

ANALISIS PENGARUH KEHALUSAN ABU SEKAM PADI PADA ASPAL KARET SIR 20 LAPIS AUS (AC-WCNR) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**RIZAL TASRIFUDDIN¹, FIRDAUS²**Program Magister Teknik Sipil, Universitas Bina Darma¹Email: rizaltasrifuddin25@gmail.com¹, email: firdaus.dr@binadarma.ac.id²DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v8i1.5795>

Abstract: *Sir 20 rubber asphalt is a modified asphalt technology that adds additional natural rubber. One modification is to replace the fine fraction part of the combined gradation of asphalt mixture with a fineness of rice husk ash. This research used 91 test objects with a fine material composition of rice husk ash of 0%, 4%, 6%, and 8%. This research was conducted in the civil engineering laboratory at campus C, Bina Darma University, Palembang. This research uses the General Specifications for Bina Marga Revision 2 of 2018 as the basis for determining standardization. Based on the results of the Marshall parameter test in terms of variations in percentage and level of fineness, the optimum value between zones of rice husk fly ash was obtained as a substitute for the fine fraction in worn-coated asphalt concrete mixtures (AC-WCNR). The largest optimum density value is zone 2 at 4.33% with a value of 2.285 gr/cc. The Marshall standard stability value through the regression equation has the largest optimum value in zone 2, a percentage of 7.17%, which is 1.289 kg and meets the specification requirements. The largest optimum melting value in zone 3 was 7.25% with a value of 5.01 mm but did not meet the specification requirements of 3-5 mm which met the specification requirements in zone 2 of 7.36% with a value of 3.90 mm. For durability, the optimum value in zone 2 is 4.13%, namely 95.83%, and meets the minimum specification requirements of 90%.*

Keywords: *asphalt, rice husk ash, marshall characteristics*

Abstract: Aspal karet Sir 20 merupakan teknologi aspal modifikasi yang menambahkan tambahan karet alam. Salah satu modifikasinya adalah dengan mengganti bagian fraksi halus hasil gabungan gradasi campuran aspal dengan kehalusan abu sekam padi. Penelitian ini menggunakan 91 benda uji dengan komposisi bahan halus abu sekam padi sebesar 0%, 4%, 6%, dan 8%. Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik sipil kampus C Universitas Bina Darma Palembang. Penelitian ini menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018 sebagai dasar penentuan standardisasi. Berdasarkan hasil uji parameter Marshall dilihat dari variasi persentase dan tingkat kehalusan diperoleh nilai optimum antar zona abu terbang sekam padi sebagai pengganti fraksi halus pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WCNR). Nilai kepadatan optimum terbesar pada zona 2 sebesar 4,33% dengan nilai 2,285 gr/cc. Nilai stabilitas standar Marshall melalui persamaan regresi mempunyai nilai optimum terbesar pada zona 2 persentase 7,17% yaitu 1,289 kg dan memenuhi syarat spesifikasi. Nilai kelelahan optimum terbesar pada zona 3 sebesar 7,25% dengan nilai 5,01 mm namun belum memenuhi syarat spesifikasi sebesar 3-5 mm yang memenuhi syarat spesifikasi pada zona 2 sebesar 7,36% dengan nilai 3,90 mm. Untuk durabilitas, nilai optimum pada zona 2 sebesar 4,13% yaitu 95,83% dan memenuhi syarat spesifikasi minimal sebesar 90%.

Kata Kunci: *Aspal, Abu Sekam Padi, Karakteristik Marshall*

A. Pendahuluan

Perkembangan lapis perkerasan jalan pertama kali dimulai di Skotlandia dengan ditemukannya konstruksi perkerasan Telford oleh Thomas Telford tahun 1757 -1934 dan konstruksi perkerasan Macadam oleh Jhon Lauden Mac Adam tahun 1756-1836. Sampai sekarang terus dikembangkan konstruksi perkerasan campuran aspal yang lebih baik dengan berbagai macam modifikasi pada campurannya. Salah satunya adalah aspal karet Sir 20. Aspal karet Sir 20 adalah teknologi aspal modifikasi yang ditambahkan bahan aditif karet alam. Aspal karet Sir 20 untuk lapisan permukaan

sering disebut aspal beton lapis permukaan karet alam (AC-WCNR) (Safitri, 2022). Selain aspal, pemilihan material agregat yang dimodifikasi dalam campuran aspal adalah hal yang penting untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan aspal (Pebrian & Sriwahyuni, 2022). Salah satu modifikasi yang bisa dilakukan dengan mengganti porsi fraksi halus pada gradasi gabungan campuran aspal dengan kehalusan abu sekam padi.

Untuk ketersediaan abu sekam padi di Sumatera Selatan sangatlah berlimpah salah satunya Pemulutan yang masuk dalam kabupaten Ogan Ilir. Sekam padi yang dihasilkan dari proses penggilingan sebesar 20% dari produksi padi, sedangkan jumlah abu sekam mencapai 18% dari jumlah sekam padi hasil pertanian (Foletto et al., 2006). Abu sekam padi dianggap limbah pertanian yang pemanfaatannya masih kurang. Komposisi kimiawi yang ada dalam abu sekam padi dapat digunakan sebagai campuran aspal (Akbar & Wesli, 2016). Kehalusan abu sekam padi diperlakukan berdasarkan parameter zona jatuh yang menunjukkan tingkat kehalusan abu tersebut. Parameter zona jatuh telah dimodifikasi dengan alat pemfilteran abu terbang (Firdaus et al., 2017).

Untuk menguji stabilitas dan kelelahan dari campuran aspal, serta menganalisis kepadatan, keawetan dan pori dari campuran padat yang berbentuk, diperlukan suatu metode yang akurat yaitu metode Marshall. Metode Marshall ini ditemukan oleh Bruce Marshall (Edison, 2010). Metode pengujian ini juga dapat membantu dalam menentukan komposisi campuran aspal yang tepat.

Inilah yang menjadi alasan peneliti melakukan penelitian terhadap abu sekam. Penelitian ini menitikberatkan sejauh mana pengaruh kehalusan abu sekam padi terhadap karakteristik campuran aspal karet sir 20 dan pada akhirnya diharapkan nantinya abu sekam padi yang dulunya merupakan bahan buangan dapat dimanfaatkan sebagai bahan Substitusi fraksi halus dalam konstruksi perkerasan aspal.

B. Metodologi Penelitian

Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Bagian Lapis aspal beton (Laston) merupakan salah satu jenis dari perkerasan konstruksi yaitu perkerasan lentur. Menurut (Sukirman, 1999), struktur dari perkerasan lentur mempunyai beberapa lapisan yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis fondasi atas (*base course*) dan lapis fondasi bawah (*sub base course*).

Karakteristik Aspal Beton

Menurut (Sukirman, 2003), ada tujuh karakteristik pada campuran yang harus dimiliki beton aspal yaitu keawetan (*durabilitas*), stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, kedap air (*Impermeability*), kekesatan permukaan (*skid resistance*), tahan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) dan kemudahan dalam pelaksanaan.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan dari lapis perkerasan jalan menerima beban dari lalu lintas tanpa mengalami kerusakan permanen atau perubahan bentuk yang tetap pada perkerasan seperti bleeding, bergelombang, pecah, retak, berlubang atau alur.

2. Keawetan (Durabilitas)

Durabilitas merupakan daya tahan lapisan perkerasan jalan dari mengalami keausan (*disintegrasi*) terhadap beban lalu lintas serta pengaruh dari cuaca untuk waktu yang lama tanpa mengalami pelepasan butiran aspal dalam jumlah yang banyak.

3. Fleksibilitas (Flexibility)

Fleksibilitas/kelenturan merupakan kemampuan campuran beraspal dalam menahan lendutan sampai batasan tertentu tanpa terjadi retak-retak. Untuk menghasilkan fleksibilitas/kelenturan yang tinggi maka aspal yang dipakai harus lunak (*penetrasi tinggi*) dan agregat yang digunakan pada campuran bergradasi terbuka atau senjang.

4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan merupakan ketahanan gesek dari permukaan perkerasan jalan sehingga kendaraan-kendaraan yang melintas tidak tergelincir (*skidding*) saat kondisi permukaan jalan yang kering maupun basah, sehingga pengguna jalan yang melintas terjamin keselamatannya.

5. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air atau *impermeability* merupakan kemampuan aspal dalam menahan udara dan rembesan air di dalam lapisan perkerasan jalan, udara dan air dapat menyebabkan penuaan pada aspal.

6. Workability

Workability adalah kemudahan dalam pelaksanaan campuran perkerasan saat proses pencampuran, penghamparan campuran serta pemadatan campuran sehingga hasil yang diperoleh dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan.

7. Ketahanan leleh (*Fatiguae Resistance*)

Fatigue Resistance merupakan ketahanan dari campuran perkerasan dalam menerima beban berulang lalu lintas tanpa terjadinya kelelahan sehingga campuran tidak mudah retak-retak serta dapat menahan lendutan. menjelaskan langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam penelitian.

Aspal Karet

Aspal karet adalah campuran antara aspal dan karet alam yang dicampur secara bersamaan dalam keadaan panas. Penambahan karet alam pada aspal menjadikan aspal lebih elastis dan dapat menahan beban lalu lintas yang berat, tidak mudah leleh pada cuaca panas, lebih lengket dengan agregat sehingga tidak mudah retak dan berlubang (Iskandar et al., 2022).

Metode Marshall

Pengujian *marshall* bertujuan untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*). *Flow* adalah perubahan deformasi atau renganan campuran mulai dari tanpa beban sampai beban maksimum. Pengujian ini diperkenalkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dikembangkan U.S. Corps of Engineer. Alat *marshall* dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) untuk mengukur nilai stabilitas yang memiliki kapasitas 22,2 KN serta *flowmeter* yang dipakai untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*) (Pratomo et al., 2016).

Metode dan Tempat Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dalam pengumpulan data, yaitu mengumpulkan informasi dari temuan penelitian eksperimental dalam bentuk statistik yang dapat diukur dan dihitung. Lab. teknik sipil kampus C universitas Bina Darma Palembang menjadi tempat pengujian. Spesifikasi umum jalan raya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018) menjadi landasan standarisasi dalam penelitian ini.

C. Pembahasan dan Analisa

Pada penelitian ini benda uji yang dibuat menggunakan komposisi *job mix* aspal beton lapis aus (AC-WCNR) Paket Preservasi Dalam Kota Palembang tahun 2022 berupa agregat panas (*Hot Bin*) yang dihasilkan dari alat pencampur aspal panas (*Asphalt mixing plant*) PT. Agung Karya Rekalestari yang terletak di Desa Pedu Kabupaten Ogan Komering Ilir, fraksi halus yang lolos saringan 200 dengan pembagian zona dan variasi tertentu yaitu abu terbang (abu sekam padi) dari limbah padi yang berasal dari daerah Pemulutan dengan aspal karet Sir 20. Proses pembuatan benda uji dilaksanakan dan dibuat campuran persatuan sampel benda uji.



Gambar 1. Proses pembagian zona dengan alat penyaring halus abu sekam

Pengujian Aspal

Aspal karet yang digunakan adalah aspal karet Sir 20 produksi PT. Modifikasi Bitumen Sumatera (PT. MBS). Hasil pengujian aspal ini diambil dari hasil pengujian Adapun hasil pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas, berat jenis dan viskositas kinematis aspal dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil pengujian aspal karet SIR 20

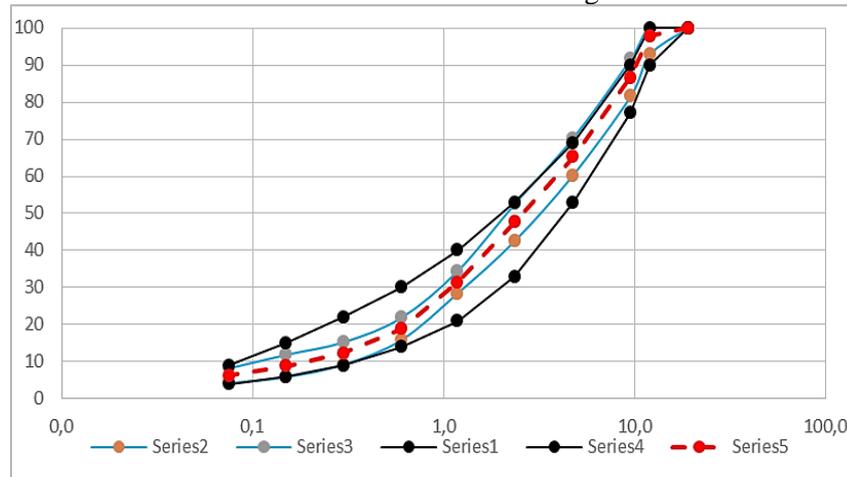
No.	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Spesifikasi Aspal	Metode Pengujian	Satuan
1.	Penetrasi pada 25°C	52,1	≥ 50	SNI 2456:2011	0.1mm
2.	Titik Lembek	55,3	≥ 52	SNI 2434:2011	°C
3.	Titik Nyala	323	≥ 232	SNI 2433:2011	°C
4.	Daktilitas	140+	≥ 100	SNI 2432:2011	Cm
5.	Berat Jenis Bitumen Keras	1,032	$\geq 1,0$	SNI 2441:2011	
6.	Viskositas kinematis pada suhu 135°C	977	≤ 2000	ASTM 2170-10	D cSt

Sumber : PT. Modifikasi Bitumen Sumatera

Dari hasil pengujian material aspal karet SIR 20 diatas dapat disimpulkan bahwa nilai penetrasi yaitu 52,1 mm artinya nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi yaitu minimal 50 mm, pengujian titik lembek aspal SIR 20 mendapatkan hasil 55,3°C memenuhi spesifikasi yaitu minimal 52°C, pengujian titik nyala nilai yang didapatkan adalah 323°C memenuhi spesifikasi yaitu minimal 232°C, pengujian daktilitas aspal SIR 20 nilai yang didapatkan adalah 140 cm memenuhi spesifikasi batas minimal yang ditetapkan yaitu 100 cm, pengujian berat jenis aspal SIR 20 nilai yang didapatkan adalah 1,032 memenuhi spesifikasi yaitu minimal 1,0 dan hasil pengujian viskositas kinematis pada suhu 135°C mendapatkan hasil 977 cSt.

Pengujian Agregat *Hot Bin*

Agregat yang digunakan pada penelitian ini berupa agregat panas berasal dari daerah Merak. Pengujian material agregat terdiri dari pengujian analisis saringan agregat. Berikut hasil pengujian analisa saringan atau gradasi agregat campuran diambil dari hasil pengujian Job Mix Formula (JMF) AC-WCNR Preservasi Jalan dan Jembatan Dalam Kota Palembang:



Gambar 2. Gradasi Gabungan Agregat *Hot Bin* AC-WCNR

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa gradasi gabungan agregat hot bin AC-WCNR dari Job Mix Formula (JMF) AC-WCNR Preservasi Jalan dan Jembatan Dalam Kota Palembang memenuhi spesifikasi gradasi agregat gabungan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Benda uji

Dari hasil rencana komposisi campuran AC-WCNR di atas maka di buat benda uji berupa briket sebagai berikut :

Tabel 2. Jumlah sampel (briket) yang dibuat dan di uji Marshall

Kehalusan Abu Sekam	Persentase	Jumlah Benda Uji	Total (Buah)
Normal	0 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	4 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
F1 (Zona 0)	6 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	8 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	4 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
F2 (Zona 1)	6 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	8 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	4 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
F3 (Zona 2)	6 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	8 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	4 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
F4 (Zona 3)	6 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
	8 %	4 Briket Marshall Standar 3 Briket Marshall Sisa	7
Total			91



Gambar 3. Benda uji sampel (briket)

Hasil Pengujian

Setelah selesai dari pembuatan benda uji di Laboratorium Teknik Sipil Kampus C Bina Darma Palembang akan dilakukan pengujian kepadatan benda uji, pengujian kelelahan, pengujian marshall standar dan pengujian marshall sisa. Pada saat pengujian marshall dan kepadatan akan disiapkan masing-masing dari benda uji dengan variasi yang telah ditentukan dari masing-masing benda uji ada 4 benda uji marshall standar dan ada 3 benda uji marshall sisa yang merupakan dari komposisi normal dan campuran abu sekam padi sebanyak 4 %, 6 %, 8 %. Dari penelitian dan pembuatan benda uji diatas akan dilampirkan hasil dari penelitian tersebut kedalam tabel dan grafik.

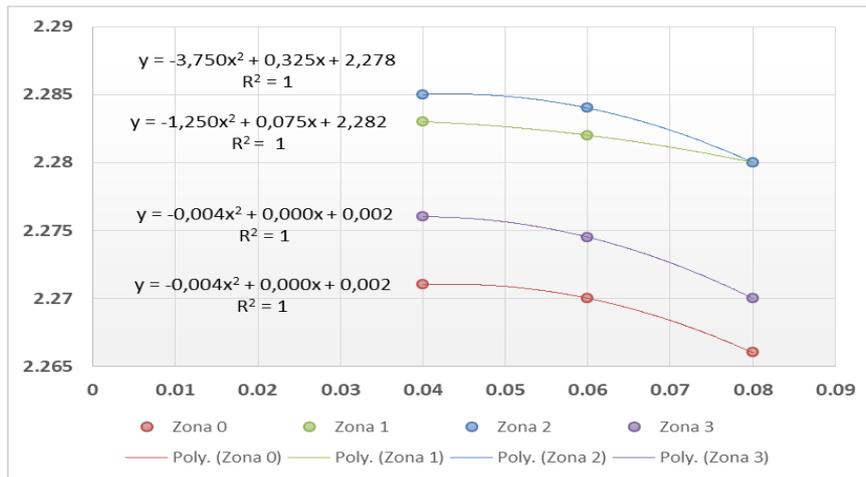
Kepadatan Aspal AC-WCNR

Benda uji dipadatkan dengan kepadatan standar (75 x 2) tumbukan dan direndam dulu, setelah itu baru dilakukan pengujian kepadatan.

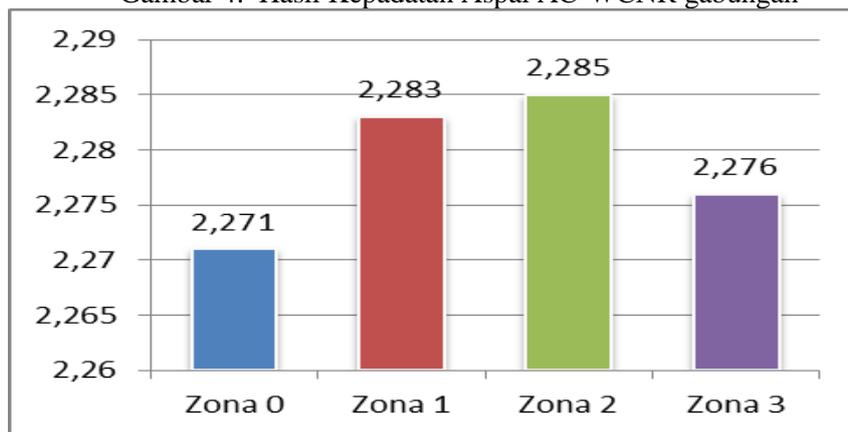
Tabel 3. Variasi campuran kadar abu sekam padi

Hasil kepadatan aspal AC-WCNR (gr/cc)					
Normal	Persentase Abu sekam padi	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3
2,285	4%	2,271	2,283	2,285	2,276
	6%	2,270	2,282	2,284	2,275
	8%	2,266	2,280	2,280	2,270

Dari tabel 2 hasil pengujian kepadatan marshall standar dapat dilihat pada grafik persamaan regresi sebagai berikut :



Gambar 4. Hasil Kecepatan Aspal AC-WCNR gabungan



Gambar 5. Hasil batang kepadatan Aspal AC-WCNR gabungan

Tabel dan grafik di atas menunjukkan hasil akhir dari campuran aspal AC-WCNR yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum kepadatan antar zona berada di zona 2 dengan persentase abu sekam padi 4,33% dan nilai kepadatan sebesar 2,285 gr/cc

Stabilitas Marshall Standar

Kapasitas lapisan perkerasan untuk menahan tekanan lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen menjadi gelombang, alur, maupun mengalami *bleeding* disebut stabilitas. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kadar aspal, kohesi aspal, gesekan, karakteristik partikel agregat yang saling terkait, tekstur dan bentuk permukaan yang saling terkait, dan gradasi agregat. Menurut spesifikasi campuran aspal karet alam PU Bina Marga 2019 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019) nilai Stabilitas marshall adalah minimal sebesar 900 Kg. Adapun data-data hasil dari pengujian marshall standar dapat dilihat pada tabel berikut :

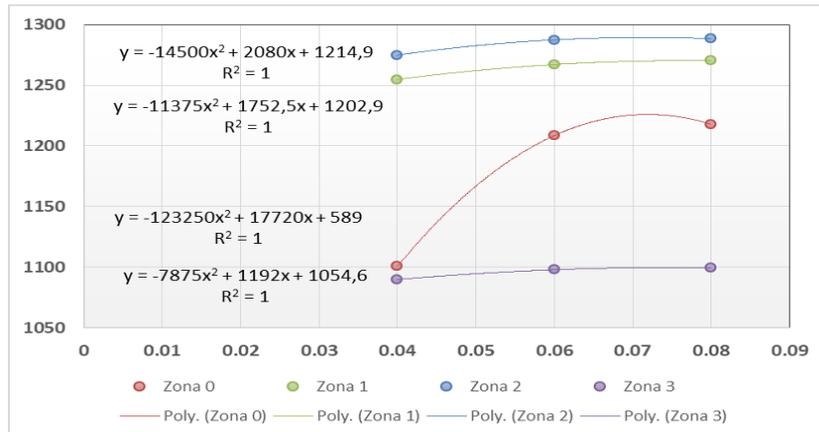
Tabel 4. Hasil pengujian stabilitas marshall terhadap persentase variasi kehalusan abu sekam padi

Nilai Stabilitas AC-WCNR berdasarkan variasi kehalusan abu terbang spesifikasi min. 900 kg

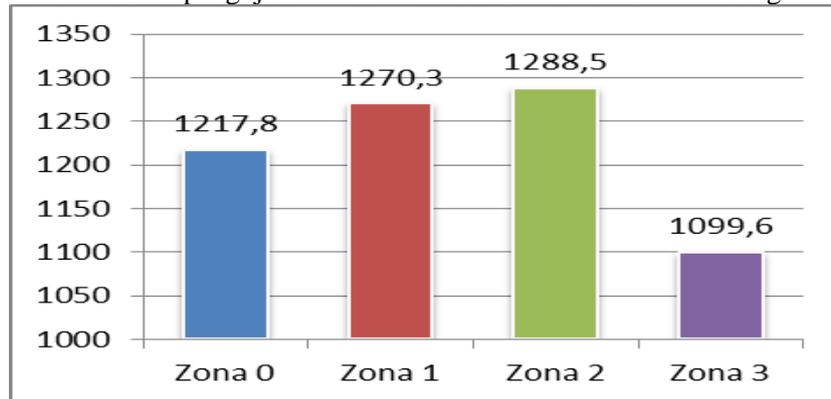
Normal	Persentase Abu sekam padi	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3
1069,8	4%	1100,6	1254,8	1274,9	1089,7
	6%	1208,5	1267,1	1287,5	1097,8

8% 1217,8 1270,3 1288,5 1099,6

Dari tabel 4 hasil pengujian stabilitas marshall standar dapat dilihat pada grafik persamaan regresi sebagai berikut :



Gambar 6. Hasil pengujian stabilitas marshall standar AC-WCNR gabungan



Gambar 7. Hasil pengujian stabilitas marshall standar AC-WCNR gabungan

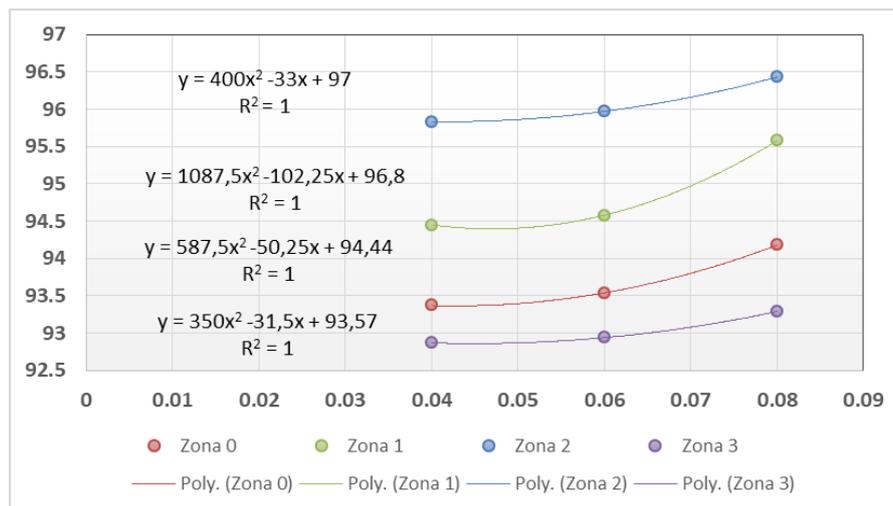
Tabel dan grafik di atas menunjukkan hasil akhir dari campuran aspal AC-WCNR yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum stabilitas marshall antar zona berada di zona 2 dengan persentase abu sekam padi 7,17% dan nilai kepadatan sebesar 1289,5 gr/cc.

Kelelahan (flow) Aspal AC-WCNR

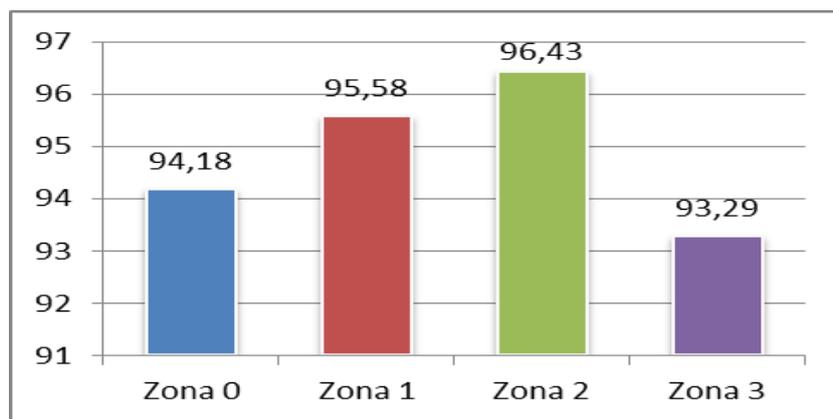
Besarnya deformasi pada lapisan aspal yang disebabkan oleh beban yang bekerja di atasnya dikenal sebagai kelelahan (*flow*). Nilai kelelahan dibawah batas minimum spesifikasi bisa menyebabkan retak dan durabilitas rendah. Sedangkan nilai kelelahan yang melebihi batas maksimum mengindikasikan campuran yang bersifat kokoh dan lebih mampu mengikuti deformasi beban kendaraan. Nilai kelelahan banyak di pengaruhi faktor, antara lain kadar aspal, viskositas aspal, suhu, gradasi dan jumlah pematatan

Tabel 5. Hasil kelelahan (*flow*) aspal AC-WCNR

Nilai kelelahan berdasarkan persentase variasi kehalusan abu sekam padi spesifikasi 2-5 mm					
Normal	Persentase Abu sekam padi	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3
3,09	4%	3,33	3,59	3,74	4,8
	6%	3,46	3,65	3,87	4,98



Gambar 10. Hasil uji marshall sisa aspal AC-WCNR gabungan



Gambar 11. Hasil pengujian marshall sisa aspal AC-WC WCNR gabungan

Tabel dan grafik di atas menunjukkan hasil akhir dari campuran aspal AC-WCNR yang telah dianalisis menggunakan rumus turunan, nilai optimum marshall sisa antar zona berada di zona 2 dengan persentase abu sekam padi 4,13% dan nilai marshall sisa sebesar 95,83%.

D. Penutup

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh kehalusan abu sekam padi pada aspal karet Sir 20 lapis aus (AC-WCNR) terhadap karakteristik Marshall dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kepadatan aspal AC-WCNR campuran normal yang didalam fraksi halus nya mengandung semen rata-rata lebih tinggi dibandingkan nilai kepadatan abu sekam padi di tiap tingkat kehalusan atau zona kecuali pada zona 0 persentase abu sekam padi 4% mempunyai nilai yang sama sebesar 2,285 gr/cc. Nilai kepadatan per persentase di tingkat kehalusan atau zona 0 meningkat sampai zona 2 kemudian turun lagi di zona 3. Nilai stabilitas marshall standar meningkat dari zona 0 sampai zona 2 per persentase tetapi mengalami penurunan di zona 3 walaupun tetap lebih tinggi dari campuran normal dan kesemuanya diatas nilai yang disyaratkan spesifikasi. Untuk nilai kelelahan campuran aspal karet di tiap tingkat kehalusan abu sekam padi per persentase terus meningkat dibandingkan dengan nilai kelelahan campuran aspal normal dengan nilai terbesar di zona 3 persentase 7,25 % sebesar 5,01 mm, nilai kelelahan tersebut diluar syarat spesifikasi 3-5 mm. Untuk

nilai keawetan aspal di tiap tingkat atau zona kehalusan abu sekam padi per persentase lebih tinggi dibandingkan nilai keawetan campuran normal dan memenuhi syarat spesifikasi minimum 90%. Nilai keawetan terus meningkat dari zona 0 per persentase sampai zona 2 persentase 4% abu sekam padi kemudian turun di zona 3 dengan nilai terendah pada persentase 4%.

2. Pada penggantian fraksi halus pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WCNR), jumlah abu terbang sekam padi yang maksimum dengan menganalisis tingkat kehalusan dan persentase fluktuasi yang diperoleh dari uji parameter marshall. Untuk nilai optimum kepadatan yang terbesar antar zona terletak zona 2 persentase 4,33% dengan nilai sebesar 2,285 gr/cc. Nilai stabilitas marshall standar melalui persamaan regresi didapat nilai optimum yang terbesar antar zona berada di zona 2 persentase 7,17% sebesar 1.289 kg dan memenuhi syarat spesifikasi. Sedangkan untuk kelelahan nilai optimum antar zona terbesar terletak di zona 3 persentase 7,25 % dengan nilai 5,01 mm tetapi tidak memenuhi syarat spesifikasi 3-5 mm yang memenuhi syarat spesifikasi terletak di zona 2 persentase 7,36 % dengan nilai 3,90 mm. Untuk durabilitas atau marshall sisa nilai optimum yang terbesar antar zona berada di zona 2 persentase 4,13% sebesar 95,83% dan memenuhi syarat spesifikasi minimum 90%.

Saran

Untuk meningkatkan kinerja penelitian campuran aspal lapis aus (AC-WCNR), abu terbang sekam padi dapat digunakan sebagai pengganti fraksi halus. Berikut ini adalah beberapa rekomendasi yang dapat diberikan:

- a. Untuk penelitian lebih lanjut, untuk mempelajari penggunaan kadar aspal yang optimum terhadap perubahan persentase abu sekam padi sebagai pengganti fraksi halus.
- b. Untuk mendapatkan hasil yang efisien dan ekonomis, disarankan untuk menggabungkan jenis bahan pengganti lain dengan abu terbang sekam padi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan artikel ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- a. Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesempatannya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini
- b. Kepada kedua orang tua ku abah dan ibu serta adik-adikku terima kasih telah banyak memberikan motivasi dan dorongan agar menjadi orang yang lebih maju dan berguna
- c. Kepada istri tercinta yang membantu penulis dalam menjalani ilmu di Universitas Bina Darma Palembang
- d. Kepada Anakku Tsabit Ahmad Aidan Qais yang menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan studinya di Universitas Bina Darma Palembang
- e. Kepada Bapak Dr. Firdaus, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan waktu, ilmu, serta arahan kepada penulis.
- f. Petugas di Laboratorium laboratorium teknik sipil kampus C universitas Bina Darma Palembang yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.
- g. Dan semua pihak yang terkait dalam proses penyelesaian penelitian ini hingga selesai.

Daftar Pustaka

- Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). Stabilitas Lapis Aspal Beton Ac-Wc Menggunakan Abu Sekam Padi. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 2(4), 310–320. <https://doi.org/10.29103/tj.v2i4.57>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Edison, B. (2010). KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS (ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE) MENGGUNAKAN ASPAL POLIMER Oleh: Bambang Edison. *JURNAL*

APTEK, 2(1).

- Firdaus, Yunus, I., & Rosidawani. (2017). Contribution of Fineness Level of Fly Ash to the Compressive Strength of Geopolymer Mortar. *MATEC Web of Conferences*, 103(MATEC Web Conf. Volume 103, 2017 International Symposium on Civil and Environmental Engineering 2016 (ISCEE 2016)). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710301026>
- Foletto, E. L., Gratieri, E., de Oliveira, L. H., & Jahn, S. L. (2006). Conversion of rice hull ash into soluble sodium silicate. *Materials Research*, 9(3), 335–338. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392006000300014>
- Iskandar, A., Arlini, I., Syafier, S., & Mulyawati, F. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Karet Alam Pada Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Aspal. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 8(2), 1–7. <https://doi.org/10.31943/jri.v8i2.172>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Spesifikasi campuran beraspal panas dengan aspal yang mengandung karet alam*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Pebrian, A. P., & Sriwahyuni, W. (2022). Penggunaan Pasir di Desa Kutai Donok sebagai Bahan Agregat Halus pada Hotmix AC – WC. *Jurnal Statika*, 8(1), 1–12.
- Pratomo, P., Ali, H., & Diansari, S. (2016). Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Linier Density Poly Ethylene (LLDPE) Ditinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC). *Jurnal Rekayasa*, 20(3), 156–166.
- Rosyad, F. (2017). Impact Of Fly Ash (Flyash) Fineness On Stability and Density Of Asphalt-Concrete (AC-WC). *The 4th International Confrence on Engginering and Technology Development (ICETD 2017)*, *Icetd*, 225–235.
- Safitri, I. (2022). Analisis Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Menggunakan Bahan Tambahan Karet Alam SIR 20 Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 139. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.9441>
- SNI 06-2489-1991. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. *Badan Standardisasi Nasional*, 1, 7.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. In *Granit Yayasan Obor Indonesia*. (Vol. 53, Issue 9).