

Sintesis Nanosilika dari Batu Padas untuk Penurunan Karbon Organik Total Dari Limbah Industri Sawit

Synthesis of Nanosilica from Padas Stone to Reduce The Total Organic Carbon of Palm Oil Waste

Fara Chitra, Anis Shofiyani^{*}, Winda Rahmalia, Rudyansyah, Andi Hairil Alimuddin
Program Studi Pascasarjana Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura
^{*}E-mail: anis.shofiyani@chemistry.untan.ac.id

ABSTRACT

Padas stone is one of the natural mineral containing 67.5% of SiO₂ compounds. In this research, synthesis of nanosilica was carried out by sol-gel method asistanced by 2.45 GHz microwave radiations with low (10%), medium (50%) and high (100%) power at 30 and 60 minutes of contact times. It was analyzed by XRD, BET, FTIR spectrophotometry and SEM. The synthesized silica was then used as absorbent for total organic carbon (TOC) of palm oil waste. The results show that the synthesized silica was a mixture of cristobalite and quartz type minerals according to ICDD No. 00-003-0271 and 01-083-287. The surface area and silicon dioxide contains are 12.174 m²/g and 76.325% for silica without microwave assistance (SiO₂-TPMW); 12.796 m²/g and 86.385% for silica with 30 minutes on 10% microwave assistance (SiO₂ -MW 10A); 12.735 m²/g and 86.254% for silica with 60 minutes on 10% microwave assistance (MW 10B); 13.659 m²/g and 87.211% for MW 50A; 13.583 m²/g and 86.684% for MW 50B; 7.883 m²/g and 57.527% for MW 100A; also 8.752 m²/g and 37.725% for MW 100B, respectively. The use of silica as an absorbent of TOC shows the effectiveness of 62.89% (TPMW); 63.68% (MW 10A); 62.96% (MW 10B); 65.25% (MW 50A); 64.61% (MW 50B); 62.37% (MW 100A) and 61.18% (MW 100B) from the initial TOC of 1520 mg/L.

Keywords: synthesis, nanosilica, padas stone, total organic carbon, oil waste.

PENDAHULUAN

Silika merupakan mineral oksida yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengurangi polutan di lingkungan. Beberapa jenis zat pengotor yang dilaporkan mampu diikat dengan baik oleh silika maupun silika termodifikasi diantaranya adalah logam berat (Tzetskova & Nickolov, 2012 ; Lee *et al*, 2016; Singh, 2017), fenol (Matias *et al*, 2015), zat warna *malachite green* (Kushwaha *et al*, 2010), dan gas CO₂ sisa pembakaran (Zhang *et al*, 2014). Silika juga dilaporkan mempunyai selektivitas dan kapasitas adsorpsi yang tinggi untuk genistein, suatu jenis senyawa bersifat antioksidan yang ditemukan pada sebagian besar kedelai (Zhang *et al*, 2008).

Pemanfaatan silika yang relatif belum banyak dikembangkan adalah sebagai adsorben limbah cair industri kelapa sawit. Limbah cair industri kelapa sawit kaya akan senyawa organik, jika dibuang langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan (Prawiyanto *et al*, 2018).

Metode yang banyak dikembangkan untuk sintesis silika adalah melalui sol-gel (Rahman & Padavetan, 2012; Le *et al*, 2013;

Mourhly *et al*, 2015). Untuk tujuan mendapatkan ukuran partikel atau pori dalam orde mesopori atau nanopartikel, beberapa peneliti menambahkan perlakuan radiasi *microwave*. Kelebihan dari pemanfaatan *microwave* dalam sintesis nanomaterial adalah reaksi berlangsung cepat, bersih, ekonomis, dan bersifat ramah lingkungan jika dibandingkan dengan metode konvensional lainnya (Gaba *et al*, 2011). Paparan energi *microwave* dilaporkan mampu mempengaruhi proses sintesis, meningkatkan laju pembentukan gel, nukleasi kristal tunggal dan pertumbuhan kristal tunggal menuju produk akhir.

Beberapa metode sintesis material dengan memanfaatkan bantuan radiasi *microwave* antara lain pernah dilakukan oleh Punuri *et al* (2012) untuk tujuan sintesis emas dalam ukuran nanopartikel serta Komarneni (2002) untuk sintesis nanopartikel platinum dan perak. Secara khusus, pemanfaatan *microwave* untuk tujuan sintesis nanosilika dilaporkan oleh Zaki *et al* (2012); Lovingood *et al* (2013) dan Srivastava *et al* (2015). Hasil-hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa penggunaan radiasi *microwave* dapat mempengaruhi karakteristik

fisikokimia silika hasil sintesis dalam hal kristalinitas, ukuran partikel, luas permukaan spesifik, volume poriserta ukuran pori material.

Salah satu sumber mineral alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku sintesis silika adalah batu padas. Hal tersebut berkaitan dengan komposisi utama batu padas adalah mengandung hingga 67,5% SiO₂; 25,6% Al₂O₃ serta K₂O dan Fe₂O₃ dalam jumlah kecil (Sukirno *et al*, 2017).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanosilika dari bahan dasar batu padas menggunakan metode sol-gel yang dikombinasikan dengan radiasi *microwave* pada tahap pembentukan inti partikel (nuklesi). Parameter yang akan dikaji yaitu pengaruh penggunaan daya *microwave* (frekuensi 2,45 GHz) rendah (10%), sedang (50%) dan tinggi (100%) dengan waktu kontak masing-masing 30 dan 60 menit. Silika hasil sintesis selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar TOC limbah cair industri kelapa sawit.

METODE

Preparasi Batu Padas

Batu padas dibersihkan dari kotoran yang menempel kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 120 *mesh*. Serbuk batu padas dicuci dengan air panas melalui proses dekantasi untuk menghilangkan pengotor organik dan anorganik yang larut dalam air, kemudian dikeringkan dengan oven pada 105°C selama 6 jam. Serbuk batu padas kering selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 900°C selama 2 jam.

Ekstraksi dan Sintesis Silika dari Batu Padas

Sebanyak 100 g sampel serbuk batu padas hasil kalsinasi direaksikan dengan 250 mL larutan NaOH 4 M. Campuran direfluks pada temperatur 240°C yang disertai pengadukan dengan kecepatan 150 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 120 menit. Hasil refluks disaring, filtrat yang mengandung silika terlarut ditampung. Ke dalam filtrat ditambahkan HCl pekat secara bertahap hingga terbentuk endapan silika. Penambahan HCl dihentikan ketika pH larutan menjadi 7.

Campuran dimasukkan ke dalam *microwave* (Sharp R-22Y(S) frekuensi 2,45 GHz; 390W dengan variasi daya rendah (10%), sedang (50), dan tinggi (100%) masing-masing selama 30 dan 60 menit. Sol yang terbentuk didiamkan selama 12 jam untuk pembentukan dan pematangan gel (*aging*). Endapan dipisahkan dan dicuci dengan akuades mengalir untuk menghilangkan kelebihan asam. Silika hasil sintesis dikeringkan dengan oven pada temperatur 110°C selama 6 jam, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan metode XRD (PANalytical XPERT-PRO), XRF (PANalytical

Epsilon 3), SEM-EDX (JEOL JED-2300), spektrofotometri FTIR (PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00) dan *surface area analysis* (Quantachrome Instruments Version 3.01).

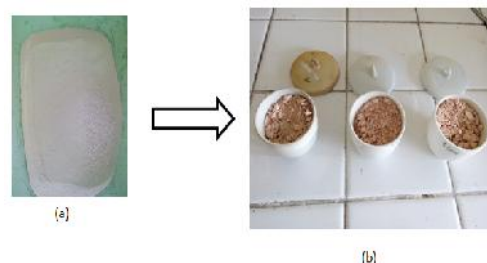
Uji Efektivitas Silika Hasil Sintesis Terhadap Adsorpsi TOC Limbah Cair Industri Sawit

Uji adsorpsi TOC dilakukan mengacu pada Prawiyanto *et al* (2018). Silika hasil sintesis diinteraksikan dengan limbah cair industri kelapa sawit dengan perbandingan 1 : 10 (b/v). Campuran diaduk menggunakan *horizontal shaker* pada variasi waktu kontak 60, 90 dan 120 menit. Analisis TOC dilakukan mengacu pada metode SNI 06-6989.28-2005 menggunakan TOC *Analyzer* (Shimadzu TOC-L CSH/CSN). Sampel yang akan ditentukan nilai TOC-nya diaspirasikan dalam tabung uji yang dilapisi dengan katalis oksidatif dan dipanaskan pada suhu 680°C dimana seluruh bahan organik akan teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O. Gas yang dihasilkan tersebut dialirkan bersama gas pembawa dan ditentukan nilai karbon total serta karbon anorganiknya. Nilai TOC ditentukan berdasarkan selisih dari nilai karbon total dan karbon anorganik. Kadar TOC yang terukur menggambarkan jumlah senyawa organik yang terkandung dalam sampel uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

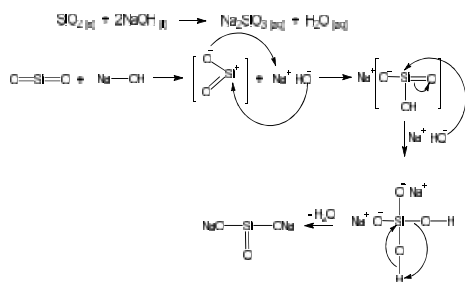
Sintesis Silika dari Batu Padas

Batu padas memiliki ciri fisik berwarna merah keputihan. Padatan terlebih dahulu dihancurkan menjadi serbuk untuk meningkatkan luas permukaan kontak sehingga efektivitas reaksinya dalam proses sintesis silika meningkat. Batu padas selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 900°C sehingga senyawa-senyawa organik terdekomposisi menjadi gas CO₂ dan H₂O. Pada proses kalsinasi, komponen silika pada batu padas mengalami transformasi menjadi struktur amorf (Susetyaningsih *et al*, 2008), yang memudahkannya diubah dalam bentuk natrium silikat sebagai prekursor sintesis silika.



Gambar 1. Serbuk Batu Padas (a) Sebelum Preparasi (b) Setelah Preparasi

Natrium silikat diperoleh melalui metode sol-gel dengan penambahan NaOH sebagai aktivator untuk membentuk garam silikat yang larut dalam air.



Gambar 2. Mekanisme pembentukan natrium silikat

Hasil refluks membentuk dua fasa yaitu endapan padatan berwarna kemerahan dan larutan keruh di bagian atasnya. Tekstur endapan berbentuk lumpur. Endapan lumpur dipisahkan dengan penyaringan sehingga dihasilkan filtrat natrium silikat. Ke dalam larutan natrium silikat (pH 14) ditambahkan HCl pekat sedikit demi sedikit. Penurunan pH mengakibatkan penurunan konsentrasi $-Si-O-$ dan terjadi pembentukan gel yang lambat. Penambahan HCl diteruskan untuk memperoleh pH larutan menjadi 7 dimana proses polimerasi gel menjadi lebih cepat. Pada tahap pembentukan gel ini diintroduksikan perlakuan *microwavedan aging* untuk penataan struktur inti kristal (tahap nukleasi). Menurut Tompsset *et al* (2006), paparan energi *microwave* dapat meningkatkan laju pembentukan gel, pembentukan domain struktural, nukleasi kristal tunggal dan/atau pertumbuhan kristal tunggal ke produk akhir.

Karakterisasi Silika Hasil Sintesis

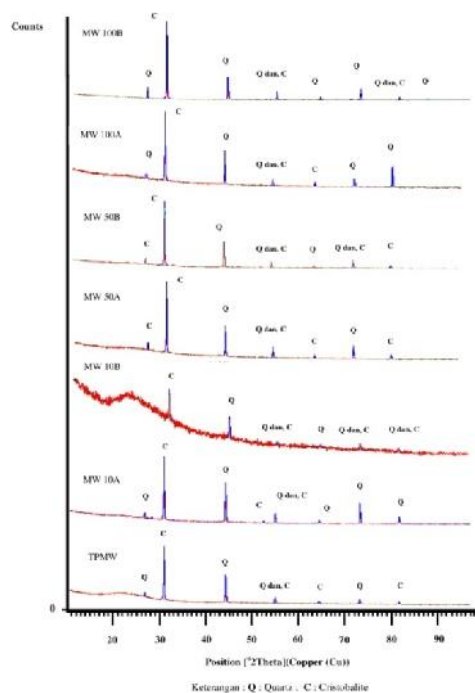
Karakterisasi silika dikarakterisasi dengan metode XRD untuk melihat fase kristalin, XRF untuk mengetahui komposisi unsur, SEM untuk mengetahui morfologi permukaan, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi, SAA untuk mengetahui luas permukaan, volume pori serta ukuran pori nanosilika hasil sintesis.

Gambar 3 merupakan difraktogram silika hasil sintesis dengan variasi daya *microwave* dan waktu *aging*. Analisis XRD dilakukan dengan membandingkan kesesuaian 3 puncak tertinggi hasil analisis dengan standar. Sesuai dengan standar ICDD No. 00-003-0271 dan 01-083-287, silika hasil sintesis diidentifikasi sebagai campuran mineral kristobalit dan kuarsa.

Hasil analisis XRF pada Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi silika dalam batu padas setelah preparasi adalah sebesar 73,702%. Proses *microwave* meningkatkan komposisi SiO_2 masing-masing sebesar 2,623% (TPMW); 12,683% (MW 10A);

12,552% (MW 10B); 13,509% (MW 50A); 12,982% (MW 50B). Pada perlakuan *microwave* daya 100% (MW 100A dan MW 100B), komposisi berat relatif SiO_2 relatif rendah dibandingkan dengan perlakuan daya 10% dan 50% lain. Pada kondisi tersebut juga diperlihatkan komposisi Cl yang relatif tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian klorida dari HCl yang digunakan pada tahap akhir sintesis silika terperangkap dalam padatan dan tidak tercuci secara sempurna sehingga silika hasil sintesis relatif belum bersih dari klorida.

Karakterisasi silika hasil sintesis juga dilakukan dengan analisis SEM untuk mengetahui morfologi permukaan material. Mikrograf silika hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil SEM menunjukkan bahwa silika hasil sintesis tersusun atas partikel-partikel yang sebagian besar masih membentuk aglomerat atau kumpulan-kumpulan partikel dalam blok yang besar.



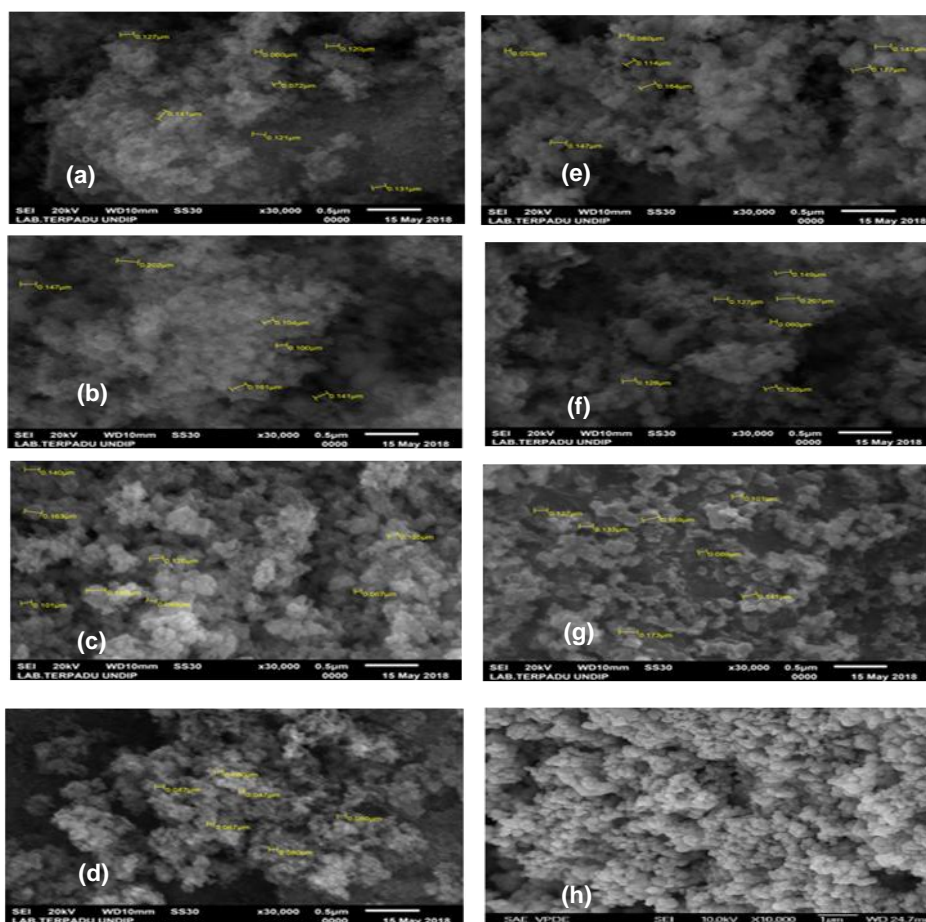
Gambar 3. Difraktogram silika hasil sintesis pada berbagai perlakuan dayamicrowave: a. Kontrol (TPMW); b. 10%, 30 menit (MW 10A); c. 10%, 60 menit (MW 10B); d. 50%, 30 menit (MW 50A); d. 50%, 60 menit (MW 50B); e. 100%, 30 menit (MW 100A); dan f. 100% 60 menit (MW 100B)

Berdasarkan analisis dari hasil SEM (Tabel 2), silika hasil sintesis dapat digolongkan sebagai nanopartikel namun sebagian besar masih berada dalam bentuk aglomerat. Ukuran yang didapat berada pada kisaran 47-207 nm.

Penelitian Han *et al* (2006) pada Gambar 4(c) juga menunjukkan gejala yang sama, yakni terbentuknya nanopartikel, namun dalam bentuk yang mengalami aglomerasi.

Tabel 1. Hasil Analisis XRF Silika Pada Berbagai Perlakuan

UNSUR	SENYA WA OKSIDA	PERSEN BERAT RELATIF (%)								
		Sebelum Preparasi	Setelah Preparasi	TPM W	MW 10A	MW 10B	MW 50A	MW 50B	MW 100A	MW 100B
Al	Al ₂ O ₃	24.165	20.67	16.34 2	3.701	1.715	1.715	1.701	2.071	1.121
Mg	MgO	1.884	2.212	0.274	1.963	1.274	1.274	2.045	2.645	2.645
Si	SiO ₂	65.512	73.702	76.32 5	86.38 5	86.25 4	87.21 1	86.684	57.527	37.725
P	P ₂ O ₅	0.626	0	1.815	1.815	1.415	1.415	1.477	1.57	1.572
Cl	Cl	0	0	5.493	5.341	8.849	6.849	8.513	34.858	53.629



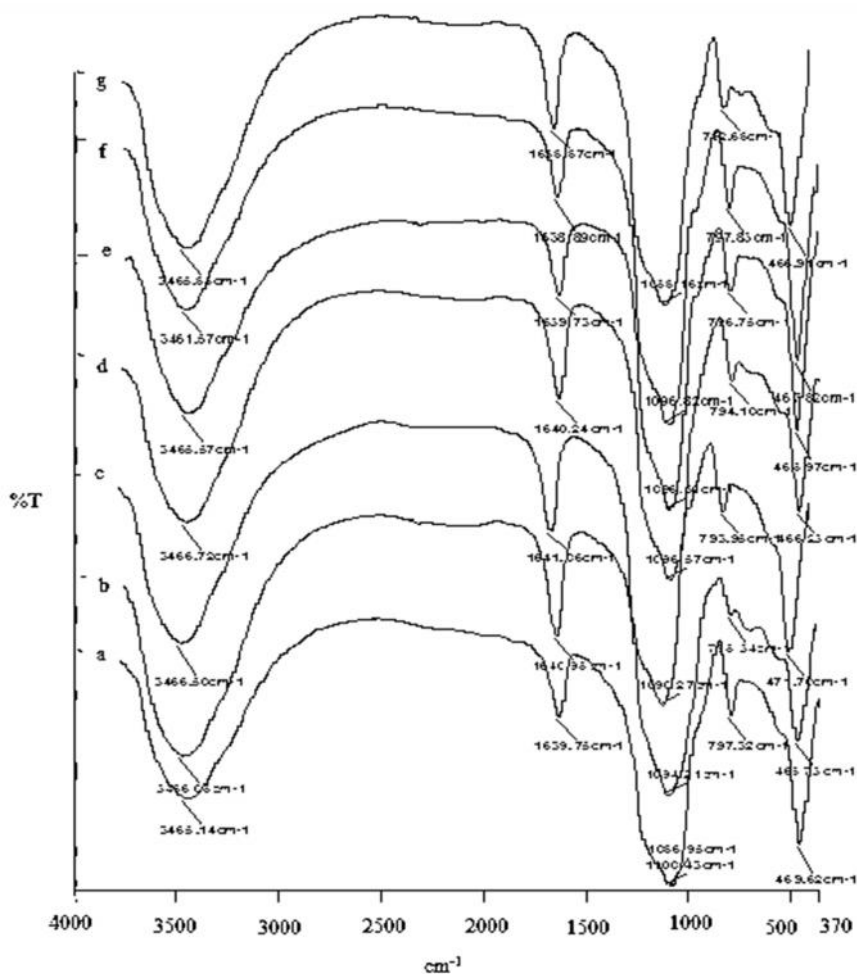
Gambar 4. Mikrograf SEM dari silika hasil sintesis: (a) TPMW, (b) MW10A, (c) MW10B, (d) MW50A, (e) MW 50B (f) MW 100A, (g) MW 100B, (h) Hasil penelitian Han *et al* (2006)

Tabel 2. Kisaran Ukuran Partikel Silika Hasil Sintesis

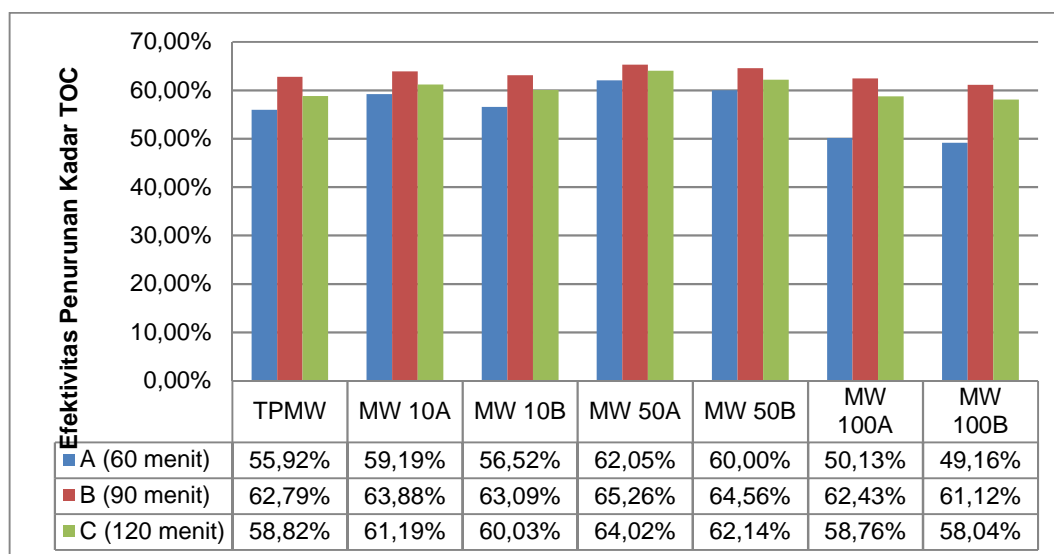
Variasi Perlakuan pada Penelitian	Tanpa Perlakuan Microwave (TPMW)	Dengan Perlakuan Microwave					
		MW 10A	MW 10B	MW 50A	MW 50B	MW 100A	MW 100B
Kisaran Ukuran Partikel (nm)	60 – 141	100 - 202	67 - 163	47 - 80	53 - 177	60 - 207	101 - 173

Tabel 3. Luas Permukaan, Volume dan Ukuran Pori Silika Hasil Sintesis

Parameter	TPMW	MW10A	MW10B	MW50A	MW50B	MW100A	MW100B
Luas Permukaan (m ² /g)	12,174	12,796	12,735	13,659	13,583	7,883	8,752
Volume Pori (cc/g)	0,113	0,141	0,127	0,237	0,156	0,108	0,106
Ukuran Pori ()	15,823	16,305	16,256	17,777	16,590	15,802	15,692



Gambar 5. Spektra FTIR dari silika hasil sintesis: (a) TPMW, (b) MW10A, (c) MW10B, (d) MW50A, (e) MW50B, (f) MW100A, (g) MW100B



Gambar 6. Efektivitas Adsorpsi TOC oleh Nanosilika Hasil Sintesis

Salah satu indikasi perubahan struktur silika menjadi nanosilika ditandai dengan perubahan luas permukaan spesifik dan volume pori dari material, yang dapat ditentukan melalui dengan SAA (*Surface Area Analyzer*). Luas permukaan spesifik ditentukan berdasarkan adsorpsi gas nitrogen pada multilayer silika dengan prinsip isoterm BET (Brunauer-Emmet-Teller), sedangkan distribusi volume dan ukuran pori dianalisis menggunakan isoterm BJH (Barret-Joyner-Halenda). Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis SAA pada Tabel 3, luas permukaan, volume pori dan ukuran pori nanosilika dengan menggunakan daya 50% (sedang), lebih besar dibandingkan dengan menggunakan daya 10% (rendah) dan 100% (tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi optimum sintesis nanosilika yaitu dengan menggunakan daya *microwave* sedang (50%). Hasil luas permukaan, volume pori dan ukuran pori tersebut sejalan dengan hasil SEM yang memperlihatkan distribusi ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam pada penggunaan daya *microwave* sedang (50%) dibandingkan dengan penggunaan daya yang lain dan tanpa menggunakan *microwave*. Penggunaan *microwave* mampu mereduksi terjadinya aglomerasi pada proses sintesis material. Proses nukleasi juga dimungkinkan berlangsung lebih cepat sehingga terbentuk partikel dengan ukuran yang relatif lebih kecil dan seragam dibandingkan dengan tanpa perlakuan *microwave* dan dengan *microwave*

pada daya yang lain.

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi karakteristik silika. Spektra FTIR dari nanosilika hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 5. Puncak utama yang berkaitan dengan serapan gugus fungsional silika ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3465 cm^{-1} , merupakan vibrasi ulur gugus -OH yang berasal dari Si-OH dan H_2O ; pita serapan pada 1640 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk -OH dari molekul air yang teradsorpsi di permukaan padatan; pita serapan pada 1100 cm^{-1} dengan intensitas yang tajam menunjukkan vibrasi ulur Si-O dari gugus siloksan atau Si-O-Si (Daifullah *et al*, 2003); pita serapan pada 797 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur simetris dari Si-O ; dan pita serapan pada 470 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk dari Si-O-Si (Trivania *et al*, 2015).

Aplikasi Silika Hasil Sintesis Sebagai Adsorben TOC Limbah Cair Industri Sawit
Limbah cair industri kelapa sawit merupakan kumpulan organik yang berasal dari sisa pengolahan biji kelapa sawit. Sampel pada penelitian ini mengandung karbon organik total sebesar 1520 mg/L . Nanosilika hasil sintesis mampu menurunkan senyawa organik dalam limbah cair kelapa sawit yang terukur melalui karbon organik total.

Waktu kontak optimum adsorpsi tercapai setelah waktu 90menit, yang ditandai dengan penurunan TOC yang lebih tinggi dibandingkan waktu kontak 60 menit. Proses adsorpsi TOC oleh nanosilika selain melibatkan interaksi kimia, diperkirakan juga

melibatkan pori sehingga semakin lama waktu yang diperlukan untuk proses difusi, semakin besar TOC yang berhasil diturunkan hingga kapasitas pori terpenuhi. Efektivitas penurunan kadar TOC limbah cair industri kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil analisis SAA menunjukkan bahwa nanosilika MW 50A memiliki luas permukaan, volume pori dan ukuran pori yang paling besar jika dibandingkan dengan nanosilika hasil sintesis lainnya pada penelitian ini. Semakin besar luas permukaan, volume pori dan ukuran pori, maka dimungkinkan semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair industri kelapa sawit

KESIMPULAN

Sintesis silika dari batu padas dari Ketapang menggunakan metode sol-gel dengan bantuan radiasi *microwave* mampu menghasilkan sifat fisikokimia yang lebih baik dibandingkan tanpa *microwave*. Penggunaan daya sedang (50%) selama 30 menit (MW 50A) menghasilkan karakteristik fisikokimia paling baik yang ditunjukkan melalui kandungan silika paling tinggi (87,42%) dan luas permukaan paling besar (13,659 m²/g) dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam pada kisaran 47-80 nm. Nanosilika hasil sintesis mampu menurunkan kadar TOC limbah sawit hingga 65% dari konsentrasi awal 1520 mg/L pada waktu kontak 90 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Daifullah, AAM, Girgis, BS & Gad, HMH. 2003. Utilization of Agroresidues (Risk Husk) in Small Waste Treatment Plants. *Material Letters*, **57**:1723-1731.
- Gaba, M & Neelima, D. 2011. Microwave Chemistry : General Features and Applications. *Indian Journal of Pharmaceutical Education Research*, **45**(2):175-183.
- Han, R, Zou, W, Zhang, Z, Shi, J & Yang, J. 2006. Removal of Copper(II) and Lead(II) From Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Sand : Characterization and Kinetic Study. *Journal of Hazardous Materials*, **137B**:384-395.
- Komarneni. 2002. Microwave-Polyol Process for Pt and Ag Nanoparticles. *Langmuir*, **18**(15): 5959-5962.
- Kushwaha, AK, Gupta, N Chattopadhyaya, MC. 2010. Enhanced Adsorption of Malachite Green Dye on Chemically Modified Silica Gel. *Journal of Chemical Pharmacy Research*, **2**(6):34-45.
- Le, VH, Thuc, CNH & Thuc, HH. 2013. Synthesis of Silica Nanoparticles From Vietnamese Rice Husk by Sol-Gel Method. *Nanoscale Research Letters*, **8**(1): 58-68.
- Lee, JC, Chen, CH, Cheng, S & Li HY. 2016. Adsorption of Pb(II) and Cu(II) Metal Ions on Functionalized Large-Pore Mesoporous Silica. *International Journal of Environment Science Technology*, **13** : 65-76.
- Liew, YM, Kamarudin, H, Bakri, AMMA, Luqman, M, Nizar, IK & Heah, CY. 2011. Investigating the Possibility of Utilization of Kaolin and the Potential of Metakaolin to Produce Green Cement for Construction Purpose-A Review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **5**(9):441-449.
- Lovingood, DD, Owens JR, Seeber M, Kornev KG & Luzinov I. 2013. Preparation of Silica Nanoparticles Through Microwave-Assisted Acid-Catalysis. *Journal of Visualized Experiments*, 82-88.
- Matias, T, Marques, J, Quina, MJ, Ferreira, LG & Vallante, AJM. 2015. Silica Based Aerogels as Adsorbents For Phenol-Derivative Compound. *Colloid and Surface A : Physicochemical Engineering Aspects*, **480**:260-269.
- Mouhrly, A, Khacani, M, El-Hamidi, A, Kacimi, M, Halim, M & Arsalane, S. 2015. The Synthesis And Characterization of Low-Cost Mesoporous Silica SiO₂ From Local Pumice Rock. *Nanomaterials & Nanotechnology*, **5**(35) : 1-7.
- Prawiyanto, Y, Shofiyani, A & Zaharah, TA. 2018. Synthesis And Characterization of Zeolite Materials From Power Plant Fly Ash. *Asian Journal of Chemistry*, **30**(5) : 993-997.
- Punuri, JB, Sharma, P, Sibyala, S, Tamuli, S & Bora, U. 2012. Piper Betle-Mediated Green Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles. *International Nano Letters*, **2**(18):1-9.
- Rahman, IA & Padavettan, V. 2012. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol Gel : Size-Dependent Properties, Surface Modification and Application in Silica Polymer Nanocomposites: A Review. *Journal of Nanomaterials*, 1-15.
- Reis, EF, Campos, FS, Lage, AP & Leite, LC. 2006. Synthesis and Characterization of

- Poly (Vinyl Alcohol) Hydrogels and Hybrids ForMPB70 Protein Adsorption. *Material Research*, **9**(2):185-191.
- Singh, ACH. 2017. Preparation of Amino-Functionalized Silica Gel Adsorbents For Adsorption of Heavy Metal Ions. *International Journal of Advance in Science, Engineering and Technology*, **5**(3):63-67.
- Srivastava, K, Shringi N, Devra, V& Rani, A. 2015. A Facile Method ForProduction of Amorphous Silica FromPerlite Under Microwave Irradiation.*International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, **4**:18–24.
- Sukirno, E, Shofiyani, A & Nurlina. 2017. Pembuatan Membran Komposit Si/PVA/PEG Berbahan Dasar Silika Batu Padas Singkup untuk Menurunkan Kosentrasi Ion Fosfat dalam Larutan.*Jurnal Kimia Khatulistiwa*,**6**(4):1-9.
- Susetyaningsih, R, Kismolo, E& Basuki, KT. 2008.Pengaruh Penambahan MgO pada Peningkatan Kualitas Lempung Kasongan untuk Imobilisasi Lumpur Limbah Pb Menggunakan Teknologi Keramik..*Seminar Nasional IV, SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 307-315.
- Tompsett, GA, William, CB&Sigfrid, K. 2006.Microwave Synthesis of Nanoporous Materials. *Chem Phys Chem*, **7**:296-319.
- Trivana, L, Sugiarti S & Rohaeti E. 2015.Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dari Sekam Padi.*Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, **7**(2):66-75.
- Tzvetkova, P & Nickolov, R. 2012. Modified and Unmodified Silica Gel Used For Heavy Metal Ions Removal From Aqueous Solutions. *Journal of The University of Chemical Technology & Metalurgy*, **47**(5):498-504.
- Zaki, T, Samy, M &Temraz, MG. 2012. Synthesis and Characterization of Nano-Silica Gel Aged Under Microwave Radiation From White Sandstone, *Journal of Sol-Gel Science Technology*, **64**:224-231.
- Zhang, Y, Zhang, Y & Zhang, H. 2008. Study on Preparation of A Novel Silica Adsorbent and Its Selective Separation Applied of Genistein. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **25**(01):201-206.
- Zhang, W, Liu H, Sun C, Drage TC & Snape CE. 2014. Performance of Polyethyleneimine-Silica Adsorbent For Post-Combustion CO_2 Capture In a Bubbling Fluidized Bed. *Chemical Engineering Journal*, **251**:293-303