2 - 8.1742x + 11.733$
	Min.	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Max.	5	5	5	5	5	5	5	5	
Rongga Dalam Agregat (%)	Hasil	21.92	21.21	21.30	21.30	22.00	22.58	22.99	23.63	$y = 2.2124x^2 - 8.667x + 29.882$
	Min.	17	17	17	17	17	17	17	17	
Rongga Terisi Aspal (%)	Hasil	79.32	82.75	82.26	82.26	78.97	76.35	74.60	71.99	$y = -9.7476x^2 + 38.11x + 44.521$
	Min.	68	68	68	68	68	68	68	68	
Stabilitas Marshall (Kg)	Hasil	627	639	656	674	650	634	619	586	$y = -110.73x^2 + 481.15x + 138.01$
	Min.	600	600	600	600	600	600	600	600	
Marshall Quotient (Kg/mm)	Hasil	210	209	205	201	188	177	163	151	$y = -27.981x^2 + 84.317x + 147.99$
	Min.	250	250	250	250	250	250	250	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%)	Hasil	94.67	92.56	91.58	90.44	96.18	89.03	84.94	89.09	$y = -0.1081x^3 - 0.9101x^2 + 1.2394x + 94.689$
	Min.	90	90	90	90	90	90	90	90	
Flow (mm)	Hasil	2.98	3.05	3.20	3.35	3.47	3.58	3.80	3.88	$y = 0.067x^2 + 0.3664x + 2.2036$
	Max.	3	3	3	3	3	3	3	3	

Sumber: Hasil Pemeriksaan Benda Uji di Laboratorium PT. Bunga Raya Lestari.

Hasil pengujian nilai sifat – sifat campuran aspal HRS – WC didapatkan bahwa kadar aspal dengan variasi abu sekam padi yang paling optimal pada 1,8% dan berhasil membuat nilai rongga dalam campuran dan rongga terisi aspal meningkat, sedangkan nilai rongga dalam agregat, stabilitas marshall, marshall *quotient*, flow dan marshall sisa menurun. Nilai karakteristik pada variasi 1.8% anatara lain, nilai rongga dalam campuran adalah 3.66%, rongga dalam agregat adalah 21.21%, rongga terisi aspal adalah 82.75%, stabilitas marshall adalah 639 kg, flow adalah 3.05 mm, marshall *quotient* adalah 209 kg/mm dan marshall sisa adalah 92.56%. Penggunaan abu sekam padi pada campuran beraspal dapat menutup rongga dengan lebih baik, akan tetapi penggunaan abu sekam padi yang terlalu banyak dapat mengurangi nilai stabilitas dan flow benda uji, dikarenakan semakin banyaknya penggunaan abu sekam padi, persentase agregat yang tertutup aspal akan semakin menurun, sehingga akan mengurangi daya rekatan aspal pada agregat.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kadar aspal optimum yang telah sesuai dengan standar Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 adalah 8% terhadap berat total campuran. Sedangkan setelah ditambahkan abu sekam padi, kadar variasi campuran yang paling optimum adalah pada 1,8% yang dapat membuat nilai rongga dalam campuran dan rongga terisi aspal meningkat, sedangkan nilai rongga dalam agregat, stabilitas marshall, marshall *quotient*, flow dan marshall sisa menurun. Nilai karakteristik pada kadar variasi campuran 1,8% anatara lain, nilai rongga dalam campuran adalah 3,66%, rongga dalam agregat adalah 21,21%, rongga terisi aspal adalah 82,75%, stabilitas marshall adalah 639 kg, flow adalah 3,05 mm, marshall *quotient* adalah 209 kg/mm dan marshall sisa adalah 92.56%. Sehingga dari hasil peneltian tersebut dapat dijadikan acuan bagi peneliti maupun masyarakat umum dalam menentukan filler pada campuran aspal HRS-WC.

5. Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada pihak Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral serta PT. Niat Karya, PT. Bunga Raya Lestari dan DPUPR yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian. Penulis berharap jurnal ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan memicu penelitian yang lebih dalam.

Daftar Pustaka

- [1] A. Maharani and S. B. Wasono, “Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur” (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung),” *Ge-STRAM J. Perenc. dan Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 89–94, 2018, doi: 10.25139/jprs.v1i2.1202.
- [2] B. T. Fongang, B. Tassongwa, B. I. Manefouet, C. M. Yemeli, and F. Ngagpue, “Contribution to the flexible pavement design guides evaluation used in tropical zone: Application to lateritic materials of Bamougoum (West, Cameroon),” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 16, no. March, p. e01064, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01064.
- [3] Q. Al-Waked, J. Bai, J. Kinuthia, and P. Davies, “Enhancing the aggregate impact value and water absorption of demolition waste coarse aggregates with various treatment methods,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 17, p. e01267, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01267.
- [4] A. G. Noroozi, R. Ajalloeian, and M. Bayat, “Experimental study of the role of interface element in earth dams with asphalt concrete core - Case study: Mijran dam,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 16, no. March, p. e01004, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01004.
- [5] K. Marianto, Alpius, and C. Kamba, “Pengujian Karakteristik Campuran HRS-WC menggunakan batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang Utara,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 128–137, 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.127.
- [6] Y. Oktopianto, M. Rizky, and A. Tiffany, “Analisis Stabilitas dan Tingkat Kelelahan Hotmix Recycled Asphalt,” *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 7, no. 2, pp. 46–54, 2020, doi: 10.46447/ktj.v7i2.288.
- [7] D. Jiang, D. Wang, Z. Chen, L. Fan, and J. Yi, “Case Studies in Construction Materials Research on the mesoscopic viscoelastic property of semi-flexible pavement mixture based on discrete element simulation,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 17, no. May, p. e01282, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01282.
- [8] C. Khairani, S. M. Saleh, and S. Sugiarto, “Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas,” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, pp. 559–570, 2018, doi: 10.24815/jts.v1i3.9995.

- [9] H. Hamada, A. Alattar, B. Tayeh, F. Yahaya, and A. Adesina, "Sustainable application of coal bottom ash as fine aggregates in concrete: A comprehensive review," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 16, no. March, p. e01109, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01109.
- [10] K. Sari, S. Sunardi, M. Umana, M. N. Nonima, and P. L. Toruan, "Efek Waktu Milling Silika Abu Sekam Padi sebagai Filler Aspal Pen 60/70 terhadap Sifat Fisis dan Sifat Termal," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, p. 401, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i3.3055.
- [11] A. Noor and M. A. U. Rehman, "A mini-review on the use of plastic waste as a modifier of the bituminous mix for flexible pavement," *Clean. Mater.*, vol. 4, no. January, p. 100059, 2022, doi: 10.1016/j.clema.2022.100059.
- [12] Y. Zhou, H. Du, Y. Liu, J. Liu, and S. Liang, "An experimental study on mechanical, shrinkage and creep properties of early-age concrete affected by clay content on coarse aggregate," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 16, no. April, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01135.
- [13] S. Kumlai, P. Jitsangiam, and H. Nikraz, "Assessments of moisture damage resistance of asphalt concrete mixtures and asphalt mastic with various mineral fillers," *Transp. Eng.*, vol. 7, no. January, p. 100106, 2022, doi: 10.1016/j.treng.2022.100106.
- [14] D. Gao, W. Zhu, D. Fang, J. Tang, and H. Zhu, "Shear behavior analysis and capacity prediction for the steel fiber reinforced concrete beam with recycled fine aggregate and recycled coarse aggregate," *Structures*, vol. 37, no. August 2021, pp. 44–55, 2022, doi: 10.1016/j.istruc.2021.12.075.
- [15] Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, "Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)," no. Oktober, p. 1036, 2020.
- [16] J. Wu, Y. Hou, L. Wang, M. Guo, L. Meng, and H. Xiong, "Analysis of coarse aggregate performance based on the modified Micro Deval abrasion test," *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 185–194, 2018, doi: 10.1016/j.ijprt.2017.10.007.
- [17] I. Susanto and N. Suaryana, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 2, p. 27, 2019, doi: 10.12962/j2579-891x.v17i2.4980.

- [18] Z. Abidin, B. Bunyamin, and F. D. Kurniasarir, "Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1631–1638, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i1.2653.
- [19] F. lubis Winayati, "Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Bc," *Siklus, J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 51–58, 2018.
- [20] M. Anggraini, "Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Rongga Dalam Campuran Beraspal Panas," *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 14–22, 2018, doi: 10.31849/siklus.v4i1.881.
- [21] J. Melodi, R. Robby, and S. Salonten, "Kajian Pengaruh Abu Batu Kapur Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc)," *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 180, 2022, doi: 10.31602/jk.v4i2.6425.
- [22] J. S. Putra, R. A. Inrinto, M. D. M. Palinggi, and R. Rachman, "Pengaruh Penggunaan Serat Rotan Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Untuk Bahan Tambah Campuran Lataston," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–33, 2019.
- [23] H. Haris, "Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman," *J. Linears*, vol. 2, no. 1, pp. 33–47, 2019, doi: 10.26618/j-linears.v2i1.3026.
- [24] M. I. F. Siregar and M. Lubis, "Analisa Pengaruh Penambahan Belerang Pada Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas dan Kelelahan Marshall," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 2, no. 1, p. 20, 2019, doi: 10.31289/jcebt.v2i1.1965.
- [25] E. Adly, "Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang Surut terhadap Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC dengan Modifikasi Steel slag Ramah Lingkungan," *Bull. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 87–92, 2021, doi: 10.18196/bce.v1i2.11060.