

Analisis Sifat Mikrostruktur Campuran Aspal Beton AC-WC Menggunakan Aspal Starbit E-55 dan Retona Blend E-55 dengan Abu Sekam Padi sebagai Filler

**Nur Halifa Hasan^{*}, Ahmad Raihan Rahmansyah, St Fauziah Badaron,
Toni Utina, Andi Alifuddin**

Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
[*nurhalifahasan127@gmail.com](mailto:nurhalifahasan127@gmail.com)

Diajukan: 25 Maret 2024, Revisi: 01 April 2025, Diterima: 10 April 2025

Abstract

Starbit E-55 modified asphalt has good performance in the balance test, which shows the ability of asphalt to deal with resistance, and Retona Blend E-55 asphalt can improve stability, deformation resistance and water resistance. Similarly, rice husk ash has a large silica element that can be used as a filler substitution material. The purpose of this study was to determine the effect of rice husk ash as filler on the characteristic values and microstructure of the mixture. The research method used was experimental method on rice husk ash as filler with 1%, 2%, 3%, 4% percentage in Marshall test. The optimum filler value in Retona Blend E-55 asphalt mixture was 1.99% while the mixture with Starbit E-55 asphalt was 2.17%. The SEM test results of the mixture using rice husk ash showed that at x100 magnification the grain morphology was more clumpy and regular than the mixture without rice husk ash. As well as the chemical properties of the results of using rice husk ash make the SiO₂ compound in the mixture increase which makes better adhesion

Keywords: Marshall test, microstructure, Retona Blend E-55, rice husk ash, Starbit E-55

Abstrak

Aspal modifikasi Starbit E-55 mempunyai hasil yang bagus dalam tes keseimbangan, yang menunjukkan kemampuan aspal dalam menghadapi ketahanan, serta aspal Retona Blend E-55 dapat meningkatkan stabilitas, ketahanan terhadap deformasi dan ketahanan terhadap air. Serupa juga pada abu sekam padi yang memiliki unsur silika yang besar sehingga dapat dijadikan sebagai bahan substitusi *filler*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak abu sekam padi sebagai *filler* terhadap nilai karakteristik dan mikrostruktur campuran. Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimental terhadap abu sekam padi sebagai filler dengan persentase 1%,2%,3%,4% pada pengujian Marshall. Hasil penelitian nilai *filler* optimum pada campuran Aspal Retona Blend E-55 yaitu 1,99% sedangkan campuran dengan aspal Starbit E-55 sebesar 2,17%. Hasil pengujian SEM campuran menggunakan abu sekam padi terlihat pada pembesaran x100 morfologi butiran yang lebih menggumpal dan teratur dibanding campuran tanpa abu sekam padi. Serta sifat kimia dari hasil penggunaan abu sekam padi membuat senyawa SiO₂ pada campuran meningkat yang membuat daya lekat yang lebih baik.

Kata Kunci: Abu sekam padi, Marshall test, mikrostruktur, Retona Blend E-55, Starbit E-55

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang konstruksi perkerasan lentur jalan raya, kemampuan jalan merupakan hal yang wajib diperhatikan (Ibrahim et al., 2021). Campuran dengan komposisi pemadatan tidak maksimal akan mendapatkan rongga besar hingga kerapatan menurun (Lagaligo et al., 2022)

Untuk itu pemilihan bahan pengikat Starbit E-55 dan Retona Blend E-55 menjadi bagian dari alternatif untuk mengurangi kerusakan – kerusakan yang terjadi di jalan. Aspal Starbit E-55 tampil dengan baik dalam tes keseimbangan, yang menunjukkan kemampuan aspal dalam menghadapi ketahanan (Nur Khaerat Nur et al., 2020). Sedangkan pada aspal Retona Blend E-55 adalah aspal jenis bitumen yang diekstraksikan dari Asbuton. (Saleh et al., 2018) mengemukakan bahwa keunggulan Retona Blend E-55 ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap air, deformasi, stabilitas, dan ketahanan *fatigue*. Selain aspal material yang digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran ialah filler. Filler dalam konteks konstruksi jalan dan aspal menunjuk pada bahan yang digunakan untuk mengisi celah antara butir – butir agregat dalam campuran beraspal (Syahada & Aula, 2024)

Abu sekam padi dapat digunakan menggantikan bahan konvensional seperti abu batu. Abu sekam padi dapat lebih mudah dihaluskan dengan dibakar pada kondisi tertentu (Musbar et al., 2010). Selain itu abu sekam padi memiliki unsur silika yang tinggi dengan fungsi meningkatkan kekesatan antar butir partikel (sementasi), juga termasuk bahan lain seperti Kalsium, Kalium, Besi, Fosfat, dan Magnesium (Zahira, 2021). Abu sekam padi juga mudah ditemukan di Indonesia guna alternatif material yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. (Badaron et al., 2019)

Untuk mengamati dan menganalisis suatu bahan bias digunakan alat mikroskop pemindai atau *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Prasetyo, 2011) yang dipadukan dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Gambar permukaan sampel resolusi tinggi dapat dibuat menggunakan SEM, yang memungkinkan pengamatan detail morfologi dan topografi dari sampel. Fungsi EDS sangat penting dalam analisis SEM-EDS karena dapat memperoleh informasi tentang komposisi unsur sampel yang digunakan untuk memahami sifat dan karakteristik bahan. Tujuan penelitian ini guna menentukan dampak abu sekam padi sebagai material pengisi untuk sifat fisik maupun mikrostruktur campuran AC-WC menggunakan aspal Starbit E-55 dan juga aspal Retona Blend E-55.

2. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode yang diterapkan adalah metode bersifat experimental akan campuran AC-WC yang telah divariasikan kemudian dilakukan pengujian *Marshall* dan SEM-EDS.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia, Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan dan Laboratorium Mikrostruktur.

C. Metode Pengujian

a) Perencanaan Campuran

Dalam perencanaan campuran dilakukan pennggabungan agregat yang menghasilkan kadar aspal rencana dan komposisi agregat.

Rumus kadar aspal rencana :

$$Pb = 0,035 a + 0,045 b + Kc + F \quad (1)$$

Dimana :

Pb = Pendekatan kadar aspal campuran

a = Persentase agregat tertahan di saringan No.8

- b = Persentase agregat lolos saringan No. 8 tertahan di saringan No. 200
- c = Persentase lolos saringan No.200
- K = - 0,15 untuk 11-15% lolos saringan No.200
- 0,20 untuk $\leq 5\%$ lolos saringan No. 200
- 0,18 untuk 6-10% lolos saringan No. 200
- F = - 0,2% tergantung pada absorbs agregat bila data tidak tersedia maka diambil 0,7-1
- LASTON dan AC = 1

b) Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* dimaksud untuk melihat stabilitas untuk penurunan flow terhadap benda uji. Dari nilai stabilitas dan flow mendapatkan hasil untuk mengukur parameter marshall yaitu stabilitas, kelelahan, MQ, VMA, VFA, VIM serta density.



Gambar 1 Alat Marshall Test

c) Pengujian SEM-EDS

Salah satu kategori mikroskop yang menggunakan elektron adalah SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk menugji suatu objek. Elektron ditembakkan ke sampel dan berinteraksi dengannya, menghasilkan sinyal yang berisi data tentang permukaanya, termasuk topografi, morfologi, komposisi, dan informasi kristalografi (Bachtiar et al., 2024). Dikombinasikan dengan *Energy Dispersive Microscope* (EDS). Teknik analisis yang diterapkan untuk memeriksa unsur atau sifat kimia pada specimen. Sifat – sifat ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan berdasarkan hubungan sinar-x dengan specimen. Keahlian untuk menggambarkan sejalan dengan beberapa prinsip fundamental yang mengatakan baha setiap atom pada setiap elemen berbeda, yang menggambarkan karakteristik dari atom, sehingga sinar-x dapat membedakannya (Zuriatni et al., 2023).

D. Metode Analisis Data

Dalam penentuan kadar aspal dan kadar filler optimum digunakan metode Regresi Polynomial Equation adalah metode yang digunakan untuk menentukan bentuk hubungan antara variabel, dimana regresi ini bertujuan untuk meramalkan atau menduga nilai satu variabel lain yang diketahui melalui regresi. (Alifuddin, 2018)

Bentuk dari persamaan regresi polunomial orde 2 adalah sebagai berikut :

$$y = ax^2 \pm bx \pm c \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pemeriksaan Agregat dan Abu Sekam Padi

Tabel 1 Hasil pengujian agregat kasar, agregat halus, dan abu sekam padi

No	Jenis percobaan	Agregat Kasar		Agregat Halus	Abu Sekam Padi	Spesifikasi
		1-2	0,5-1			
1.	Berat Jenis Agregat Bulk	2,61	2,49	2,58	2,54	2,4 – 2,9
	SSD	2,59	2,56	2,70	2,72	2,4 – 2,9
	Apparent	2,77	2,68	2,51	2,73	2,4 – 2,9
	Penyerapan	2,20	2,88	2,89	2,89	2,4 – 2,9
2.	Berat Isi Gembur (gr/cm ³)	1,43	1,42	1,52	1,69	1,4 – 1,9
	Padat (gr/cm ³)	1,45	1,43	1,68	1,85	1,4 – 1,9
	Sand Equivalent	-	-	81,41	81,41	≥ 60 %
4.	Soundness Test (%)	0,88	2,09	0,73	5,67	≤ 12 %
5.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	96	95	-	-	≥ 95 %

B. Hasil dan Pemeriksaan Aspal

Tabel 2 Hasil pemeriksaan aspal

Percobaan	Retona Blend E55		Starbit E55	
	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Spesifikasi
Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	53	50-60	69	60-70
Titik Lembek	51	≥50	63	≥48
Daktilitas pada 25°C (cm)	164	≥100	164	≥100
Titik Nyala (°C)	315	≥232	310	≥232
Berat Jenis	1,173	≥1,0	1,338	≥1,0

C. Menentukan Kadar Aspal Optimum Pada Campuran AC-WC Dari Hasil Pemeriksaan *Marshall*

Sebelum melakukan analisa berdasarkan temuan pemeriksaan *marshall*, kami akan melihat karakteristik campuran yaitu mencakup stabilitas, flow, (VIM) ruang dalam campuran, (VMA) ruang antar agregat, (VFA) ruang antar agregat yang terisi oleh aspal, kerapatan dan kekuatan dengan memakai metode pemeriksaan *marshall* didapatkan hasil perhitungan karakteristik dengan 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%

D. Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi

Sebelum melakukan analisis dari hasil *Marshall* dengan mengkalkulasikan sifat campuran yang mencakup nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, Density dan MQ. Dengan 5 variasi yaitu variasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%. Dengan masing – masing tumbukan 2 kali 75 pada setiap variasi bahan tambah abu sekam padi.

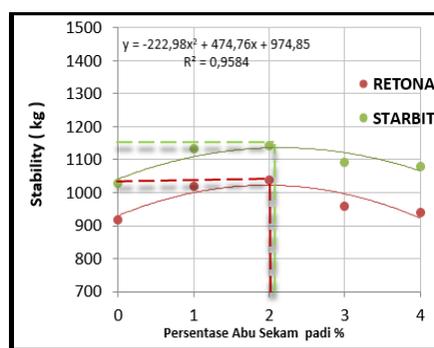
Tabel 3 Rekapitulasi pengujian Marshall Test AC-WC dengan menggunakan Aspal Retona Blend E-55 bersama dengan bahan tambah abu sekam padi

Sifat – Sifat Campuran	Hasil Pemeriksaan Aspal Retona Blend E-55					Spesifikasi
	0%	1%	2%	3%	4%	
Stabilitas; kg	918,23	1018,68	1037,46	975,47	939,51	800 – 1800 kg
Flow; mm	2,73	2,43	2,33	2,50	2,70	2 – 4 mm
VIM (%)	5,93	5,64	4,89	4,04	3,56	3 – 5 %
VMA (%)	15,39	15,84	16,36	16,57	17,14	≥ 15%
VFA (%)	61,30	68,88	71,89	76,85	79,03	≥ 63%
Density	2,24	2,25	2,26	2,25	2,24	≥2.2 kg/mm ³
MQ; kg/mm	336,08	420,41	446,85	391,78	346,07	Min. 250 kg/mm

Tabel 4 Rekapitulasi pengujian Marshall Test AC-WC dengan menggunakan Aspal Starbit E-55 bersama dengan bahan tambah abu sekam padi

Sifat – Sifat Campuran	Hasil Pemeriksaan Aspal Starbit E-55					Spesifikasi
	0%	1%	2%	3%	4%	
Stabilitas; kg	1029,16	1131,86	1141,50	1090,59	1080,43	800 – 1800 kg
Flow; mm	3,30	2,80	2,60	2,83	3,47	2 – 4 mm
VIM (%)	4,90	4,25	3,97	3,70	3,14	3 – 5 %
VMA (%)	15,06	15,33	15,48	16,17	16,43	≥ 15%
VFA (%)	68,11	73,28	75,73	78,08	80,92	≥ 63%
Density	2,24	2,25	2,26	2,26	2,24	≥2.2 kg/mm ³
MQ; kg/mm	316,47	405,02	446,32	390,00	312,00	Min. 250 kg/mm

a) Hubungan stabilitas terhadap abu sekam padi

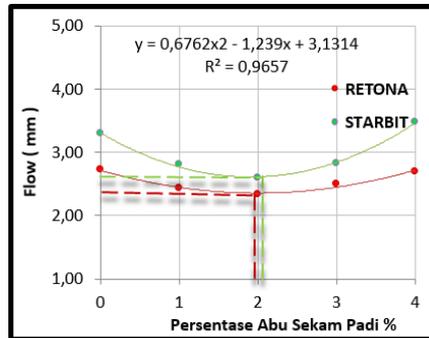


Gambar 2 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap stabilitas

Hasil yang ditunjukkan **Gambar 2** tersebut menunjukkan material uji dengan kadar abu sekam padi 0% hingga 4% memenuhi spesifikasi. Semakin besar nilai variasi abu sekam padi yang digunakan akan meningkatkan nilai stabilitas pada variasi abu sekam padi 2%, tetapi seiring dengan menambah variasi abu sekam [adi melebihi nilai optimal, stabilitas akan berkurang pada variasi 3%. Hal ini disebabkan karena kadar rongga sebagai

mana pada kepadatan *Marshall*. Kadar rongga rendah dapat menghasilkan kepadatan yang berlebih sehingga akan diperkirakan campuran aspal mengalami *Bleeding* (keluarnya aspal ke bagian luar karna kurangnya rongga)

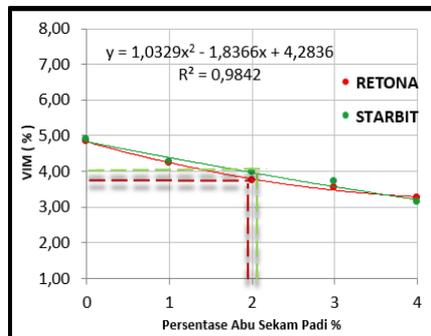
b) Hubungan flow terhadap abu sekam padi



Gambar 3 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap flow

Dari pemeriksaan **Gambar 3** tersebut menunjukkan bahwa nilai flow dari variasi abu sekam padi 0% sampai 4% memenuhi syarat Bina Marga 2018. Nilai flow dari variasi abu sekam padi 0% menurun sampai pada variasi abu sekam padi 2% dan mengalami peningkatan pada variasi 3% sampai 4%. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya kadar abu sekam padi yang digunakan akan mengakibatkan mudahnya terjadi kelelahan atau keruntuhan pada campuran aspal. Ukuran nilai flow yang didapatkan untuk menggambarkan campuran lebih rentan terhadap perubahan bentuk.

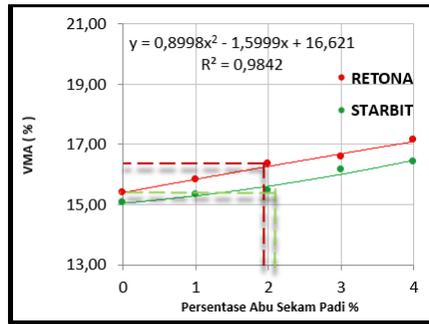
c) Hubungan Voids in mix (VIM) terhadap abu sekam padi



Gambar 4 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap VIM

Dair hasil **Gambar 4** tersebut memberikan bukti bahwa nilai VIM pada variasi abu sekam padi 0% sampai 4% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai VIM mengalami penurunan nilai persentase volume rongga campuran mulai dari variasi abu sekam padi 0% sampai pada variasi abu sekam padi 4%. Ini menunjukkan semakin besar volume rongga yang mengandung udara.

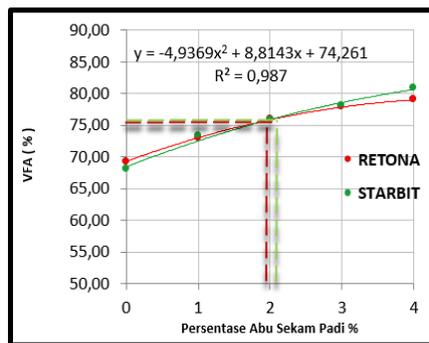
d) Hubungan *Void in Mineral Aggregate (VMA)* terhadap abu sekam padi



Gambar 5 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap VMA

Gambar 5 menunjukkan hasil penelitian abu sekam padi 0% sampai 4% pada campuran memenuhi nilai VMA minimal 15% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Seiring dengan bertambahnya variasi abu sekam padi nilai VMA semakin tinggi dari kadar abu sekam padi 0% sampai kadar 4%. Hal ini disebabkan seiring bertambahnya penggunaan abu sekam padi membuat rongga antar agregat pada campuran semakin berjarak sehingga aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.

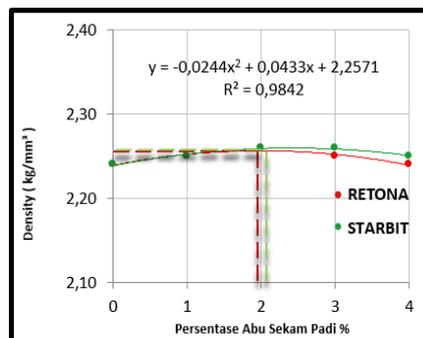
e) Hubungan *Void Fillet with Asphalt (VFA)* terhadap abu sekam padi



Gambar 6 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap VFA

Analisis Gambar 6 menampilkan bahwa variasi abu sekam padi 0% sampai 4% pada campuran mengikuti persyaratan Bina Marga 2018. Jika tingkat abu sekam padi meningkat maka semakin tinggi pula nilai VFA dalam campuran. Hal ini membuktikan bahwa VFA, atau proporsi jumlah ruang yang terisi aspal meningkat sehubungan dengan jumlah abu sekam padi yang digunakan. Nilai VIM berkorelasi *negative* dengan nilai VFA campuran ini membuktikan bahwa aspal dapat menampung rongga yang lebih besar.

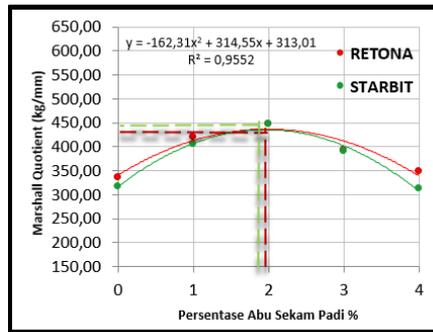
f) Hubungan *Density* terhadap abu sekam padi



Gambar 7 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap density

Dari **Gambar 7** hasil analisis di atas memberikan penjelasan tentang nilai density pada kadar abu sekam padi 0% sampai 2% mengalami peningkatan. Tetapi pada penggunaan variasi abu sekam padi 3% mengalami penurunan telah mematuhi spesifikasi yaitu minimal 2,2 kg.mm³. Nilai densitas meningkat seiring dengan variasi abu sekam padi yang digunakan dalam campuran, namun setelah melewati batas optimum kerapatan akan menurun.

g) Hubungan Marshall Quotient terhadap abu sekam padi

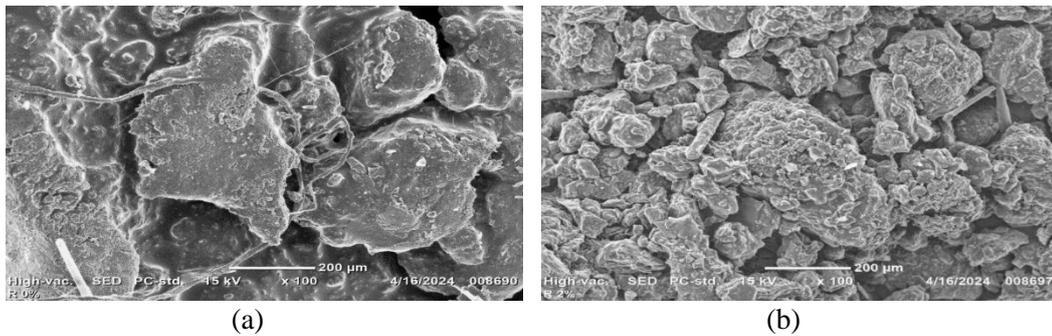


Gambar 8 Grafik hubungan abu sekam padi terhadap MQ

Dari hasil analisis **Gambar 8** di atas dimana nilai MQ variasi abu sekam padi 0% sampai 2% mengalami peningkatan, setelah itu kembali turun pada variasi abu sekam padi 3% sampai variasi abu sekam padi 4%. Ini disebabkan oleh fakta bahwa jika menambah abu sekam padi yang telah melampaui nilai stabilitas maksimumnya, stabilitasnya akan menurun dan kelelehannya akan meningkat dengan bertambahnya variasi abu sekam padi.

E. Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

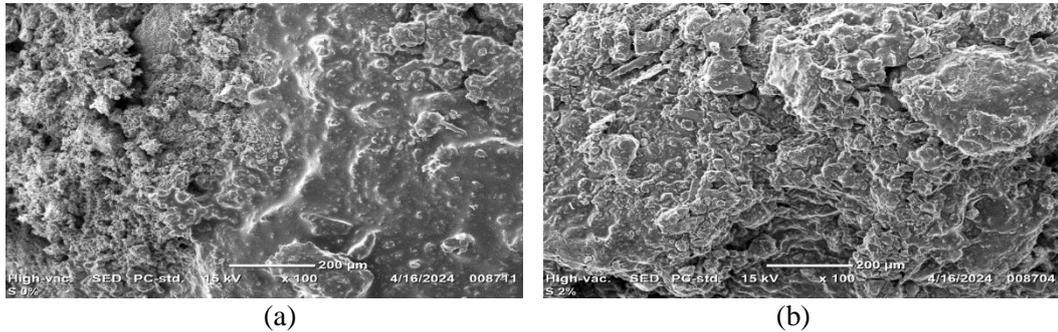
a) Hasil uji SEM AC-WC dengan aspal Retona Blend E-55 menggunakan variasi abu sekam padi



Gambar 9 Hasil pengujian SEM campuran dengan menggunakan aspal Retona Blend E-55, (a) Abu sekam padi 0%, (b) Abu sekam padi 2%

Pada **Gambar 9** pengujian dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada campuran menggunakan aspal Retona Blend E-55 tanpa menggunakan abu sekam padi dengan pembesaran x100 terlihat bahwa morfologi butiran yang tidak beraturan dan terlihat lebih berajaka, sedangkan campuran menggunakan abu sekam padi 2% memiliki bentuk butiran yang menggumpal lebih teratur dan cenderung bergradasi.

h) Hasil pengujian SEM AC-WC dengan aspal Starbit E-55 menggunakan variasi abu sekam padi

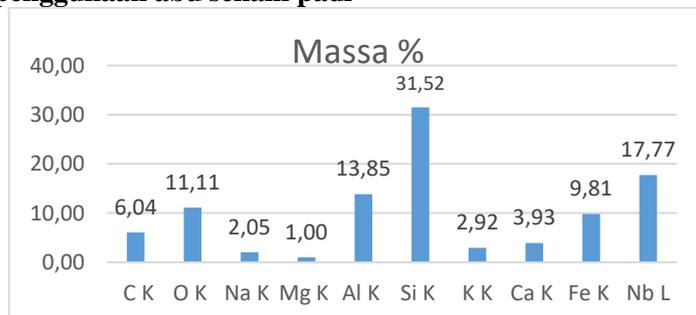


Gambar 10 Hasil pengujian SEM AC-WC Menggunakan Aspal Starbit E-55, (a) Abu sekam padi 0%, (b) Abu sekam padi 2%

Pada **Gambar 10** pemeriksaan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada campuran aspal beton AC-WC menggunakan aspal Starbit E-55 tanpa menggunakan abu sekam padi dengan pembesaran x100 terlihat bahwa morfologi butiran yang tidak beraturan dan terlihat lebih berjarak. Sedangkan campuran menggunakan abu sekam padi 2% terlihat bentuk butiran yang lebih rapat dan teratur.

F. Hasil pengujian EDS (Energy Dispersive Microscope)

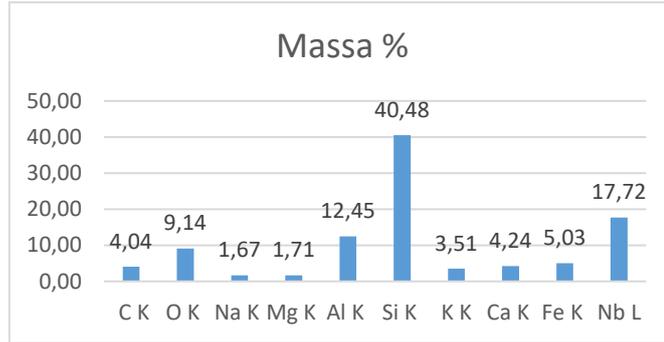
a) Unsur yang terkandung dalam campuran dengan aspal Retona Blend E-55 tanpa penggunaan abu sekam padi



Gambar 11 Grafik hasil pemeriksaan EDS AC-WC dengan Aspal Retona Blend E-55 tanpa penggunaan abu sekam padi

Pada **Gambar 11** di atas dapat dilihat bahwa unsur dominan adalah Silicon (Si) sebesar 31,52%, Neobium (Nb) sebesar 17,77%, dan Aluminium 13,85%.

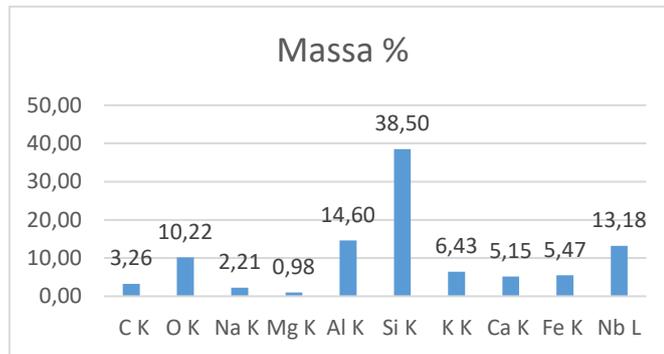
b) Unsur yang terkandung dalam campuran dengan aspal Retona Blend E-55 menggunakan abu sekam padi 2%



Gambar 12 Grafik hasil pemeriksaan EDS AC-WC dengan Aspal Retona Blend E-55 menggunakan abu sekam padi

Dari **Gambar 12** di atas dapat dilihat bahwa unsur dominan adalah Silicon (Si) sebesar 40,48%, Neobium (Nb) sebesar 17,72%, dan aluminium (Al) sebesar 12,45%.

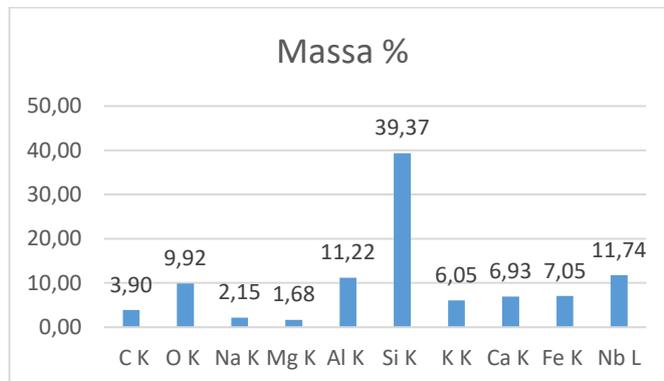
- c) **Unsur yang terkandung dalam campuran dengan aspal Starbit E-55 tanpa penggunaan abu sekam padi**



Gambar 13 Grafik hasil pemeriksaan EDS campuran dengan aspal Starbit E055 tanpa menggunakan abu sekam padi

Pada **Gambar 13** dapat dilihat bahwa unsur dominan adalah Silicon (Si) sebesar 38,50%, Alumunium (Al) sebesar 14,60%, dan Neobium (Nb) sebesar 13,11%.

- d) **Unsur yang terkandung dalam campuran aspal Starbit E-55 menggunakan kadar abu sekam padi 2%**



Gambar 14 Grafik hasil uji EDS AC-WC menggunakan aspal Starbit E-55 dengan abu sekam padi 2%

Pada **Gambar 14** di atas dapat dilihat bahwa unsur dominan adalah Silicon (Si) sebesar 39,38%, Neobium (Nb) sebesar 11,74%, dan aluminium (Al) sebesar 11,22%.

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dari hasil analisis pengaruh abu sekam padi sebagai material pengisi campuran aspal beton (AC-WC) menggunakan aspal modifikasi Starbit E-55 dan juga Retona Blend E-55 dimana nilai karakteristik tanpa penggunaan abu sekam padi mempunyai karakteristik yang rendah, sedangkan abu sekam padi dengan kadar 1% dan 2% mampu memberikan peningkatan pada nilai karakteristik, akan tetapi pada variasi 3% dan 4% mengalami penurunan. Disebabkan karena seiring bertambahnya kadar abu sekam padi membuat aspal kurang menyelimuti agregat sehingga ruang antar agregat semakin berjarak yang menyebabkan campuran menjadi *Bleeding*. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian *Marshall* sebelum penambahan abu sekam padi, perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan sehingga penambahan abu sekam padi sebagai filler tidak memberikan pengaruh yang banyak terhadap karakteristik.
2. Hasil analisis menunjukkan pengaplikasian abu sekam padi sebagai material pengisi campuran AC-WC dengan aspal modifikasi Retona Blend E-55 dan juga Starbit E-55 didapatkan hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan pembesaran x100 terlihat campuran yang menggunakan abu sekam padi memiliki morfologi butiran yang menggumpal serta merata dan cenderung bergradasi disbanding dengan campuran tanpa abu sekam padi yang morfologi butirannya kurang teratur dan lebih berjarak. Dan pada hasil pengujian sifat kimia dengan uji *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dengan hasil berupa unsur yang terkandung pada campuran yang mempengaruhi kekuatan. Pada hasil tersebut didapatkan adanya peningkatan senyawa silika dioksida (SiO₂) dan adanya penurunan senyawa seperti aluminium oksida (Al₂O₃) dan niobium pentoksida (Nb₂O₅).

B. Saran

1. Diharapkan bahwa penelitian ini akan dilanjutkan untuk menyelidiki pengaruh abu sekam padi terhadap jenis campuran laston, latasir, dan perkerasan lainnya serta kepadatan mutlak.
2. Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan mengenai bagaimana dampak suhu pada campuran terhadap mikrostruktur menggunakan aspal Retona Blend E-55 dan Starbit E-55 dengan abu sekam padi sebagai pengisi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alifuddin, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk pada Campuran beton Aspal Dengan Metode Kepadatan Mutlak Terhadap Peningkatan Tegangan Tarik. *Googlescolar*, 48–50. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/186240>
- Bachtiar, E., Setiawan, A. M., Setiawan, A., & Fudlailah, P. (2024). Mikrostruktur, Porositas Dan Sifat Mekanik Beton Curing Air Laut. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 378.

<https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i1.492>

- Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2), 145. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i2.593
- Ibrahim, Z., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2021). Analisis Poisson Ratio dan Ketahanan Deformasi Campuran AC-WC Substitusi Pasir Silika. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(1), 36–47. <https://doi.org/10.33096/jtism.v6i1.277>
- Lagaligo, D., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pematatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Konstruksi*, 1(11), 23–36.
- Musbar, Rizal, F., & Mahyar, H. (2010). PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BETON AGROPOLYMER Musbar, Faisal Rizal, Herri Mahyar Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe., *Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2(2), 33–52.
- Nur, N. K., Mahyuddin, Bachtiar, E., Mukrim, M. T. M. I., Irianto, Arifin, Y. kadir T. S. P., Masdiana, S. N. A., Halim, H., & Syukuriah. (2020). Rencana Pengkerasan Jalan. In A. Karim & J. Simarmata (Eds.), *Yayasan Kita menulis* (Vol. 5, Issue 3). Yayasan Kita menulis.
- Prasetyo. (2011). Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester dengan Filler Karbon Aktif Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada Jurusan Teknik Polyester Dengan Filler Karbon Aktif. *Publ. Ilmiah. Progr. Stud. Tek. Mesin. Univ. Muhammadiyah Surakarta*.
- Saleh, S. M., Anggraini, R., Hermansyah, & Salmannur, A. (2018). Memakai Agregat Karang Gunung Dari Sabang Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60 / 70. *Jurnal Transportasi*, 18(2), 127–134.
- Syahada, A. M., & Aula, L. K. (2024). *Tugas Akhir Analisa Aspal Wearing Course (ac-wc) Modifikasi dengan Bahan Tambah Fly Ash (Substitusi Abu Batu) dan Tanah (Substitusi Pasir)*.
- Zahira, K. F. (2021). *Pupuk Organik Limbah Padi*. 4(1), 6. https://repo.mtsn1jepara.sch.id/uploads/20._Keisya_Fidela_Zahira_word-1_-_Wina_Kurniawati.pdf
- Zuriatni, Y., Sofyan, M., Putri, P. S., Rokhman, A., & Kustanrika, I. W. (2023). Analisis SEM-EDS Beton Normal yang Menggunakan Superplasticizer. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 290–299. <https://doi.org/10.35334/be.v7i3.4927>