

SINTESIS KOMPOSIT FIBER-SILIKA DARI ABU SEKAM PADI DAN PULP DENGAN METANOL

Aulia Azra Muhammad^{1)*} , Devira Andyna Venisia²⁾, Retno Dewati³⁾.

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur
60294, Indonesia (031) 8706369

*Aulia Azra Muhammad: E-mail : azramhmd@gmail.com

Abstrak

Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing – masing bahan berbeda atau sama lainnya. Saat ini banyak dikembangkan komposit berbasis serat alami sebagai pengganti serat sintesis, salah satunya adalah Komposit Fiber-Silika yang berasal dari proses sintesis pulp dengan abu sekam padi dengan adanya penambahan asam pada proses asidifikasi. dipilih sumber silika dari abu sekam padi karena sumbernya yang berlimpah, mudah diperoleh, dan dapat meningkatkan daya guna dari limbah pertanian. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sintesis silika-selulosa dari sodium silika dan pulp dengan pengaruh metanol yang berfungsi untuk meregenerasi selulosa sehingga membentuk fiber. Proses yang digunakan adalah proses ekstraksi. Abu sekam padi di ekstraksi dengan larutan natrium hidroksida, kemudian dicampur dengan larutan pulp. Dari hasil penelitian yang didapat, komposit Fiber-Silika dapat dibuat menggunakan fiber selulose dari silika dan pulp dengan metanol. Pencampuran pulp dengan metanol mampu meregenerasi selulose dan membentuk presipitat fiber selulose. Kemudian, berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, kadar silika terbesar terdapat pada pulp 0,3 gram pH 6 dengan kandungan sebesar 97,6 %.

Kata kunci: ekstraksi., Fiber-Silika ; komposisi

SYNTHESIS OF FIBER-SILICA COMPOSITE FROM RICE HUSK ASH AND PULP WITH METHANOL

Abstract

Composite is a new type of material made from two or more materials in which the properties of each material are different. Now many natural fiber-based composites have been developed as substitutes for synthetic fibers, one of them is Fiber-Silica Composites originating from the process of pulp synthesis with rice husk ash with the addition of acid in the acidification process. This research was conducted to develop the synthesis of silica-cellulose from sodium silika and pulp with the influence of methanol which functions to regenerate cellulose to form fibers. The process used the extraction process. Rice husk ash was extracted with sodium hydroxide solution, then mixed with pulp solution. From the research results obtained, Fiber-Silica composites can be made using cellulose fiber from silika and pulp with methanol. Mixing the pulp with methanol can regenerate cellulose and form precipitates of cellulose fiber. Then based on the results of the analysis, the highest silica content was found in pulp 0.3 gram pH 6 with a content of 97.6%.

Key words: Fiber-Silica composite ; extraction.

PENDAHULUAN

Pada era modern ini, material komposit berkembang sangat pesat. Baik pada industri kecil, menengah, ataupun skala besar. Hal ini karena sifatnya yang kuat, ringan, dan tahan korosi. Selain itu, pembuatan material komposit yang sederhana

dan ekonomis serta dapat diatur sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Faktor inilah yang mendorong material ini terus berkembang. Pengertian komposit menurut (Kroschwitz, 1986) adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabung. Kemudian (Rijswijk and Brouwer, 2001) dalam bukunya

Natural Fibre Composites menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Dengan adanya perbedaan dari material penyusunannya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat. Sintesis komposit berbahan dasar limbah telah banyak dikembangkan dengan berbagai macam metode dan beragam aplikasi. Keberadaan selulosa dan silika di dalam abu sekam padi dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk mensintesa suatu material komposit. Penelitian dalam bidang sintesis komposit fiber silika dari pulp dan geothermal sludge juga telah dilakukan sebelumnya. Namun pada penelitian tersebut didapatkan bahwa partikel silika belum terdispersi secara merata dalam permukaan fiber selulosa. Kemudian (Of et al., 2019) meneliti pembuatan Komposit Fiber-Silika dengan memanfaatkan material dari serbuk kayu, material nanokomposit dari tanah liat, material nanokomposit dari sampah kering dan material nanokomposit dari koran bekas. Menurut (Praneta, 2012) dengan memanfaatkan limbah pohon aren dengan ijuk (serat alami) sebagai pengganti serat sintetis diharapkan akan mengurangi pencemaran terhadap lingkungan serta dapat meningkatkan nilai dari limbah tersebut dan produk yang akan dihasilkan akan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Serat sintetis yang biasa digunakan dalam pembuatan aksesoris memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

Silika terdapat dalam mineral seperti kaolin, zeolit, kristobalit dan kuarsa. Bahkan silika juga dapat dijumpai dalam bahan limbah dengan kandungan yang besar, seperti dalam limbah pertanian abu sekam padi (Handayani, Nurjanah and Rengga, 2014), limbah geothermal sludge (Muljani, Wahyudi and Sumada, 2018), dan limbah abu bagasse (Sumada, S and L, 2017). Silika dari sumber limbah tersebut dapat diaplikasikan lebih lanjut dengan fungsi yang beragam seperti sebagai bahan untuk sintesis material komposit (Muljani, Wahyudi and Sumada, 2018). Nilai paling umum kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi adalah 94-96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah. Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar (500-600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan berbagai proses kimia. (Prasetyoko, 2001). Pada proses pembakaran akibat panas yang terjadi akan menghasilkan perubahan struktur silika yang berpengaruh pada dua hal, yaitu tingkat aktivitas pozolan dan kehalusan butiran abu. Pada tahap awal pembakaran abu sekam padi menjadi kehilangan berat pada suhu 100°C, pada saat itulah hilangnya sejumlah zat dari sekam padi tersebut. Pada suhu 300°C, zat-zat yang mudah menguap mulai terbakar dan memperbesar kehilangan berat.

Kehilangan berat terbesar terjadi pada suhu antara 400-500°C, pada tahap ini pula terbentuk oksida karbon. Di atas suhu 600°C ditemukan beberapa formasi quartz. Jika temperatur ditambah, maka sekam berubah menjadi kristal silika. (Fuadi, Sumarni and Katiman, 2019)

Dalam penelitian ini dipilih sumber silika dari abu sekam padi karena sumbernya yang berlimpah, mudah diperoleh, dan dapat meningkatkan daya guna dari limbah pertanian. Selain didukung oleh jumlah yang melimpah, silika sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah, yakni dengan cara ekstraksi alkalis (Kalapathy, Proctor and Shultz, 2001). Selain itu, sekam padi merupakan satu sumber penghasil silika terbesar karena mengandung silika sebanyak 87%-97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna (Hassan, 2017). Pengambilan silika dari abu sekam padi menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut NaOH.

Dalam penelitian ini digunakan pelarut methanol dengan tujuan agar pulp dapat membentuk fiber. Pulp yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. Menurut (Jia et al., 2011), ketika selulosa dicampurkan ke methanol maka selulose akan terpresipitasi dan membentuk fiber. Setelah terbentuk fiber pada selulosa, maka ditambahkan NaSiO_2 yang telah diekstraksi dari abu sekam padi, sehingga material komposit Selulosa-silika akan terbentuk dikarenakan silika akan menutup fiber pada selulosa. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sintesis silika-selulosa dari sodium silika dan pulp dengan pengaruh methanol yang berfungsi untuk meregenerasi selulosa sehingga membentuk fiber. Dalam hal ini dilakukan kondisi peubah berupa konsentrasi selulosa yang diharapkan untuk mengetahui waktu pembentukan komposit silika-selulosa yang terbaik serta untuk memaksimalkan silika yang dapat tertanam didalam permukaan fiber selulosa. Selain itu, dilakukan kondisi peubah pH dengan menggunakan larutan asam sitrat yang dilarutkan. Perubahan pH ini dimaksudkan untuk mengetahui luas permukaan dan diameter pori komposit yang terbentuk pada beberapa kisaran pH yang digunakan.

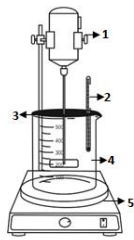
Tujuan dari penelitian ini yaitu pertama untuk membuat komposit Fiber-Silika dari abu sekam padi dan pulp dengan metanol. Kedua, untuk mengetahui pengaruh pH, silika, konsentrasi selulose dan penambahan methanol pada pembuatan komposit Fiber-Silika.

METODE PENELITIAN

Bahan

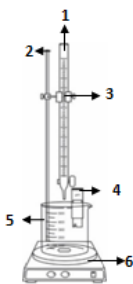
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah natrium hidroksida, sekam padi, pulp, asam sitrat, metanol dan aquadest.

Alat



- Keterangan :
1. Motor Pengaduk
 2. Thermometer
 3. Tutup
 4. Beaker Glass
 5. Hot Plate / Kompor listrik

Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi



- Keterangan :
1. Buret
 2. Statif
 3. Klem
 4. pH meter
 5. Beaker glass
 6. Magnetic Stirrer

Gambar 2. Rangkaian Pencampuran Na_2SiO_3 dengan Asam Sitrat

Prosedur

1. Persiapan Alat

Alat – alat yang akan digunakan dalam penelitian ini harus dibersihkan dengan air terlebih dahulu agar tidak terkontaminasi.

2. Persiapan bahan

a. Pembuatan ekstrak Natrium silikat

Sekam padi yang sudah dikeringkan dibakar pada suhu (500°C - 600°C) untuk memperoleh abu dari sekam padi (Ednor, 2016). Abu sekam seberat 68,57 gram dilarutkan dengan 1 liter NaOH 2 N dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 100°C selama 1 jam di atas heating plate stirer. Memisahkan ekstrak silikat dengan padatnya menggunakan kertas saring. Ekstrak yang didapat (Na_2SiO_3) sebagai bahan baku untuk penelitian ini

b. Pembuatan Larutan Pulp

Pulp yang sudah dikecilkan ukurannya, sesuai variable (0,1;0,2;0,3;0,4;0,5 g) dimasukkan ke dalam beaker glass. Kemudian ditambahkan methanol sebanyak 20 – 50 ml sesuai berat pulp sampai pulp larut. Akan didapat larutan pulp.

3. Sintesis Komposit Fiber-Silika

Ekstrak yang didapat (Na_2SiO_3) diencerkan menggunakan air dengan perbandingan 1:3 (1 untuk larutan Na_2SiO_3 dan 3 untuk air). Kemudian larutan tersebut dicampur dengan larutan pulp.

Penambahan asam sitrat sesuai dengan variable pH (4,5,6,7,8). Kemudian dilakukan proses aging dan biarkan gel atau precipitate terbentuk secara sempurna. Setelah itu lakukan penyaringan untuk mengambil gelnya. Gel yang di dapat, kemudian dicuci dengan air dan dilanjutkan ke proses drying. Proses drying dilakukan dengan bantuan oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Setelah itu hasilnya di analisa menggunakan analisa SEM dan XRF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses sintesis silika adalah proses yang sangat bergantung pada keadaan yang digunakan saat sintesis berlangsung. Adapun faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. pH

Dalam penelitian yang dilakukan (Hassan, 2017), menyatakan bahwa semakin besar pH akan berpengaruh pada waktu aging yang diperlukan. Contohnya pada pH 2 diperlukan waktu aging selama 5 hari dan untuk pH 10 waktu aging selama 12 hari pada berat cmc sama. Selain waktu aging pH juga mempengaruhi luas permukaan dan pori dimana pada pH 2 diperoleh diameter pori sebesar 3.95278 nm dan luas permukaan sebesar 58.389 m^2/g . Sedangkan untuk pH 10 didapatkan diameter pori sebesar 3 nm dan luas permukaan sebesar 19.801 m^2/g .

2. Konsentrasi silika pada sumbernya

Silika dihasilkan dari natrium silikat, konsentrasi sodium silikat memiliki pengaruh yang besar pada sintesis silika gel. Konsentrasi silikat secara signifikan memiliki efek pada luas permukaan dan ukuran partikel, karena nukleasi dan pertumbuhan reaksi partikel silika saat pembuatan silika. Pada konsentrasi silikat yang lebih rendah, luas permukaan silika biasanya meningkat sampai luas permukaan maksimum tercapai. (Liou and Yang, 2011)

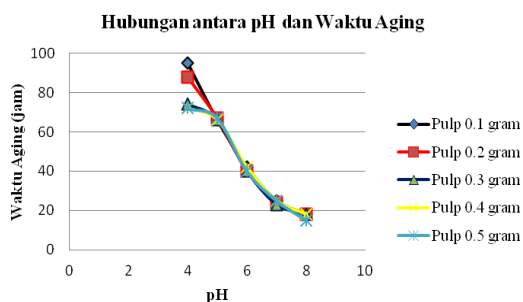
3. Efek konsentrasi selulosa

(Hassan, 2017) dalam penelitiannya melaporkan bahwa semakin besar konsentrasi selulosa yang ditambahkan pada saat sintesis maka akan mempengaruhi waktu pembentukan komposit yang semakin singkat, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya silika yang dapat secara langsung terikat ke dalam permukaan selulosa.

4. Efek penambahan Methanol

Dalam penelitian ini digunakan pelarut methanol dengan tujuan agar pulp dapat membentuk fiber. Pulp mengandung selulosa dan hemiselulosa. Menurut (Lu et al., 2012), ketika selulosa dicampurkan ke methanol maka selulose akan terpresipitasi dan membentuk fiber. Setelah terbentuk fiber pada selulosa, maka ditambahkan NaSiO_2 yang telah diekstraksi dari abu sekam padi, sehingga material komposit Selulosa-silika akan terbentuk dikarenakan silika akan menutup fiber pada selulosa.

Pengaruh Kondisi Terhadap Produk Silika. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pada grafik berikut ini :



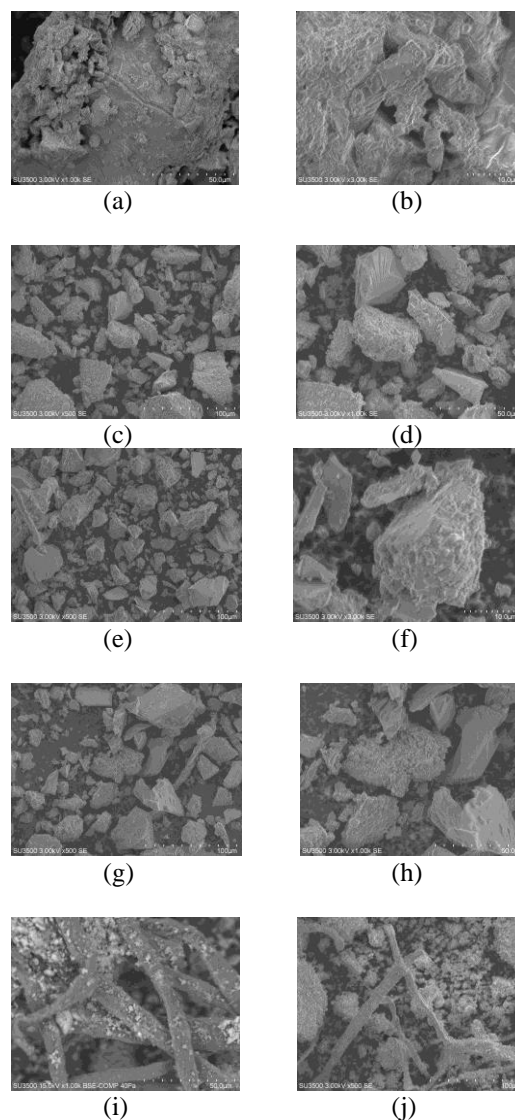
Gambar 2. Pengaruh Penambahan Pulp, Metanol dan Asam Sitrat Terhadap Produk Silika.

Dapat dilihat dari grafik diatas, pada pH tinggi (pH 6,7 dan 8) setelah melalui proses drying komposit yang dihasilkan memiliki struktur yang keras serta cenderung memiliki warna putih kekuningan. Sedangkan pada pH rendah (pH 4 dan 5) setelah melalui proses drying komposit yang dihasilkan memiliki struktur yang tidak terlalu keras serta cenderung memiliki warna putih transparant. Hal ini dikarenakan pada saat proses titrasi, penambahan asam sitrat lebih sedikit pada pH tinggi (pH 6,7 dan 8). Sedangkan penambahan asam sitrat pada pH rendah (pH 4 dan 5) lebih banyak. Sehingga warna produk yang dihasilkan berbeda dan waktu aging yang dibutuhkan pada pH tinggi (pH 6,7 dan 8) lebih sedikit dibandingkan waktu aging yang dibutuhkan pada pH rendah (pH 4 dan 5). Penambahan metanol menyesuaikan dengan variable berat pulp. Ikatan yang kuat oleh Selulose mengakibatkan produk yang dihasilkan bukan berupa lembaran, tetapi berupa gumpalan yang keras dan warna yang dihasilkan tidak putih bersih namun sedikit keruh bahkan kekuningan. Produk fiber silika juga mempunyai kekuatan yang keras dan sulit untuk dihancurkan. Dari sini juga dapat disimpulkan bahwa pencampuran antara pulp dan methanol mampu menghasilkan ikatan fiber – silika yang kuat.

Selulosa (C₆H₁₀O₅)_n adalah polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat, dari β-glukosa. Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur tanaman. Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia dan tidak larut dalam air dan pelarut organik, tetapi larut dalam larutan kuprik hidroksida berammonia, larutan zink klorida, asam hidroklorik. Selulosa tidak memberikan warna biru dengan iodine. Selulosa merupakan struktur dasar sel-sel tanaman, oleh karena itu merupakan bahan alam yang paling penting yang dibuat oleh organisme hidup. Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi

selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pectin, hemiselulosa, dan xilan.

Hasil Analisa SEM



Gambar 3. Hasil Uji SEM Fiber Silika dengan variasi jumlah pulp dan pH yang berbeda.

Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan hasil terbaik pada variable pulp 0,3 gram pH 5, 6, 7 dan 8 dilihat dari kondisi fisik produk. Dimana produk memiliki tekstur yang lebih keras. Maka dari itu, sampel yang dianalisa adalah sampel mengandung pulp 0,3 gram dan pulp 0,5 gram. Gambar diatas merupakan hasil analisa SEM pada produk fiber silika. Gambar (a) perbesaran 1000 kali dan (b) perbesaran 3000 kali dengan pulp sebesar 0,3 gram dan pH 5. Gambar (c) perbesaran 500 kali dan (d) perbesaran 1000 kali dengan pulp sebesar 0,3 gram dan pH 6. Gambar (e) perbesaran 500 kali dan (f) perbesaran 3000 kali dengan pulp sebesar 0,3 gram

dan pH 7. Gambar (g) perbesaran 500 kali dan (h) perbesaran 1000 kali dengan pulp sebesar 0,3 gram dan pH 8. Gambar (i) perbesaran 500 kali dan (j) perbesaran BSE 1000 kali dengan pulp sebesar 0,5 gram dan pH 7.

Hasil analisa SEM pada fiber silika diatas menunjukkan bahwa polimerisasi pembentukan komposit telah terbentuk dengan tertanamnya silika pada permukaan fiber. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh(Oktavian, n.d.) polimerisasi pembentukan komposit masih belum sempurna dikarenakan kondisi fiber selulose dari pulp belum mengikat silika secara teratur yang ditandakan dengan adanya selulose yang berbentuk batang panjang masih terpisah dari silika.

Sedangkan pada percobaan ini selulose dari pulp telah mengikat silika secara lebih teratur yang ditandakan dengan banyaknya silika yang tertanam pada permukaan fiber selulose (gambar j). Hal ini menandakan dengan adanya pulp yang dicampur dengan methanol fiber selulose bekerja dengan baik dalam mengikat silika. Metanol berpengaruh pada proses pengikatan ini, ketika selulosa dicampurkan ke dalam methanol maka selulosa akan terpresipitasi membentuk fiber. Setelah terbentuk fiber pada selulosa, maka ditambahkan NaSiO₂ yang telah diekstraksi dari abu sekam padi, sehingga material komposit Selulosa-silika akan terbentuk dikarenakan silika akan menutup fiber pada selulosa. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang tidak dicampur dengan methanol fiber selulose masih belum maksimal dalam mengikat silika.

Hasil Analisa XRF

Tabel 1. Hasil analisa XRF pada produk fiber – silika dengan pulp 0,3 gram.

| Komponen | pH 6 (pulp 0,3 gr) | pH 5 (pulp 0,5 gr) |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| SiO ₂ | 97,6 | 95,3 |
| K ₂ O | 1,1 | 1,1 |
| CaO | 0,86 | 1,2 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,17 | 0,16 |
| NiO | 0,02 | 0,02 |
| CuO | 0,083 | 0,088 |
| Yb ₂ O ₃ | 0,1 | 0,10 |
| P ₂ O ₅ | 0 | 2,1 |
| ZnO | 0 | 0 |
| Re ₂ O ₇ | 0 | 0 |

Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan hasil terbaik pada variable pulp 0,3 gram pH 6, 7, 8 dan pulp 0,5 gram pH 7 dilihat dari kondisi fisik produk. Dimana produk memiliki tekstur yang lebih keras. Maka dari itu, sampel yang dianalisa adalah sampel mengandung pulp 0,3 gram dan pulp 0,5 gram.

Hasil Analisa produk komposite silika-selulose dengan konsentrasi NaOH 2N dan larutan asam sitrat 1 N dengan rasio pengenceran Natrium

Silika 1:3 menggunakan Analisa XRF menunjukkan produk dengan kandungan Si tertinggi pada penambahan pulp 0,3 gram dengan pH 6 yang memiliki kandungan sebesar 93,6%. Sedangkan kandungan silika terendah ada pada penambahan pulp 0,5 gram dengan pH 7 yang memiliki kandungan sebesar 90,3%.

Pada hasil analisa XRF Oxida, menunjukkan produk dengan kandungan SiO₂ tertinggi pada penambahan pulp 0,3 gram dengan pH 6 memiliki kandungan 97,6% dan kandungan SiO₂ terendah pada penambahan pulp 0,5 gram dengan pH 7 yang memiliki kandungan 95,3%. Dapat disimpulkan kondisi optimum ekstraksi dicapai pada penambahan pulp 0,3 gram dengan pH 6.

SIMPULAN

Komposit fiber silika dapat dibuat dengan menggunakan fiber selulose dari pulp yang dicampur dengan methanol dan silika yang diekstraksi dari abu sekam padi. Pencampuran pulp dengan methanol mampu meregenerasi selulose dan membentuk presipitat fiber selulose. Kadar silika terbesar terdapat pada pulp 0,3 gram pH 6 dengan kandungan sebesar 97,6 %. Semakin banyak kandungan pulp semakin mudah fiber selulose dalam mengikat silika. pH dapat mempengaruhi proses aging dimana semakin rendah pH maka waktu aging semakin lama.

SARAN

Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan, kami memberikan saran berupa penambahan berat pulp pada variabel pembuatan komposit fiber silika. Kemudian perlu ditingkatkannya filtrasi untuk menghilangkan zat pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas produk fiber silika.

DAFTAR PUSTAKA

- Ednor, M., 2016. Kuat Tekan Dan Perubahan Berat Mortar Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi.
- Fuadi, R., Sumarni, S. and Katiman, S., 2019. Analisis Pengaruh Jerami Padi Sebagai Bahan Pengisi Batako Dengan Perekat Lem Kayu Jenis Pvac Ditinjau Dari Berat Isi, Kuat Tekan Dan Daya Serap Air. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 4(2), pp.60–69.
- Handayani, P.A., Nurjanah, E. and Rengga, W.D.P., 2014. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), pp.55–59.
- Hassan, 2017. Sintesis dan karakterisasi nanokomposit cellulose-silica hybrid berbahan abu sekam padi dan cmc (carboxymethyl cellulose). *Jurnal Teknik Kimia*, 1(3), pp.222–231.

- Jia, N., Li, S.M., Ma, M.G., Zhu, J.F. and Sun, R.C., 2011. Synthesis and characterization of cellulose-silica composite fiber in ethanol/water mixed solvents. *BioResources*, 6(2), pp.1186–1195.
- Kalapathy, U., Proctor, A. and Shultz, J., 2001. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Fuel and Energy Abstracts*, 42(1), p.45.
- Kroschwitz, E.J.I., 1986. Concise encyclopedia of polymer science and engineering. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 47(6), pp.1364–1371.
- Liou, T.H. and Yang, C.C., 2011. Synthesis and surface characteristics of nanosilica produced from alkali-extracted rice husk ash. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, [online] 176(7), pp.521–529. Available at: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mseb.2011.01.007>>.
- Lu, J., Li, X., Zhao, J. and Qu, Y., 2012. Enzymatic saccharification and ethanol fermentation of reed pretreated with liquid hot water. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012.
- Muljani, S., Wahyudi, B. and Sumada, K., 2018. Accredited : SK No .: 60 / E / KPT / 2016 Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/> Synthesis of Matrix Si-K-HAs Gel from Geothermal Sludge and Peat. 18(2), pp.76–83.
- Of, C., Rubber, N., Husk, R., On, N., Properties, R. and Rubber, O.F., 2019. Komposit karet alam dan nanosilika sekam padi. pp.30–37.
- Oktavian, A., n.d. Sintesis fiber silika komposit dari pulp dan geothermal sludge. (1), pp. 1–6.
- Prangeta, R.S., 2012. Pemanfaatan Limbah Ijuk (Serah Alami) dalam Pembuatan Komposit sebagai Bahan Aksesoris Kendaraan.pdf.
- Prasetyoko, D., 2001. Pengoptimuman Sintesis Zeolit Beta dari pada Silika Abu Sekam Padi Pencirian dan Tindak Balas Pemangkinan Friedel Crafts. 1, pp.7–12.
- Rijswijk, K. Van and Brouwer, W.D., 2001. Application of Natural Fibre Composites in the Development of Rural Societies. (December).
- Sumada, K., S, K.A.P. and L, B.A., 2017. Karakteristik Natrium Silika Dari Geothermal Sludge Dan Abu Bagasse the Study of Silica Characteristics of Geothermal. *Jurnal Teknik Kimia*, 11, pp.60–64.