

Karakteristik Fungsional Dan Sifat Fisis Aspal Akibat Penambahan Silika Sekam Padi

Siti Isma^{(1)*}, Simon Sembiring⁽¹⁾, Wasimton Simanjuntak⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung 35145

*E-mail:ismaams56@gmail.com

Diterima (16 Nopember 2018), direvisi (30 Nopember 2018)

Abstract. This study was conducted to determine the functional characteristics and physical properties of asphalt due to the addition of silica rice husk. Asphalt penetration 60/70 was combined with silica sourced from extracted rice husks using the sol gel method with 1.5% NaOH solvent and 10% HNO₃ solvent. Comparison of asphalt and silica masses is 1: 1.8; 1: 1.9; and 1: 2, then asphalt and silica alloys are heated at 110°C for 4 hours. The results of Fourier Transform Infra-Red (FTIR) analysis showed that the O-H group was formed after the addition of silica. The functional groups seen are functional groups associated with asphalt and silica that is C-H, Si-OH, Si-O-Si, and Si-O. The results of swelling thickness and degradation physical tests (diameter, thickness, and volume) indicate that this material is quite stable. In each addition of silica the increase in increment occurs only slightly. This proves that the interaction between asphalt and silica that occurs physically and does not occur in a chemical reaction.

Keywords: Asphalt, silica rice husk, functional groups, physical properties

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik fungsional dan sifat fisis aspal akibat penambahan silika sekam padi. Aspal penetrasi 60/70 dipadukan dengan silika yang bersumber dari sekam padi hasil ekstraksi dengan metode *sol gel* menggunakan larutan NaOH 1,5% dan larutan HNO₃ 10%. Perbandingan massa aspal dan silika, yaitu 1:1,8; 1:1,9; dan 1:2. Kemudian, paduan aspal dan silika dioven pada suhu 110 °C selama 4 jam. Hasil analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) menunjukkan bahwa gugus O-H terbentuk setelah penambahan silika. Gugus fungsi yang terlihat adalah gugus fungsi yang terkait dengan aspal dan silika, yaitu C-H, Si-OH, Si-O-Si, dan Si-O. Hasil uji fisis *swelling thickness* dan degradasi (diameter, tebal, dan volume) menunjukkan bahwa bahan ini cukup stabil. Pada setiap penambahan silika selisih peningkatan yang terjadi hanya sedikit. Hal ini membuktikan bahwa interaksi antara aspal dan silika yang terjadi secara fisis dan tidak terjadi secara reaksi kimia.

Kata Kunci: Aspal, silika sekam padi, gugus fungsi, sifat fisis.

PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan bangunan yang digunakan untuk jalan raya, landasan bandara, dan konstruksi bangunan seperti bahan lapis atap. Penggunaan aspal sebagai bahan lapis atap perumahan semakin banyak dibutuhkan dan kini bahan atap yang sering digunakan bervariasi, baik yang dibuat dari bahan keramik, seng, *multiroof*, aspal, dan lain-lain. Material atap aspal bersifat padat dan ringan. Selain itu, aspal

memiliki komposisi kimia yang memperlihatkan sifat termoplastis, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun [1]. Aspal mengandung senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang terdiri dari karbon 82-88%, hidrogen 8-11%, belerang 0-6%, oksigen 0-1,5%, dan nitrogen 0-1% [2]. Perlu penambahan bahan lain untuk memperbaiki sifat aspal agar sesuai dengan

kebutuhannya. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memodifikasi dan meningkatkan karakteristik aspal seperti menggunakan karet alam cair [3], serbuk arang tempurung kelapa [4], dan limbah ban bekas [5]. Salah satu bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan campuran aspal adalah silika dari hasil ekstraksi sekam padi.

Sekam padi memiliki banyak potensi yang dapat dikembangkan, salah satunya adalah sebagai sumber silika yang cukup tinggi yaitu kemurniannya sebesar 93 % [6]. Selain kemudahan untuk mendapatkan silika dari sekam padi, silika ini menarik untuk dikembangkan karena memiliki butiran yang halus dan lebih reaktif. Hal ini dikarenakan silika mempunyai struktur amorf [7]. Silika banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, adsorben, *cordierite*, dan aluminosilikat [8]–[10]. Penelitian yang dilakukan [11] menyatakan bahwa silika memiliki tingkat kekerasan, sifat tahan terhadap air, ketahanan termal, dan kekakuan yang tinggi.

Berdasarkan beberapa penjelasan yang telah dipaparkan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi aspal menggunakan silika sekam padi sebagai bahan campuran. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis karakteristik fisis aspal meliputi pengukuran degradasi (tebal, diameter, dan volume) dan *swelling thickness*. Sementara, fungsionalitas aspal akan dianalisis menggunakan FTIR.

METODE PENELITIAN

Tabel 1. Komposisi massa aspal dan silika

Kode Sampel	Komposisi	
	Aspal (gr)	Silika (gr)
AS1	5	9
AS2	5	9,5
AS3	5	10

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sekam padi, akuades, larutan NaOH 1,5%, larutan HNO₃ 10%, aspal penetrasi 60/70, dan bensin. Sementara alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Timbangan digital, *beaker glass*, kompor listrik, batang pengaduk / spatula, gelas ukur, saringan, corong kaca, selang infus, kertas saring, aluminium foil, tisu, pipet tetes, motar dan pastle, pH meter, oven, mikrometer sekrup, *magnetic stirrer*, alat *press* GRASEBY SPECAC, dan ayakan 150 mesh.

Proses dimulai dengan mempreparasi sampel. Pembuatan material paduan aspal dan silika dilakukan dengan metode pencampuran sederhana. Serbuk silika dicampurkan dengan aspal penetrasi 60/70. Langkah pertama yang dilakukan adalah melelehkan aspal dengan cara dipanaskan dan dicairkan dengan bensin sebanyak 20 ml. Aspal yang telah meleleh ditambahkan serbuk silika, kemudian komposisi massa aspal dan silika dari ketiga sampel dapat dilihat pada **Tabel 1**. Kedua campuran tersebut diaduk sambil dipanaskan hingga homogen. Setelah itu, dilakukan pengeringan sampel aspal silika dengan menggunakan oven selama 4 jam pada suhu 100 °C. Kemudian menggerus dan mengayak serbuk aspal silika untuk mendapatkan serbuk paduan aspal dan silika. Sampel yang telah digerus dan diayak didiamkan pada suhu ruang setelah dicetak dan disiapkan untuk dikarakterisasi menggunakan alat FTIR dan uji fisis meliputi *swelling thickness* dan degradasi (diameter, tebal, dan volume).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis FTIR

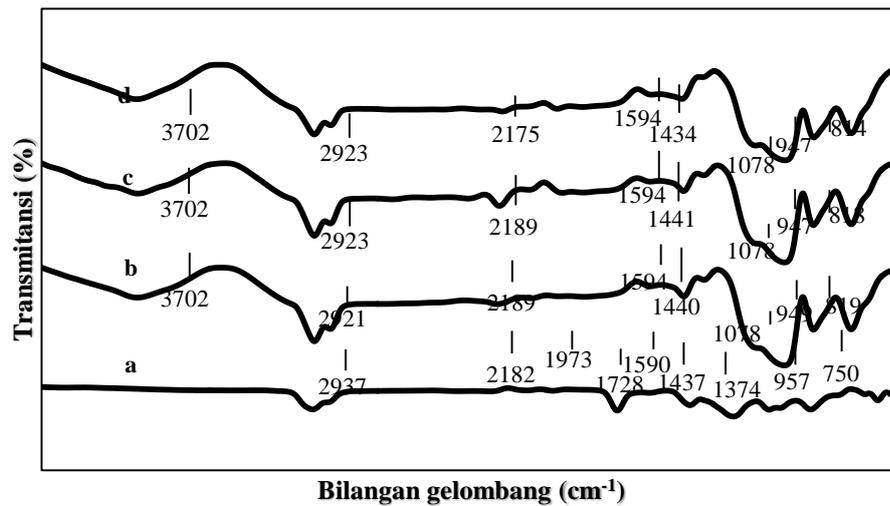
Karakterisasi FTIR dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada suatu senyawa yang terdapat pada aspal dan paduan aspal silika. Hasil analisis FTIR aspal tanpa penambahan silika dan aspal dengan penambahan silika ditampilkan pada **Gambar 1**.

Gambar 1 (a) menunjukkan spektrum FTIR sampel aspal tanpa penambahan silika yang ditandai dengan kehadiran gugus C-H pada bilangan gelombang 2937 cm^{-1} , kehadiran gugus C-H didukung oleh puncak vibrasi yang lain yakni pada bilangan gelombang 1437 cm^{-1} , 750 cm^{-1} , dan 957 cm^{-1} , hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [12], [13]. Pada puncak serapan dengan bilangan gelombang 1374 cm^{-1} yang merupakan vibrasi regangan S=O [14]. Selain itu, pada bilangan gelombang 1728 cm^{-1} dan 1973 cm^{-1} muncul dua kelompok atau lebih vibrasi regangan C=O [15]. Kemudian ikatan gugus C=C terlihat pada bilangan gelombang 1590 cm^{-1} dan 2182 cm^{-1} yang merupakan puncak penyerapan yang disebabkan oleh vibrasi ikatan ganda dari cincin benzena [16]. Setelah penambahan silika (**Gambar 1 (b)**)

muncul gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3702 cm^{-1} yang terjadi akibat interaksi air dengan silika dan menghasilkan ikatan Si-OH dan teroksidasi membentuk Si-O-Si dan Si-O dengan kehadiran bilangan gelombang 1078 cm^{-1} , 819 cm^{-1} dan 949 cm^{-1} [17].

Perbedaan gugus fungsi yang cukup signifikan dengan sampel aspal tanpa penambahan silika (**Gambar 1 (a)**), yakni tidak teridentifikasinya gugus fungsi S=O, dan C=O. Menghilangnya gugus S=O akibat ditutupi oleh silika dan vibrasi gugus C=O semakin melemah karna terlarut dan diserap silika. Namun puncak khas untuk vibrasi O-H, Si-O-Si, Si-O, dan Si-OH muncul pada setiap penambahan silika (**Gambar 1 (c-d)**).

Hasil analisis FTIR ini sesuai dengan penjelasan sebelumnya bahwa aspal merupakan bahan hidrokarbon dan hasil ini menunjukkan bahwa gugus O-H terbentuk setelah penambahan silika. Gugus fungsi yang terlihat adalah gugus fungsi yang terkait dengan silika dan aspal, tidak ada gugus fungsi baru yang muncul. Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi reaksi antara silika dan aspal, namun terjadinya interaksi secara fisis yang ditunjukkan pada hasil swelling thickness dan degradasi secara fisis (diameter, tebal dan volume).

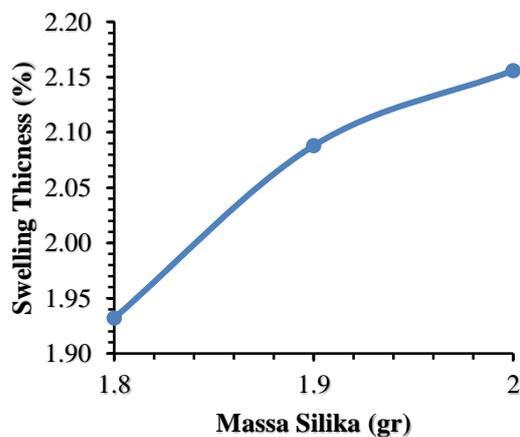


Gambar 1. Spektrum FTIR sampel aspal dengan penambahan silika sekam padi (a) aspal tanpa silika (b) perbandingan 1:1,8, (c) perbandingan 1:1,9, dan (d) perbandingan 1:2.

Hasil Pengukuran Uji Fisis *Swelling Thickness*

Tabel 2. Hasil uji *swelling thickness*

Kode Sampel	Komposisi	
	Aspal (gr)	Silika (gr)
AS1	5	9
AS2	5	9,5
AS3	5	10



Gambar 2. Hasil uji fisis *swelling thickness*.

Hasil pengukuran *swelling thickness* (Gambar 2), menunjukkan dengan penambahan silika nilai *swelling thickness* pada sampel meningkat. Hal ini diakibatkan oleh penambahan silika yang bersifat sebagai adsorpsi. Selisih peningkatan *swelling thickness* dari sampel 1:1,8 ke sampel 1:1,9 meningkat sebesar 0,156%,

namun pada sampel 1:1,9 ke sampel 1:2 selisih peningkatannya hanya 0,068%. Berdasarkan hasil ini terlihat bahwa selisih peningkatan *swelling thickness* dari sampel 1:1,8 ke 1:1,9 lebih besar 2,3 kali lipat dari selisih peningkatan *swelling thickness* pada sampel 1:1,9 ke 1:2. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa nilai *swelling thickness* cukup stabil karna selisih peningkatannya tidak terlalu signifikan. Karakteristik peningkatan *swelling thickness* yang dihasilkan Gambar 2, mengindikasikan bahwa aspal belum cukup kuat untuk mengikat silika. Namun besar pengembangan *swelling thickness* cukup kecil. Lisovskyy dkk (2005) menyebutkan bahwa peningkatan dapat terjadi karena beberapa hal, yaitu adanya perbedaan jumlah per unit volume pada gugus fungsi yang dipengaruhi ikatan antar molekul serta adanya pembentukan gugus fungsi yang semakin memperkuat ikatan atom. Hasil ini sesuai dengan hasil FTIR yang diperoleh. Hasil FTIR aspal setelah penambahan silika menunjukkan bahwa semakin tajamnya intensitas serapan seiring bertambahnya silika mengindikasikan semakin terbentuknya ikatan Si-OH. Pada sampel yang dianalisis, gugus hidroksil ini

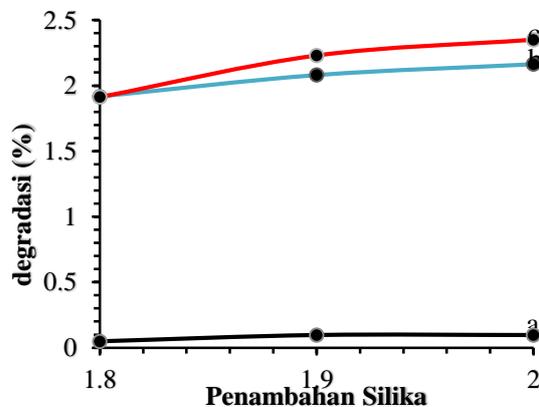
Tabel 7. Hasil uji degradasi secara fisis (diameter, tebal dan volume)

Kode Sampel	Diameter (mm)		Perubahan (%)	Tebal (mm)		Perubahan (%)	Volume (mm ³)		Perubahan (%)
	awal	akhir		awal	akhir		awal	akhir	
AS1	20,74	20,75	0,048	4,487	4,573	1,916	1,516	1,568	1,912
AS2	20,85	20,87	0,095	4,470	4,563	2,080	1,525	1,559	2,229
AS3	20,87	20,89	0,095	4,483	4,580	2,167	1,532	1,568	2,349

kemungkinan besar berasal dari air yang masih terjebak didalam sampel.

Hasil Pengukuran Uji Fisis Degradasi (diameter, Tebal, dan Volume)

Hasil analisis degradasi secara fisis pada diameter (**Gambar 3 (a)**) meningkat pada sampel 1:1,8 hingga 1:1,9 dan tidak mengalami perubahan dari sampel 1:1,9 hingga 1:2. Peningkatan degradasi secara fisis pada diameter (**Gambar 3 (a)**) yang sangat kecil dibandingkan tebal dan volume (**Gambar 3 (b-c)**), kemungkinan besar akibat penambahan silika sebagai unsur yang menyusup kedalam pori-pori atau rongga didalam aspal, sehingga ruang sisa bagi udara dan air akan semakin sedikit dan menyebabkan campuran semakin padat. [18] menyebutkan bahwa pengikatan molekul air oleh silika dimungkinkan oleh struktur kimia silika yakni SiO₂ dengan pembentukan ikatan molekular antara molekul O₂ dari silika dengan gugus O-H



Gambar 3. Hasil uji fisis degradasi ((a) diameter, (b) tebal, (c) volume).

dari molekul air, sehingga menyebabkan degradasi secara fisis untuk diameter, tebal dan volume yang meningkat. Terjadinya peningkatan ini juga mungkin disebabkan karena pencampuran aspal dan silika yang kurang menyatu sehingga menyebabkan peningkatan pada swelling thickness dan degradasi secara fisis pada diameter, tebal dan volume.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil analisis FTIR sampel aspal sebelum penambahan silika menunjukkan gugus C-H yang dominan, namun setelah penambahan silika gugus O-H muncul sehingga mengindikasikan terjadinya ikatan Si-O-Si, Si-O dan Si-OH. Penambahan silika terhadap aspal menyebabkan puncak vibrasi dari gugus C-O dan S-O semakin melemah seiring dengan penambahan silika. Sementara itu, hasil analisis *swelling thickness* dan degradasi secara fisis (diameter, tebal dan volume) menunjukkan bahwa bahan ini cukup stabil pada setiap penambahan silika, persentase peningkatan yang terjadi hanya sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara aspal dan silika terjadi secara fisis dan tidak terjadi secara reaksi kimia dan hal ini sesuai yang diharapkan dari sisi aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit, 2003.

- [2] J. Read and D. Whiteoak, *The Shell bitumen handbook*. 2003.
- [3] L. Xiang, J. Cheng, and G. Que, "Microstructure and performance of crumb rubber modified asphalt," *Constr. Build. Mater.*, vol. 32, no. 12, pp. 3586–3590, 2009.
- [4] Mashuri and M. Maricar, Husni, "Sifat-sifat Mekanis Aspal dengan Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa," *Maj. Ilm.*, vol. 8, no. 1, pp. 42–48, 2006.
- [5] Indriyati., E. Wahyu, Susanto., and H. Awan, "Kajian Sifat Reologi Aspal dengan Penambahan Limbah Ban Bekas," vol. 11, no. 1, pp. 24–28, 2015.
- [6] H. Harsono, "Pembuatan silika amorf dari limbah sekam padi," *J. Ilmu Dasar*, vol. 3, no. 2, pp. 98–103, 2002.
- [7] S. Chandrasekhar, P. N. Pramada, P. Raghavan, K. G. Satyanarayana, and T. N. Gupta, "Microsilica from rice husk as a possible substitute for condensed silica fume for high performance concrete," *J. Mater. Sci. Lett.*, vol. 21, no. 16, pp. 1245–1247, 2002.
- [8] S. Sembiring, W. Simanjuntak, R. Situmeang, A. Riyanto, and K. Sebayang, "Preparation of refractory cordierite using amorphous rice husk silica for thermal insulation purposes," *Ceram. Int.*, vol. 42, no. 7, pp. 8431–8437, 2016.
- [9] W. Simanjuntak, S. Sembiring, P. Manurung, R. Situmeang, and I. M. Low, "Characteristics of aluminosilicates prepared from rice husk silica and aluminum metal," *Ceram. Int.*, vol. 39, no. 8, pp. 9369–9375, 2013.
- [10] L. Sun and K. Gong, "Silicon-based materials from rice husks and their applications," *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2001.
- [11] F. Adam, K. Kandasamy, and S. Balakrishnan, "Iron incorporated heterogeneous catalyst from rice husk ash," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 384, pp. 837–844, 2006.
- [12] F. Zhang and J. Yu, "The research for high-performance SBR compound modified asphalt," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 3, pp. 410–418, 2010.
- [13] F. Zhang, J. Yu, and J. Han, "Effects of thermal oxidative ageing on dynamic viscosity, TG/DTG, DTA and FTIR of SBS- and SBS/sulfur-modified asphalts," *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 1, pp. 129–137, 2011.
- [14] T. Xu and X. Huang, "Study on combustion mechanism of asphalt binder by using TG-FTIR technique," *Fuel*, vol. 89, no. 9, p. 2185, 2010.
- [15] H. Yao, Q. Dai, and Z. You, "Fourier Transform Infrared Spectroscopy characterization of aging-related properties of original and nano-modified asphalt binders," *Constr. Build. Mater.*, vol. 101, pp. 1078–1087, 2015.
- [16] J. Lin, J. Hong, J. Liu, and S. Wu, "Investigation on physical and chemical parameters to predict long-term aging of asphalt binder," *Constr. Build. Mater.*, vol. 122, pp. 7353–759, 2016.
- [17] M. T. Tsai, "Effects of hydrolysis processing on the character of forsterite gel fibers. Part II: Crystallites and microstructural evolutions," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 22, no. 7, pp. 1085–1094, 2002.
- [18] L. Jagat and M. B. Malino, "Pengujian Mutu Papan Partikel dari Serbuk Gergaji yang Diisi Silika Gel Hasil Pemurnian Abu Sekam Padi," *POSITRON*, vol. 3, no. 1, pp. 12–15, 2017.