

INOVASI MATERIAL BERKELANJUTAN: PENGARUH SUBSTITUSI ABU SEKAM PADI SEBAGAI FILLER TERHADAP VARIASI KADAR ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC)

Selen Belia¹, Ramadhani^{1*}, Hendrik Jimmyanto² dan Kiagus Muhammad Aminuddin³

¹ Teknik Sipil, Universitas IBA, Palembang

²Teknik Sipil, Universitas Tridinanti, Palembang

³Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: ramadhaniuiba.ac.id@gmail.com

ABSTRAK: Seiring meningkatnya volume lalu lintas, kualitas prasarana jalan perlu ditingkatkan melalui inovasi bahan pengisi dalam campuran aspal untuk mencapai kinerja yang lebih baik dan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh abu sekam padi (RHA) sebagai pengganti filler konvensional terhadap parameter Marshall pada campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). RHA yang diaktifasi melalui proses pembakaran dengan suhu tinggi digunakan sebagai filler pada kadar 50%, 75%, dan 100% sebagai pengganti filler. Pengujian karakteristik agregat, sifat fisik filler, serta parameter Marshall menunjukkan bahwa semua bahan memenuhi standar yang berlaku. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan proporsi RHA mempengaruhi nilai parameter Marshall, termasuk penurunan VIM dan peningkatan kebutuhan aspal, yang menyebabkan pergeseran rentang Kadar Aspal Optimum (KAO). Secara umum, penggunaan RHA memperluas rentang KAO dan dapat meningkatkan fleksibilitas campuran, meskipun memerlukan penyesuaian kadar aspal agar memenuhi syarat kestabilan dan kekuatan.

Kata Kunci: Campuran aspal, Lapis Aus (AC-WC), Abu sekam padi, Filler, Marshall.

ABSTRACT: As traffic volume increases, the quality of road infrastructure must be improved through innovations in filler materials within asphalt mixtures to achieve better performance and sustainability. This study aims to analyze the influence of rice husk ash (RHA) as a substitute for conventional filler on Marshall parameters in asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixtures. Activated RHA, produced through high-temperature combustion, was used as filler at proportions of 50%, 75%, and 100% as a replacement for traditional filler. Aggregate characteristic tests, physical properties of the filler, and Marshall parameters all indicate that the materials meet applicable standards. The analysis results show that increasing the proportion of RHA affects Marshall parameter values, including a decrease in VIM and an increase in asphalt content, which causes a shift in the range of the Optimum Asphalt Content (OAC). Overall, the use of RHA extends the OAC range and can improve mixture flexibility, although adjustments to asphalt content are necessary to meet stability and strength requirements.

Keywords: Asphalt mixture, Wearing Course Layer (AC-WC), rice husk ash, filler, Marshall.

1 Pendahuluan

Seiring tingginya peningkatan volume lalu lintas, kualitas pembangunan prasarana jalan harus ditingkatkan agar lebih ekonomis dan mencapai umur rencana. Masalahnya, perkerasan jalan yang paling umum di Indonesia, yaitu Lapis Aspal Beton (Laston), masih menggunakan bahan dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga perlu dicari alternatif bahan baku yang lebih berkelanjutan [1,2]. Dalam konteks

pembangunan prasarana transportasi, perkerasan jalan memiliki peran yang sangat penting. Untuk mencapai kinerja optimal, campuran beton aspal pada perkerasan tersebut membutuhkan modifikasi, yaitu dengan memanfaatkan bahan pengisi (filler) guna meningkatkan kekuatan kompositnya [3,4]. Jenis bahan pengisi yang umum digunakan dalam campuran aspal, seperti semen, abu batu, dan fly ash, menghadapi masalah keterbatasan pasokan dan biaya yang relatif tinggi. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan inovasi. Pemanfaatan

abu sekam padi sebagai filler dalam campuran aspal merupakan langkah strategis untuk mengatasi kendala tersebut sekaligus mewujudkan upaya pengelolaan dan pengurangan limbah [5,6]. Abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi apabila dilakukan proses aktivasi menggunakan proses fisika ataupun kimia. Kandungan silika ini merupakan bahan pozzolanik yang mampu memiliki sifat mengikat layaknya seperti semen sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal [7,8]. Penambahan silika mampu meningkatkan kohesi dan viskositas aspal, yang berdampak positif pada kinerja aspal di suhu tinggi. Penelitian oleh Abdutalib dkk. (2015) [9] juga menunjukkan bahwa bahan pengisi (filler) seperti silika fume dapat memperbaiki ketahanan aspal terhadap penuaan oksidatif dan meningkatkan kinerja suhunya. Oleh karena itu, abu sekam padi dapat menjadi alternatif pengganti filler mineral konvensional dalam campuran aspal panas, terutama di lokasi dengan pasokan limbah sekam padi yang melimpah [10]. Abu sekam padi sudah umum diterapkan di berbagai bidang, termasuk sebagai filler dalam campuran beton dan aspal panas [11,12]. Namun, ketersediaan data dalam literatur mengenai pengaruh spesifik abu sekam padi terhadap sifat fisik dan reologi dari aspal pengikat itu sendiri masih minim. Meskipun demikian, penelitian yang ada mengindikasikan bahwa penambahan abu sekam padi pada aspal akan meningkatkan titik lembek, viskositas, dan faktor alur aspal tersebut [13,14].

Isu tentang pemanfaatan limbah dalam sektor konstruksi jalan telah meningkat signifikansinya dalam beberapa tahun terakhir. Untuk mewujudkan konstruksi hijau, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, perk殷asaran beraspal kini diupayakan melalui pengubahan komposisi agregat atau filler, atau dengan penambahan polimer alam. Upaya ini penting untuk melestarikan lingkungan karena dapat mengurangi kebutuhan bahan baku yang bersumber dari alam galian [15]. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, makalah ini bertujuan menganalisis pengaruh abu sekam padi sebagai pengganti filler konvensional dalam campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). Penelitian ini akan menguji tiga kadar substitusi aspal (50%, 75%, dan 100%), yang merupakan perluasan dari penelitian terdahulu yang hanya menggunakan kadar 50% [16]. Adapun hipotesis dalam penelitian yaitu dengan adanya penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti filler pada campuran AC-WC mampu memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan sifat-sifat fisik dan kinerja volumetrik campuran AC-WC.

dibandingkan dengan campuran AC-WC yang konvensional.

2 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimen dimana semua data yang diperoleh berasal dari pengujian di laboratorium. Material yang digunakan yaitu aspal dengan penetrasi 60/70, agregat kasar berupa split dan screen, agregat halus berupa abu batu dan pasir sungai, serta filler [17]. Abu sekam padi (RHA) diperoleh dari hasil pembakaran limbah sekam padi menggunakan *furnace* buatan pada suhu tinggi yaitu 800°C selama 3 jam yang akan menghasilkan abu sekam padi dengan kadar silika tinggi [18] (Gambar 1). Abu sekam padi dikeluarkan dari furnace, didinginkan pada suhu ruang, kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan saringan No. 200 (ukuran 0,075 mm).



Gambar 1. Proses pembakaran limbah sekam padi dengan furnace buatan

Tabel 1. Rancangan sampel penelitian

Abu sekam padi ini digunakan sebagai filler dalam campuran beraspal AC-WC pada kadar 50%, 75% dan 100% sebagai pengganti filler konvensional yaitu abu batu. Campuran beraspal panas yang digunakan menggunakan gradasi AC-WC yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Tabel 1 menunjukkan jumlah dan rancangan sampel penelitian dimana terdapat 4 variasi usulan campuran yang dibuat dengan total jumlah sampel sebanyak 60 unit. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian karakteristik agregat dan pengujian kualitas campuran menggunakan metode Marshall.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai abrasi dengan mesin *Los Angeles* sebesar 14,48% dan 12,19% untuk split dan screen, masing-masing, masih berada di bawah batas maksimal sebesar 40%, menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memiliki ketahanan terhadap aus yang baik. Pada pengujian material lolos ayakan No. 200, persentase material lolos sebesar 1,70% dan 0,20% untuk split dan screen, keduanya memenuhi batas maksimal sebesar 2%. Untuk berat jenis curah (*bulk*), hasilnya berturut-turut 2,64 dan 2,75, sedangkan berat jenis SSD dan berat jenis semu masing-masing 2,67 dan 2,72; 2,79 dan 2,84, menunjukkan konsistensi dan kepadatan material. Rasio penyerapan air sebesar 1,10% untuk kedua agregat juga memenuhi standar, yang menunjukkan agregat kasar memiliki tingkat penyerapan air yang rendah dan cocok digunakan dalam campuran konstruksi [19].

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

Pengujian	Metode Uji	Hasil Pengujian		Spesifikasi
		Split	Screen	
Abrasi dengan mesin <i>Loss Angeles</i> 500 Putaran	SNI 2417:2008	14,48	12,19	Maks. 40%
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142:1996	1,70	0,20	Maks. 2%
Berat jenis kering (<i>bulk</i>)		2,64	2,75	-
Berat jenis SSD		2,67	2,79	-
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	SNI 1969:2008	2,72	2,84	-
Penyerapan air (%)		1,10	1,10	-

Sementara itu, pengujian karakteristik agregat halus pada Tabel 3, meliputi abu batu dan pasir sungai, menunjukkan bahwa persentase material lolos ayakan No. 200 sebesar 2,79% dan 5,60%, keduanya masih di bawah batas maksimal 10%. Berat jenisnya masing-masing sekitar 2,49–2,52, dan berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) serta berat jenis semu menunjukkan nilai yang stabil dan sesuai standar. Namun, penyerapan air pada abu batu sebesar 3,50% lebih tinggi dibandingkan pasir sungai sebesar 2,15%, namun keduanya masih dalam batas yang dapat diterima untuk penggunaan bahan konstruksi.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

Pengujian	Metode Uji	Hasil Pengujian		Spesifikasi
		Abu batu	Pasir Sungai	
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142:1996	2,79	5,60	Maks. 10%
Berat jenis kering (<i>bulk</i>)		2,49	2,52	-
Berat jenis SSD	SNI 1970:2008	2,58	2,58	-
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)		2,73	2,67	-
Penyerapan air (%)		3,50	2,15	-

Tabel 4. Hasil pengujian berat jenis filler konvensional: abu batu

Keterangan	Notasi	Pengujian	Pengujian
		1	2
Berat pikno + contoh	W2	57,85	53,31
Berat pikno	W1	44,85	38,64
Berat contoh	Wt = W2-W1	13	14,67
Berat pikno+air+contoh	W3	151,95	148,65
Berat pikno+air	W4	143,76	139,3
	W5 = Wt + W4	156,76	153,97
Isi contoh	W5-W3	4,81	5,32
Berat jenis	Wt / (Wt+W4-W3)	2,703	2,758
Rata-Rata Berat Jenis			2,730

Pengujian berat jenis filler abu batu (Tabel 4) dan filler sekam padi (Tabel 5) menunjukkan bahwa rata-rata berat jenis abu batu adalah sekitar 2,73, sedangkan filler sekam padi berkisar 1,906, yang menunjukkan bahwa abu batu memiliki densitas lebih tinggi.

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis filler abu sekam padi

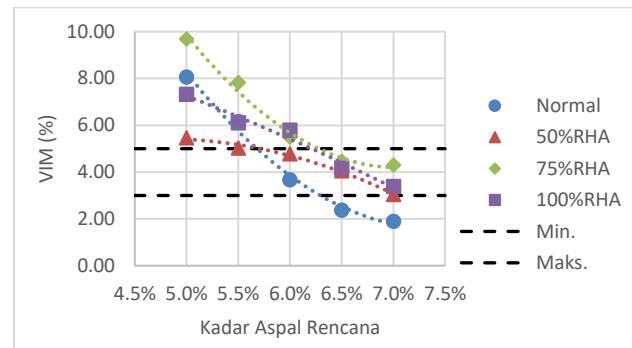
Keterangan	Notasi	Pengujian 1	Pengujian 2
Berat pikno + contoh	W2	48,64	52,64
Berat pikno	W1	38,64	44,84
Berat contoh	Wt = W2-W1	10	7,8
Berat pikno+air+contoh	W3	144,24	147,31
Berat pikno+air	W4	139,3	143,76
	W5 = Wt + W4	149,3	151,56
Isi contoh	W5-W3	5,06	4,25
Berat jenis	Wt / (Wt+W4-W3)	1,976	1,835
Rata-Rata Berat Jenis		1,906	

3.2 Hasil Pengujian Marshall Untuk Variasi Kadar Aspal

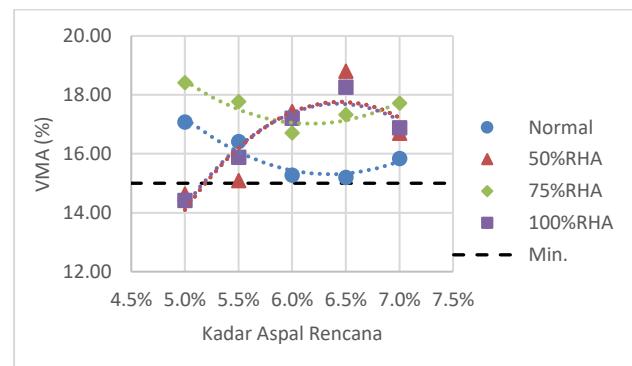
Hasil dari pengujian Marshall diperoleh parameter VIM (*void in mixture*), VMA (*void in mineral aggregate*), VFA (*void filled with Asphalt*), Stabilitas dan Flow. Masing-masing parameter ini memiliki batas nilai menurut spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi 2 [20]. Grafik Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kadar aspal rencana dan nilai VIM untuk berbagai variasi RHA yaitu 50%, 75%, dan 100%. Dari grafik terlihat bahwa secara umum, nilai VIM menurun seiring meningkatnya kadar aspal rencana untuk semua variasi RHA. Mulai pada rentang kadar aspal 5,5% sampel Normal dan sampel 50% RHA masuk batas spesifikasi VIM, sedangkan untuk sampel 75% RHA dan 100%RHA nilai VIM masuk spesifikasi saat mencapai kadar aspal 6,5% sampai 7%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar RHA mempengaruhi nilai VIM dimana lebih banyak dibutuhkan aspal jika dibandingkan dengan sampel normal.

Grafik Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara kadar aspal rencana dan nilai VMA, yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal rencana terutama pada variasi RHA 75% dan 100%. Pada sampel normal, nilai VMA tetap stabil dan berada di atas batas minimum 15%, menandakan bahwa kadar aspal sebesar 5% hingga 7% sudah memenuhi syarat. Selain itu, peningkatan variasi RHA sebesar 75% dan 100% menyebabkan nilai VMA meningkat dan melewati batas minimum, menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan RHA, semakin besar kebutuhan kadar aspal untuk memenuhi standar spesifikasi. Pola ini mengindikasikan bahwa pengaruh

RHA terhadap hasil pengujian VMA cukup signifikan, dimana penggunaan RHA yang lebih tinggi membutuhkan penyesuaian kadar aspal agar memenuhi persyaratan teknis.

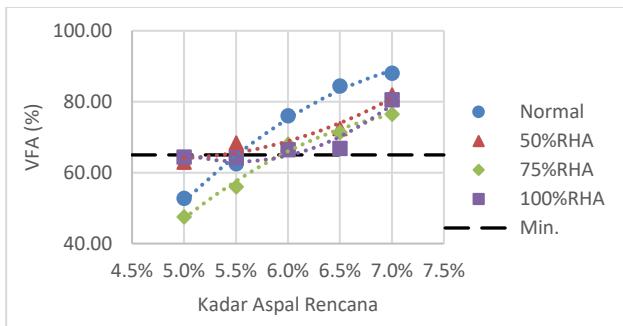


Gambar 2. Nilai VIM untuk tiap kadar aspal dari sampel yang diusulkan

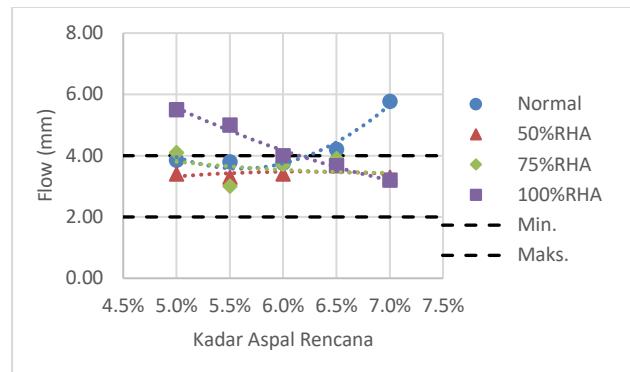


Gambar 3. Nilai VMA untuk tiap kadar aspal dari sampel yang diusulkan

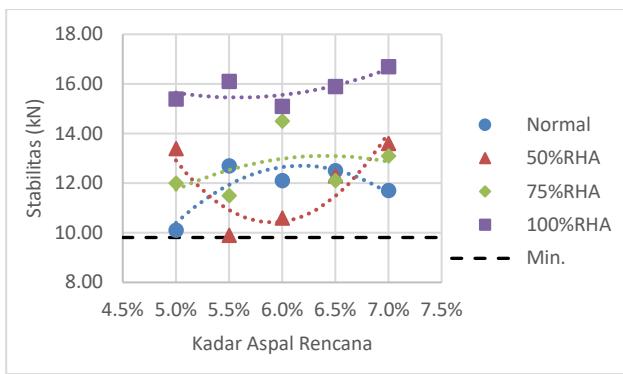
Grafik Gambar 4 menunjukkan bahwa kadar aspal rencana berpengaruh terhadap nilai VFA, dengan tren peningkatan seiring kenaikan kadar aspal. Pada kondisi normal, nilai VFA mencapai sekitar 89% dan tetap di atas batas minimum 65%, menandakan performa yang baik. Pada variasi RHA 50%, VFA menunjukkan tren yang serupa namun sedikit lebih rendah dan mendekati batas minimum, sementara pada variasi RHA 75%, nilai VFA cenderung lebih rendah secara konsisten dan menunjukkan kenaikan yang lebih lambat, bahkan ada beberapa titik yang berada di bawah batas minimum. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar RHA dapat menyebabkan penurunan efisiensi penggunaan aspal, sehingga perlu pengaturan yang tepat agar memenuhi standar kualitas.



Gambar 4. Nilai VFA untuk tiap kadar aspal dari sampel yang diusulkan



Gambar 6. Nilai Flow untuk tiap kadar aspal dari sampel yang diusulkan



Gambar 5. Nilai Stabilitas untuk tiap kadar aspal dari sampel yang diusulkan

Hasil pengujian pada grafik Gambar 5 menunjukkan bahwa stabilitas campuran aspal dipengaruhi oleh kadar aspal rencana dan variasi RHA. Pada kondisi normal, nilai stabilitas umumnya sekitar 12 kN dengan fluktuasi minor saat kadar aspal meningkat dari 4,5% hingga 7,0%. Pada variasi RHA 50%, stabilitas cenderung lebih rendah dari kondisi normal, berkisar antara 10 hingga 13 kN, dan menunjukkan tren penurunan pada beberapa kadar aspal tertentu. Sebaliknya, pada variasi RHA 75% dan 100%, nilai stabilitas lebih tinggi, berkisar antara 14 hingga 16 kN, serta menunjukkan tren peningkatan seiring kenaikan kadar aspal. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan RHA (75% dan 100%) dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal, sementara kondisi normal dan variasi RHA 50% menunjukkan stabilitas yang lebih rendah namun masih memenuhi standar dengan batas minimum sekitar 9,81 kN.

Hasil grafik Gambar 6 menunjukkan bahwa kadar aspal rencana mempengaruhi nilai *flow* dalam campuran usulan, dengan variasi RHA yang berbeda. Pada kondisi normal, nilai *flow* meningkat seiring kenaikan kadar aspal dari 4,5% hingga 7,0%, mencapai puncaknya sekitar 6 mm pada kadar aspal 7,5%. Untuk variasi RHA 50%, nilai *flow* relatif stabil di kisaran 3,5 hingga 4 mm dan mengalami sedikit peningkatan pada kadar aspal tertentu. Pada variasi RHA 75%, nilai *flow* tetap cukup stabil di bawah 4 mm sepanjang rentang kadar aspal, dengan sedikit penurunan pada kadar tertinggi. Sedangkan pada variasi RHA 100%, nilai *flow* cenderung menurun seiring peningkatan kadar aspal, mencapai sekitar 3 mm pada kadar tertinggi. Secara umum, data ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal cenderung meningkatkan *flow* pada sampel normal dan RHA 50%, tetapi berpengaruh menurunkan *flow* pada variasi RHA 100%. Meski demikian, nilai *flow* tetap berada dalam batas spesifikasi yang ditetapkan, yaitu 2–4 mm.

3.3 Penentuan Batas Kadar Aspal Optimum (KAO) dari Parameter Marshall

Dari keempat tabel (Tabel 7 sampai Tabel 9) yang menunjukkan penentuan batas kadar aspal optimum (KAO) pada berbagai sampel dengan variasi RHA (50%, 75%, dan 100%), terdapat pola bahwa penambahan RHA mempengaruhi rentang kadar aspal yang memenuhi parameter Marshall. Sampel normal hanya memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 6%, sedangkan pada RHA 50%, rentang KAO meluas dari 6% hingga 7%, meskipun beberapa parameter seperti VIM, VMA, dan VFA tidak memenuhi pada kadar aspal 5% dan 5,5%. Pada RHA 75%, rentang KAO juga berada di kisaran 6,5% sampai 7%,

dengan parameter yang belum memenuhi terletak pada kadar aspal lebih rendah, yaitu 5% dan 6%. Untuk RHA 100%, rentang KAO serupa dengan RHA 75%, yaitu 6,5% sampai 7%, tetapi dengan parameter yang belum memenuhi pada pelelehan dengan kadar aspal yang lebih rendah. Secara umum, peningkatan persentase RHA cenderung menuntut kadar aspal yang lebih tinggi agar memenuhi parameter Marshall, hal ini menunjukkan bahwa RHA berpengaruh signifikan terhadap kebutuhan kadar aspal optimum dalam campuran aspal.

Tabel 6. Penentuan batas KAO sampel Normal

Parameter	Spesifikasi	Rentang Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VIM (%)	3 - 5	X	X	V	X	X
VMA (%)	Min. 15	V	V	V	V	V
VFA (%)	Min 65	X	X	V	V	V
Stabilitas (kN)	Min. 9,81	V	V	V	V	V
Pelelehan (mm)	2 - 4	V	V	V	X	X

Tabel 7. Penentuan batas KAO sampel 50%RHA

Parameter	Spesifikasi	Rentang Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VIM (%)	3 - 5	X	X	V	V	V
VMA (%)	Min. 15	X	V	V	V	V
VFA (%)	Min 65	X	V	V	V	V
Stabilitas (kN)	Min. 9,81	V	V	V	V	V
Pelelehan (mm)	2 - 4	V	V	V	V	V

Tabel 8. Penentuan batas KAO sampel 75%RHA

Parameter	Spesifikasi	Rentang Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VIM (%)	3 - 5	X	X	X	V	V
VMA (%)	Min. 15	V	V	V	V	V
VFA (%)	Min 65	X	X	V	V	V
Stabilitas (kN)	Min. 9,81	V	V	V	V	V
Pelelehan (mm)	2 - 4	X	V	V	V	V

Tabel 9. Penentuan batas KAO sampel 100%RHA

Parameter	Spesifikasi	Rentang Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VIM (%)	3 - 5	X	X	X	V	V
VMA (%)	Min. 15	X	V	V	V	V
VFA (%)	Min 65	X	X	V	V	V
Stabilitas (kN)	Min. 9,81	V	V	V	V	V
Pelelehan (mm)	2 - 4	X	X	V	V	V

Hasil penelitian mengenai pengaruh substitusi Abu Sekam Padi (RHA) sebagai filler terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal telah menghasilkan temuan yang signifikan dan menarik. Kekuatan utama terletak pada identifikasi adanya pergeseran rentang KAO seiring peningkatan persentase RHA. Sampel Normal memiliki rentang KAO yang sangat sempit (hanya 6%). Menariknya, penggunaan 50% RHA justru memperluas rentang KAO menjadi 6% hingga 7%, menunjukkan bahwa kadar RHA yang digunakan dapat meningkatkan fleksibilitas dan toleransi campuran. Namun, ketika substitusi RHA ditingkatkan menjadi 75% dan 100%, terjadi pergeseran KAO ke kadar aspal yang lebih tinggi (6,5% hingga 7%). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh sifat RHA yang memiliki luas permukaan spesifik dan porositas yang tinggi, sehingga menyerap lebih banyak aspal daripada agregat normal. Selain itu, partikel halus RHA yang mengisi celah-celah antar agregat memerlukan lapisan film aspal yang lebih tebal untuk pelapisan yang optimal.

3.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Peneliti Terdahulu

Hasil yang telah diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh substitusi abu sekam padi pada campuran AC-WC memiliki dampak positif seperti terjadi peningkatan stabilitas Marshall. Selain dari hasil pengujian yang telah dilakukan, perlu juga dibandingkan dengan hasil peneliti terdahulu yang sejenis. Tabel 10 menunjukkan hasil perbandingan dengan peneliti terdahulu dimana terdapat 2 penelitian yang sejenis yaitu Nugraha, et al [1] dan Amiwarti, et al [4] dimana masing-masing menggunakan abu sekam padi sebagai filler dalam campuran AC-WC.

Tabel 10. Perbandingan dengan peneliti terdahulu

Perbandingan	Penulis	Nugraha, et al [1]	Amiwarti, et al [4]
Jenis campuran	AC-WC	AC-WC	AC-WC
Fungsi abu sekam padi	Substitusi terhadap filler	Substitusi terhadap campuran	Penambahan 3 – 5%
KAO	6 - 7%	5,6%	6,2%
VIM (%)	3,04 – 4,78	3,57	0,99 – 2,42
VMA (%)	15,09 – 18,81	23,30	13,33 – 14,58
VFA (%)	66,51 – 80,52	52,41	94,22 – 104,54
Stabilitas (kN)	9,9 – 16,7	9,21	7,58 – 8,59
Pelelehan (mm)	3,0 – 4,0	2,83	2,1 – 2,4

Tabel 10 menyajikan perbandingan hasil penelitian terdahulu mengenai penggunaan abu sekam padi (filler substitusi dan bahan tambah) terhadap nilai stabilitas Marshall. Penelitian yang diusulkan ini menunjukkan keunggulan signifikan, di mana nilai stabilitasnya mampu mencapai 16,7 kN, jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian terdahulu yang hanya berkisar 7,58 kN hingga 9,21 kN. Sementara itu, perbedaan hasil pada parameter Marshall lainnya (VIM, VMA, VFA, dan flow) dipengaruhi oleh jumlah dan jenis agregat yang digunakan dalam campuran. Hasil ini secara jelas mengindikasikan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi filler pada campuran AC-WC berdampak positif terhadap peningkatan stabilitas Marshall.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik agregat kasar dan halus yang digunakan memenuhi standar yang berlaku, menunjukkan bahwa bahan tersebut layak digunakan dalam konstruksi jalan. Pengujian Marshall menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal berpengaruh terhadap parameter-parameter penting seperti VIM, VMA, VFA, stabilitas, dan flow, dengan tren nilai yang sesuai standar. Penentuan batas kadar aspal optimum (KAO) menunjukkan bahwa variasi penggunaan RHA sebagai filler mempengaruhi rentang KAO, dimana sampel normal memiliki rentang sempit di 6%, sementara penambahan RHA 50% memperluas rentang tersebut menjadi 6-7%, meningkatkan fleksibilitas campuran. Namun, pada tingkat substitusi RHA 75% dan 100%, rentang KAO bergeser ke kadar yang lebih tinggi (6,5% sampai 7%), hal ini diduga disebabkan oleh sifat RHA yang memiliki luas permukaan

dan porositas tinggi sehingga menyerap lebih banyak aspal. Secara keseluruhan, penggunaan RHA sebagai filler dapat mempengaruhi kebutuhan aspal dalam campuran, dan pemilihan kadar aspal yang tepat sangat penting untuk memastikan kestabilan dan kekuatan campuran jalan yang optimal.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan studi lebih mendalam mengenai pengaruh sifat fisik dan kimia RHA, seperti luas permukaan, porositas, dan kandungan hidrokarbon, terhadap kebutuhan aspal dan kinerja campuran jalan secara jangka panjang. Selain itu, pengujian terhadap variasi jenis RHA dari sumber yang berbeda dan proses pengolahan yang berbeda juga penting untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kestabilan, daya tahan, dan ketahanan terhadap suhu ekstrem. Penelitian juga dapat diimplikasikan proyek lapangan dengan cara melakukan pemanfaatan RHA sebagai tindakan dalam pengurangan limbah pertanian menjadi bahan konstruksi yang bernali dan mewujudkan konstruksi hijau serta mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang tidak terbarukan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Laboratorium Bahan Perkerasan Prodi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang dan Universitas Tridinanti dalam persiapan bahan, pembuatan dan pengujian sampel penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Nugraha, Dwi Chandra, and Hammam Rofiqi Agustapraja. "Pengaruh Sekam Padi & Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston AC-WC." *Jurnal Talenta Sipil* 7, no. 1 (2024): 42-49.
- [2] Rosyad, Farlin, and Agung Rahmatullah. "ANALISIS PENGARUH KEHALUSAN ABU TERBANG (ABU SEKAM PADI) TERHADAP FLEKSIBELITAS DAN DURABILITAS AC-WC NR." *Rang Teknik Journal* 7, no. 1 (2024): 102-107.
- [3] Lisya, M., & Abdillah, N. (2023). Evaluasi Desain Tebal Lapis Perkerasan Ditinjau Dari Daya Dukung Subgrade. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 460-468.
- [4] Amiwarti, Purwanto, Herri, and M. Firdaus. "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Komposisi Campuran Aspal Beton (AC WC)." *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation* 8, no. 1 (2024): 176-183.

- [5] Agustian, Kusmira, Sofyan M. Saleh, and Renni Anggraini. "DAMPAK SUBSTITUSI POLYSTYRENE (PS) KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN AC-WC." *Jurnal Teknik Sipil* 6, no. 2 (2017): 171-182.
- [6] Santoso, Yayank Mukti. "Pemanfaatan aspal daur ulang untuk pembuatan (Asphalt Concrete-Binder Course) AC-BC berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan Spesifikasi Khusus Bina Marga 2019 dengan menggunakan filler abu sekam padi." *Rekayasa Teknik Sipil* 11, no. 1 (2023).
- [7] Sari, Kartika, Sunardi Sunardi, Maghfirul Umana, Maretah Nawang Nonima, and Parmin Lumban Toruan. "Efek Waktu Milling Silika Abu Sekam Padi sebagai Filler Aspal Pen 60/70 terhadap Sifat Fisis dan Sifat Termal." *Jurnal Rekayasa Mesin* 16, no. 3 (2021): 401-408.
- [8] Hermansyah, Hermansyah, Arif Fajar Isnain, and Febri Yanti. "Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal HRS-WC Menggunakan Abu Sekam Padi." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 5, no. 1 (2022): 60-73.
- [9] Abutalib, N., Fini, E.H., Aflaki, S and Abu-Lebdeh, T.M, (2015). Investigating Effects of Application of Silica Fume to Reduce Asphalt Oxidative Aging, *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8 (1), 176.184 doi: 10.3844/ajeassp.2015.176.184
- [10] Al-Hdabi, A. (2016). Laboratory investigation on the properties of asphalt concrete mixture with Rice Husk Ash as filler. *Construction and Building Materials*, 126, 544-551
- [11] Jaya, R. P., M. R. Hainin, N. A. Hassan, H. Yaacob, M. K. I. M. Satar, M. N. M. Warid, A. Mohamed, M. E. Abdullah, and N. I. Ramli. 2018. "Marshall stability properties of asphalt mixture incorporating black rice husk ash." In Vol. 5 of Proc., 3rd Int. Conf. on Green Chemical Engineering and Technology, 22056–22062. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- [12] Mistry R, S. Karmakar, T. Kumar Roy, Experimental evaluation of rice husk ash and fly ash as alternative fillers in hot-mix asphalt, *Road Mater. Pavement Des.* 20 (4) (2019) 979–990.
- [13] Cai. J., Y.J. Xue, L. Wan, S. P. Wu, and K. Jenkins. (2013). Study on basic properties and high-temperature performance of rice-husk-ash modified-asphalt. *Appl. Mech. Mater.* 333-335: 1889-1894. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.333-335.1889>.
- [14] Arabani, M., and S. A. Tahami. 2017. Assessment of mechanical properties of rice husk ash modified asphalt mixture. *Constr. Build. Mater.* 149 (Sep) : 350-358. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.127>.
- [15] Bethary, R. T., & Intari, D. E. (2021). Modulus Resilien Campuran Beraspal Modifikasi Polimer Ac-Wc Menggunakan Filler Gypsum. *Jurnal Transportasi*, 21(3), 165–172-165–172.
- [16] Sargin, S., Saltan, M., Morova, N., Serin, S., & Terzi, S. (2013). Evaluation of rice husk ash as filler in hot mix asphalt concrete. *Construction and Building Materials*, 48, 390-397.
- [17] Ramadhani, R., Arliansyah, J., & Kadarsa, E. (2024). The effect of pre-vulcanized latex usage on Marshall characteristics and stiffness modulus in hot mix asphalt wearing course (AC-WC) mixtures. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*, 33(2), 185-204.
- [18] Ramadhani, R., Arliansyah, J., Kadarsa, E., Rahman, H., Jimmyanto, H., Yusuf, A. A., & Ammarullah, M. I. (2025). Bio-Based Rice Husk Ash as an Eco-Friendly Filler in Pre-Vulcanized Latex Asphalt Concrete Wearing Course Mixtures. *Journal of Natural Fibers*, 22(1), 2517668.
- [19] Jimmyanto, H., Firda, A., Al Faritzie, H., Fuad, I. S., Misdalena, F., & Lubis, L. R. (2024). Studi Literature Review Perkembangan Penelitian Aspal Porus (Tahun 2017–2021). *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 2(1), 38-47.
- [20] Jimmyanto, H., & Reskita, L. L. (2025). Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Stabilitas Campuran Aspal AC-BC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 7(3), 362-369.