

Karakteristik Struktur, Fungsionalitas dan Sifat Fisis Silika Aspal dengan Perbandingan 65%:35%

Novendra Prisbana Tarigan^{(a)*}, Simon Sembiring^(b) dan Leni Rumiyan^(c)

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, Indonesia, 35141

Email : ^{a*}pindraprisbana@gmail.com, ^bsimon.sembiring@fmipa.unila.ac.id,

^clenirumiyan@fmipa.unila.ac.id

.Diterima (14 Agustus 2020), Direvisi (30 Juni 2022)

Abstract. *Synthesis and characterization of silica composites of rice husk and asphalt with a ratio of 65%:35% has been carried out. This study aims to see the characteristics of the structure, functionality and physical properties, namely moisture content and thickness development of the sample. The synthesis of silica from rice husks was carried out by the sol-gel method. Based on the research that has been done, the XRD characterization results obtained in the sample have the structure of silica and amorphous carbon, then the results of FTIR characterization show the Si - OH functional group (silanol) occurs at wave number 3528, metal hydroxide Si - OH (silanol) is oxidized to Si - O - Si and Si - O were formed at wave numbers 1081 cm⁻¹, 792 cm⁻¹ and 471 cm⁻¹ and the formation of the C - H stretching functional group occurred at wave numbers 2932 cm⁻¹, 2853 cm⁻¹. Then test the physical properties of water content of 5.813% with a change in thickness development of 9.753%. So it can be concluded that the addition of bitumen to the silica sample changes the phase structure of the sample and changes the original spectrum of rice husk silica.*

Keywords: Asphalt, composite, FTIR, rice husk, silica, XRD

Abstrak. Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi komposit silika sekam padi dan aspal dengan perbandingan 65%:35%. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik struktur, fungsionalitas dan sifat fisis yaitu kadar air dan pengembangan tebal dari sampel. Sintesis silika dari sekam padi dilakukan dengan metode *sol-gel*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil karakterisasi XRD pada sampel memiliki struktur silika dan karbon amorf, kemudian hasil karakterisasi FTIR menunjukkan gugus fungsi Si - OH (silanol) terjadi pada bilangan gelombang 3528, logam hidroksida Si - OH (silanol) teroksidasi menjadi Si - O - Si dan Si - O terbentuk pada bilangan gelombang 1081 cm⁻¹, 792 cm⁻¹ dan 471 cm⁻¹ dan terbentuknya gugus fungsi peregangan C - H terjadi pada bilangan gelombang 2932 cm⁻¹, 2853 cm⁻¹. Kemudian uji sifat fisis kadar air sebesar 5,813% dengan perubahan pengembangan tebal sebesar 9.753%. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan aspal pada sampel silika mengubah struktur fasa sampel dan mengubah spektrum asli dari silika sekam padi.

Kata kunci: Aspal, FTIR, komposit, sekam padi, silika, XRD

PENDAHULUAN

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Berdasarkan campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang

mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya sehingga peneliti leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang diinginkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Komposit silika aspal akhir-akhir ini sangat menarik minat peneliti untuk dikembangkan, seperti penambahan nano

silika ke pengikat aspal meningkatkan karakteristik fisik aspal kemudian mengurangi penetrasi dan meningkatkan viskositasnya [1]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Karthikeyan and Bindhu [2] diperoleh hasil dari modifikasi nanosilika dan mikrosilika terhadap perkerasan aspal dapat menopang beban tinggi dan perubahan iklim.

Silika sekam padi menurut Sembiring and karo-karo [3] yang diekstraksi dengan alkalis diperoleh analisis struktur fasa dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) bahwa silika dari sekam padi yang dilakukan tanpa sintering memiliki struktur yang *amorf*. Dari sifat amorfnya ini, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber silika yang bersifat reaktif dengan unsur lain. Hasil FTIR diperoleh adanya gugus fungsi Si-OH (silanol) dan gugus fungsi Si-O-Si (siloksan).

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi [4]. Berdasarkan penjelasan diatas, maka pada penelitian ini dilakukan suatu proses pencampuran paduan silika sekam padi yang di sintesis menggunakan metode *sol-gel* dan aspal untuk mengetahui karakteristik fungsionalitas menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan Karakteristik struktur menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Kemudian dilakukan analisis sifat fisis (kadar air dan pengembangan tebal) terhadap paduan.

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (*silicon dioxida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis. Silika sekam padi merupakan salah satu sumber silika yang berasal dari silika nabati, Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan [5] bahwa silika dari sekam padi memiliki kandungan sebesar 99%. Untuk mendapatkan silika dari sekam padi dapat diperoleh dengan metode ekstraksi alkalis, seperti yang dilakukan Kalataphy [6]

bahwa sekam padi diekstraksi menggunakan pelarut NaOH 1N dan HCl 1N.

Kemurnian silika yang diperoleh yaitu sebesar 93%. Hasil FTIR diperoleh adanya gugus fungsi Si-OH (silanol) dan gugus fungsi Si-O-Si (siloksan), sedangkan hasil XRD menunjukkan silika yang terbentuk struktur *amorf*. Silika adalah material yang dimanfaatkan di dunia industri maupun kehidupan sehari-hari. Silika di dunia industri sendiri dimodifikasi dan memiliki manfaat sebagai campuran semen, beton, keramik dan elektronik. [6] memanfaatkan silika sebagai bahan keramik, Silika juga dimanfaatkan sebagai katalis [7], kemudian bakri juga memanfaatkan silika yang disintesis dari *kaolin* sebagai katalis [8].

Aspal tersusun dari dua jenis kimia yang dominan, yaitu *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* adalah senyawa berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung karbon, hidrogen, sedikit nitrogen, sulfur, dan oksigen. Senyawa *asphaltenes* yang tinggi akan menyebabkan aspal menjadi keras ditunjukkan dengan nilai penetrasi yang rendah. Biasanya kandungan *asphaltenes* berkisar antara 5% - 25%.

Maltenes mengandung senyawa *saturates*, *aromatic* dan *resins*. Kandungan *resins* dalam aspal akan menyebabkan *adhesi* aspal menjadi kuat. *Aromatic* adalah molekul aspal yang paling ringan dan paling banyak terkandung dalam aspal sekitar 40% - 65% [9]. Aspal adalah material yang termoplastis atau keadaanya sesuai dengan temperature [10]. Selain itu, Terdapat beberapa kualitas yang harus dimiliki oleh aspal untuk menjamin kinerja campuran yang memuaskan yaitu *rheologi* aspal, sifat *kohesif*, sifat *adhesi* dan sifat *durability* [11].

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah silika sekam padi, aspal, NaOH, HNO_3 , Akuades dan bensin. Sekam padi hasil preparasi, selanjutnya diekstraksi

untuk mendapatkan silika. Silika dari sekam padi dilakukan dengan metode ekstraksi alkalis. Sekam padi ditimbang sebanyak 500 gram, dimasukkan dalam toples. Kemudian ditambahkan larutan NaOH 1,5% sebanyak 5 liter hingga sekam padi terendam. Selanjutnya dipanaskan menggunakan kompor listrik dengan daya 600 Watt hingga mendidih selama ± 30 menit dan diaduk secara perlahan-lahan agar busanya tidak menguap dan tidak tumpah. Lalu didiamkan hingga uap panas hilang dan dilakukan penutupan dengan plastik *cling wrap* kemudian didiamkan selama 24 jam.

Setelah didiamkan, ampas sekam padi disaring dipisahkan dari ekstrak sekam padi menggunakan corong *bucher* untuk memperoleh sol silika (filtrat silika terlarut) dan menyaring filtrat tersebut menggunakan saringan agar terpisah dari zat pengotor (organik). Ekstrak sol silika tersebut kemudian ditetesi sedikit demi sedikit menggunakan larutan HNO_3 10% sebanyak 1 liter hingga menjadi gel silika dan mencapai pH 7. Perubahan proses gel ini dilakukan menggunakan *hot plate stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm agar larutannya homogen. Gel silika yang selanjutnya didiamkan selama 24 jam. Gel silika yang didiamkan tersebut berwarna coklat kehitaman, selanjutnya dicuci dengan akuades hangat dan disaring menggunakan kertas saring hingga gel silika berwarna putih. Gel silika kemudian dioven pada suhu 110°C selama ± 3 jam hingga kering dan diperoleh silika padatan. Selanjutnya silika digerus dengan menggunakan mortar dan pastel hingga menjadi serbuk silika dan berwarna putih. Serbuk silika yang sudah digerus kemudian diayak 250 mesh untuk mendapatkan serbuk silika yang halus dan homogen.

Paduan silika aspal pada penelitian ini dengan perbandingan silika aspal yaitu 65%:35% atau dalam total gram dalam sampel sebesar 5 gram. Pembuatan paduan silika aspal diawali dengan menimbang

aspal sebanyak 1,75 gram kemudian dilarutkan dengan bensin sebanyak 30 ml sambil diaduk dan dipanaskan dengan *hot plate stirrer* pada suhu 160°C .

Aspal yang sudah cair ditambahkan serbuk silika sebanyak 3,25 gram dengan memasukkan ke dalam larutan aspal secara perlahan-lahan dan diaduk dengan spatula hingga homogen. Setelah itu dilakukan pengeringan sampel paduan silika aspal dengan menggunakan oven selama ± 3 jam pada suhu 150°C . Selanjutnya sampel digerus dengan mortar dan pastel. Sampel yang sudah digerus kemudian diayak 150 mesh untuk mendapatkan serbuk paduan silika aspal. Setelah itu dilakukan pemeletan kemudian sampel di karakterisasi dan diuji.

Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah, FTIR, XRD dan uji sifat fisis yaitu kadar air dan pengembangan tebal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

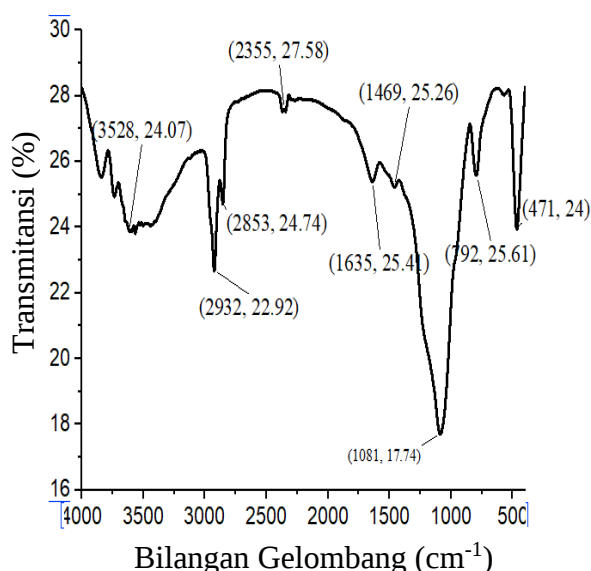
Hasil Analisis FTIR

Pengujian FTIR telah dilakukan terhadap sampel silika aspal pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari sampel yang diuji. Hasil karakterisasi FTIR ditunjukkan pada **Gambar 1**. Berdasarkan **Gambar 1** untuk bilangan gelombang 3528 cm^{-1} terjadi peregangan vibrasi ulur O – H yaitu hidoksil atau alkohol yang mengindikasikan terjadinya ikatan logam hidroksida Si – OH (silanol). Kemudian pada bilangan gelombang 1081 cm^{-1} , 792 cm^{-1} dan 471 cm^{-1} logam hidroksida Si – OH (silanol) teroksidasi menjadi Si – O – Si dan Si – O.

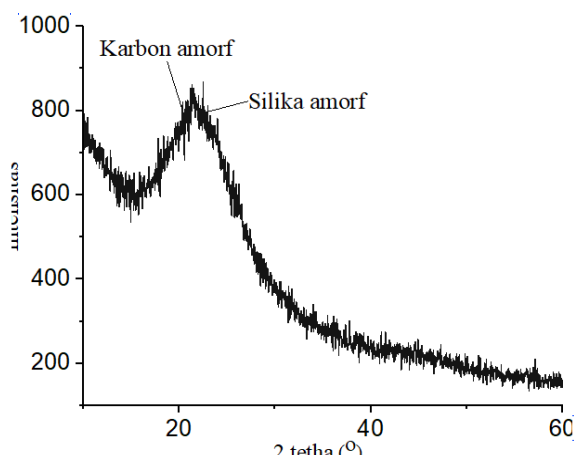
Hasil ini didukung oleh penelitian [12] yang memperoleh terjadinya vibrasi regangan Si – O pada bilangan gelombang dari 1032 cm^{-1} kemudian [13] puncak kuat pada bilangan gelombang 1100 cm^{-1} dan puncak lemah antara $3200\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ menyebabkan terjadinya peregangan vibrasi Si – O – Si dan Si – OH. Sepanjang pengujian paduan silika aspal dapat

disimpulkan menyerap molekul air yakni terjadi pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} [14], 2921 cm^{-1} dan 2845 cm^{-1} [15].

Jika ditinjau dari penambahan aspal maka terjadi perubahan spektrum pada silika seperti terbentuknya gugus fungsi C – H. ngsi yaitu peregangan C – H pada **Gambar 1** terjadi pada bilangan gelombang 2932 cm^{-1} , 2853 cm^{-1} dan didukung pada bilangan 1469 cm^{-1} dimana terjadinya deformasi C – H simetris dari alkana.



Gambar 1. Grafik Pengujian FTIR Hasil Analisis XRD



Gambar 2. Spektrum XRD

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel. Pengujian menunjukkan hasil analisis seperti pada **Gambar 2**. Hasil difraktogram XRD menunjukkan struktur yang terbentuk adalah fasa amorf. Pengujian sampel menunjukkan adanya silika amorf dan karbon amorf, **Gambar 1** menunjukkan silika amorf pada pola difraksi pada kisaran $2\theta = 14.61-22.76^\circ$ dan puncak dengan intensitas tertinggi yaitu 1000 pada $2\theta = 21.50^\circ$.

Hasil ini sesuai dengan penelitian [16] yang mengatakan bahwa struktur silika amorf memiliki pola difraksi yang luas yaitu berkisar pada $2\theta = 15-30^\circ$ kemudian [17] juga mengatakan puncak intensitas silika amorf tertinggi dimulai pada $2\theta = 21.14^\circ$. Selain silika amorf terdapat juga karbon amorf akibat penambahan aspal pada sampel, karbon amorf terbentuk pada pola difraksi di kisaran $2\theta = 18.14-22.41^\circ$ dengan intensitas tertinggi sebesar 468 pada puncak pola difraksi $2\theta = 20.30^\circ$.

Kemudian [18] yang menyatakan penurunan intensitas terjadi karena penambahan aspal, Selain terbentuknya karbon amorf terjadinya pergeseran 2θ [19]. Kemudian hasil ini didukung dengan pengujian SEM-EDS yang menunjukkan sampel mengandung karbon (C), oksigen (O), silikon (Si), sulfur (S) dan aluminium (Al) yang memperjelas bahwa sampel yang diuji adalah silika dan karbon amorf.

Hasil Uji Sifat Fisis

Pengujian fisis kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan air pada sampel, pengujian kadar air dilakukan berdasarkan pada SNI: 03-1971-1990. Kemudian pengujian pengembangan tebal dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan pengembangan tebal sampel pada perbandingan ini Hasil uji sifat fisis disajikan Bilangan Gelombang (cm^{-1})

Nilai kadar air pada sampel adalah sebesar 5.813% Hasil ini didukung oleh

penelitian yang dilakukan oleh [20] yang mengatakan semakin tinggi kandungan silika dalam suatu sampel maka semakin tinggi pula pengikatan silika terhadap OH dan O yang berasal dari uap air sehingga meningkatkan nilai kadar airnya. [9] juga mengatakan penambahan silika menyebabkan penurunan nilai densitas dan menaikkan nilai porositas yang berhubungan dengan penyerapan dan kadar air. Peningkatan nilai kadar air seiring bertambahnya silika juga diperoleh dari penelitian [13].

Nilai pengembangan tebal pada sampel adalah 9.753 semakin banyak aspal yang dicampurkan pada sampel maka menyebabkan rongga pada campuran atau agregat menjadi lebih kecil sehingga banyak rongga yang terselimuti oleh aspal dan menyebabkan ikatannya menjadi lebih kuat dan berlaku sebaliknya hal ini didukung oleh penelitian [21]. [18] menyatakan nilai pengembangan tebal bisa menurun disebabkan oleh silika yang bersifat tidak larut dalam air sudah diikat oleh aspal yang bersifat kedap terhadap air dan viskoelastis sehingga menyebabkan nilai pengembangan tebal yang dihasilkan mengalami penurunan yang tidak signifikan.

Tabel 1. Pengukuran Kadar Air

Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar Air (%)
4.255	4.020	5.845
4.250	4.023	5.642
4.272	4.032	5.952
Rata-rata :		5.813

Tabel 2. Pengukuran Pengembangan Tebal

Tebal awal (mm)	Tebal akhir (mm)	Pengembangan Tebal (%)
8.10	8.88	9.629
8.08	8.88	9.900
8.12	8.91	9.729
Rata-rata		9.753

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil karakterisasi XRD maka sampel memiliki struktur silika dan karbon amorf, kemudian berdasarkan karakterisasi FTIR menunjukkan gugus fungsi Si – OH (silanol) terjadi pada bilangan gelombang 3528, logam hidroksida Si–OH (silanol) teroksidasi menjadi Si – O – Si dan Si – O terbentuk pada bilangan gelombang 1081 cm^{-1} , 792 cm^{-1} dan 471 cm^{-1} dan terbentuknya gugus fungsi peregangan C–H terjadi pada bilangan gelombang 2932 cm^{-1} , 2853 cm^{-1} . Kemudian uji sifat fisis kadar air sebesar 5,813% dengan perubahan pengembangan tebal sebesar 9.753%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Metwally, G. A.-T., Hasanin, H. D., Elgendy, M. F. and Sawan, A.M, “Improving the Performance of Asphalt Mixtures Using Nano Silica”, *World Applied Sciences Journal*, vol. 35, no. 12, pp. 2614–2621, December, 2017.
- [2] Karthikeyan, M. and Bindhu, B. K, “Comparative Study on Bituminous Concrete Modified by Nano Silica and Micro Silica”, *International Journal of Science Technology & Engineering*, vol. 4, no. 10, pp. 53–57, April, 2018.
- [3] Sembiring, M. and Karo-Karo, P, “Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Termal Dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi”, *Jurnal. Sains MIPA*, vol. 13, no. 3, pp. 233–239, Desember, 2007.
- [4] Permana, R, *Studi Sifat-Sifat Reologi Aspal yang Dimodifikasi Limbah Tas Plastik*, 2009, Surabaya, Universitas Kristen Petra Surabaya, 2009.
- [5] Bakar, R. A., Yahya, R. and Gan, S. N, “Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk”,

- Procedia Chemistry*, vol. 19, No.1, pp. 189–195, Agustus, 2016.
- [6] Naskar, M. K. and Chatterjee, M., “A novel process for the synthesis of cordierite ($Mg_2 Al_4 Si_5 O_{18}$) powders from rice husk ash and other sources of silica and their comparative study”, *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 24, No. 13, pp. 3499–3508, April, 2004.
- [7] Shinohara, Y. and Kohyama, N., “Quantitative Analysis of Tridymite and Cristobalite Crystallized in Rice Husk Ash by Heating,” *Industrial. Health*, vol. 42, No. 2, pp. 277–285, Februari, 2004.
- [8] Rahman, R. and Mashuri, " Studi Karakterisasi Campuran Perkerasan Lapis Tipis Aspal Beton (HRS-WC) Dengan Menggunakan Material Dari Sungai Bahomente Dan Material Sungai Lasampi", Vol. 7, No.2, pp. 103-113, Desember, 2017.
- [9] Susanti, N, Simbolon, J. B, Sembiring, S. and Manurung, P, “Pengaruh Perlakuan Termal Terhadap Karakteristik Aspal Komposit Berbasis Silika Sekam Padi”, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol. 8, No. 1, pp. 119–126, Januari, 2020.
- [10] Maghfirah, A, Mulkan, I. and Sembiring, A.D, “Pembuatan Dan Karakterisasi Genteng Komposit Polimer Berbasis Limbah Abu Boiler Kelapa Sawit Dan Serat Benang Karet Ban Bekas Yang Diperkuat Oleh Aspal”, *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, Vol. 2, No. 1, pp. 8–14, 2018.
- [11] Widianty, D, Karyawan, I.A. and Yuniarti, R, “Pengaruh Penambahan Serbuk Serat Pelepah Batang Pisang Terhadap Karakteristik Sifat Fisik Aspal”, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, Vol. 2, No.1, pp. 52–61, Januari, 2018.
- [12] Han, L, Zheng, M, Li, J, Li, Y, Zhu, Y. and Ma, Q. “Effect of nano silica and pretreated rubber on the properties of terminal blend crumb rubber modified asphalt,” *Construction and Building. Material*, Vol. 157, No. 1, pp. 277–291, Agustus, 2017.
- [13] Diana, L. O., Sembiring. S. and Situmeang, R. T. M, “Pengaruh Penambahan Silika (SiO_2) Sekam Padi Terhadap Karakteristik Mikrostruktur Dan Struktur Aspal Dengan Perbandingan Massa 1:0 ; 1:1,5 ; 1:1,6 dan 1:1,7”, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol. 7, No. 1, pp. 69, Januari, 2019.
- [14] Enieb, M and Diab, A “Characteristics of asphalt binder and mixture containing nanosilica,” *International Jurnal of Pavement Research and Technology*, Vol. 10, No. 2, pp. 148–157, 2017, Desember, 2016.
- [15] Zafari, F, Rahi, M, Moshtagh, N. and Nazockdast, H, “The Improvement of Bitumen Properties by Adding NanoSilica”, *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*, Vol. 3, No. 1, pp. 62–69, 2014.
- [16] Sholikha, I, Friyatmoko W. K, Utami, E. D. S, Listiyanti. and Widyaningsih, D, “Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Abu Sekam Padi (*Oryza Sativa*) Dengan Variasi Konsentrasi Pengasaman”, *Pelita*, Vol. 5, No. 2, pp. 1–13, 2010.
- [17] You, Z, Mills, J, Justin, Foley, M, Roy, S, Gregory, Odegard, M, Dai, Q. and Goh, S. W, “Nanoclay-modified asphalt materials: Preparation and characterization,” *Construction. Building and Material*, Vol. 25, No. 2, pp. 1072–1078, Juli, 2011.
- [18] Ardinaswari, D. W, Josalina, Sembiring, S. and Haritsah, H

- “Karakteristik Termal dan Fungsionalitas Komposit Silika Sekam Padi dengan Aspal”, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 8, No. 1, pp. 101–110, Januari, 2020.
- [19] Fahmi, H and Nurfalah, A. L, “Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu SekamPadi,” *Jurnal Iptek Terapan*, Vol. 10, No. 3, pp. 176–182, Juni, 2016.
- [20] Wardhani, G A P K, “Karakterisasi Silika Pada Tongkol Jagung Dengan Spektroskopi Infra Merah Dan Difraksi Sinar-X”, *Jurnal Kimia Riset*. Vol. 2, No. 1, pp. 37–42, Juni, 2017.

