

SBA-15 BERBASIS LIMBAH : A Mini Review

SBA-15 BASED WASTE: A Mini Review

Renita Anggun Winanti*, **R.R Dirgarini J.N. Subagyono**, **Noor Hindryawati**
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
Kalimantan Timur 75123, Indonesia
*Email : Renita.renrr@yahoo.com

ABSTRAK

Santa Barbara Acid-15 (SBA-15) merupakan material mesopori yang berpotensi sebagai pengemban katalis dan adsorben. Pembentukan SBA-15 umumnya menggunakan TEOS (*tetraetilortosilikat*) dan TMOS (*tetrametilortosilikat*) sebagai sumber utama silika. Sumber silika alternatif yang mulai dikembangkan pada pembentukan SBA-15 adalah limbah biomassa yang memiliki kadar SiO₂ tinggi. Telah dilakukan *review* tentang karakteristik fisik dan kimia SBA-15 berbasis limbah seperti abu daun bambu petung, abu sekam padi, jerami gandum, abu daun tebu, abu terbang batubara dan tambang tailing, sebagai sumber utama silika. SBA-15 dari berbagai jenis limbah memiliki struktur heksagonal yang memiliki luas permukaan yang tinggi (411 – 955 m²/g), volume pori besar (0,50 – 2,89 cm³/g) dan, diameter pori besar (4,8 – 14,2 nm). Pola XRD SBA-15 berbasis limbah menunjukkan tiga puncak dengan nilai indeks miller 100, 110 dan 200. Morfologi SBA-15 bervariasi seperti struktur *cylindricals*, struktur *fiberlike* dan struktur *rods*. Spektra Inframerah SBA-15 menunjukkan adanya gugus fungsi yaitu Si-OH dan Si-O-Si. SBA-15 dari berbagai jenis limbah memiliki karakteristik fisik dan kimia yang dapat dibandingkan dengan SBA-15 dari TEOS dan TMOS.

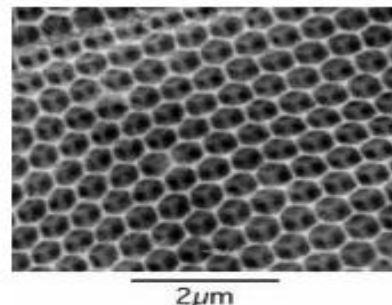
Kata Kunci : SBA-15, limbah, TEOS, TMOS.

PENDAHULUAN

Suatu material berpori seperti material mesopori secara luas diterapkan pada pembuatan katalis. Material mesopori merupakan material yang berukuran diameter pori sebesar 2 - 50 nm [1]. Berbagai bahan mesopori telah banyak di sintesis menggunakan metode *surfactant templating* yang menghasilkan material dengan luas permukaan yang besar, volume pori yang besar, volume mikropori yang cukup substansial [2] dan kestabilan hidrotermal yang tinggi [3].

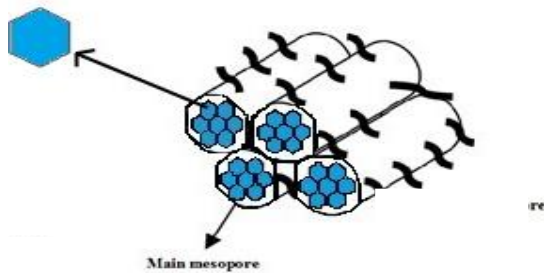
Metode sol-gel yang merupakan proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel). SiO₂ merupakan senyawa yang sering menggunakan metode sol-gel. Senyawa SiO₂ memiliki kestabilan yang tinggi, inert secara kimia, bersifat biokompatibel dan mampu bekerja selaras dengan sistem kerja tubuh [4].

Material mesopori silika pertama kali disintesis pada tahun 1992 oleh peneliti dari Mobil Corporation. Material tersebut diberi nama *Mobil Crystalline of Material* atau disebut juga dengan MCM-41.



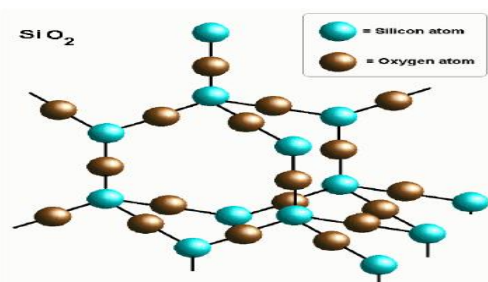
Gambar 1. Struktur MCM-41 [5]

Keberhasilan riset atas keberhasilan MCM-41 membawa minat para peneliti untuk mengembangkan riset di bidang yang sama yaitu riset material mesopori. Ternyata setelah 6 tahun ditemukannya MCM-41 yaitu pada tahun 1998, peneliti dari Universitas California di Santa Barbara, Amerika Serikat, berhasil mendapatkan material mesopori silika yang memiliki karakteristik yang sama dengan MCM-41 yaitu memiliki pori berbentuk heksagonal yang seragam. Material yang diberi nama *Santa Barbara Acid - 15* (SBA-15) dan memiliki diameter pori yang lebih besar dari pada MCM-41.



Gambar 2. Struktur SBA-15 [6].

Silika merupakan senyawa antara silikon dengan oksigen. Ikatan antara silikon dan oksigen membentuk struktur tetrahedron. Silika adalah salah satu bahan anorganik yang memiliki kelebihan sifat yaitu memiliki kestabilan tinggi terhadap pengaruh mekanik, temperatur, dan kondisi keasaman. Titik leleh silika adalah 1610 °C sedangkan titik didihnya 2320 °C [7]. Silika banyak digunakan karena silika mudah ditemukan dan memiliki daya serap yang baik sehingga apabila digunakan dalam proses penurunan akan mendapatkan hasil yang baik pula.



Gambar 3. Struktur Tetrahedron Silika [7].

Dalam artikel review ini dilakukan perbandingan pembentukan SBA-15 yang umumnya menggunakan TEOS (*tetraetilortosilikat*) dan TMOS (*tetrametilortosilikat*) sebagai sumber utama silika [8]. Sumber silika alternatif yang mulai dikembangkan pada pembentukan SBA-15 adalah limbah biomassa seperti abu daun bambu petung sebagai sumber utama penghasil silika yaitu sekitar 58,3 % [9] dan limbah lain seperti abu sekam padi [10], jerami gandum [11], abu daun tebu [12], abu batubara [13] dan tambang tailing [14] yang juga dapat dijadikan SBA-15 karena memiliki kadar SiO₂ yang tinggi.

Berbagai macam metode untuk pembentukan SBA-15 telah banyak dikembangkan seperti metode sol-gel, *surfactant templating*, *post-grafting*, *one-pot condensation*, impregnasi dan *imobilization* [15]. Dalam review ini karakter fisik dan kimia SBA-15 yang

disintesis dari berbagai jenis sumber silika alam telah dikaji. Karakterisasi material SBA-15 menggunakan N₂ Adsorption/Desorption Analysis, Small Angle X-Ray Diffraction (SAXS), X-Ray Diffraction Analysis (XRD), Scanning Microscopy Electron (SEM) dan Transmission Electron Microscopy (TEM), Fourier Transform InfraRed (FTIR).

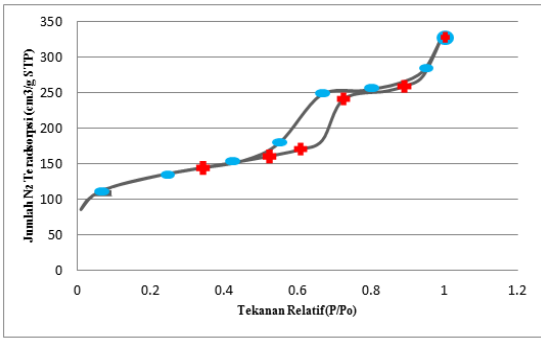
PEMBAHASAN

Perbandingan karakteristik fisik dan kimia SBA-15 dari berbagai jenis limbah dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil kurva *isotherm* N₂ adsorpsi/desorpsi SBA-15 dari berbagai jenis limbah (Gambar 4 – 9). Hasil karakterisasi dari N₂ adsorpsi/desorpsi yaitu adanya perbedaan pada luas permukaan, volume pori dan diameter pori dimana SBA-15 dengan sumber silika dari TEOS dan TMOS memiliki luas permukaan > 700 m²/g dibandingkan SBA-15 dengan sumber silika dari limbah memiliki luas permukaan < 700 m²/g kecuali pada limbah dari abu sekam padi memiliki luas permukaan > 700 m²/g karena memiliki kadar silika tinggi yaitu 99 % [10]. Hasil nilai volume pori juga menunjukkan perbedaan dimana SBA-15 dengan sumber silika dari TEOS dan TMOS memiliki volume pori > 1 cm³/g dibandingkan SBA-15 dengan sumber silika dari limbah memiliki volume pori < 1 cm³/g kecuali limbah dari abu sekam padi dan abu daun tebu memiliki volume pori > 1 cm³/g. Dan hasil diameter pori SBA-15 dengan sumber silika dari TEOS dan TMOS memiliki diameter pori > 7 nm dibandingkan SBA-15 dengan sumber silika dari limbah memiliki diameter pori < 7 nm kecuali limbah dari abu daun tebu yang memiliki diameter pori > 7 nm. Perbedaan hasil SBA-15 dengan sumber silika dari TEOS dan TMOS terhadap hasil SBA-15 dengan sumber silika dari limbah dapat diakibatkan adanya perbedaan struktur silika dari masing – masing sumber silika.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik fisik dan kimia SBA-15 berbasis limbah

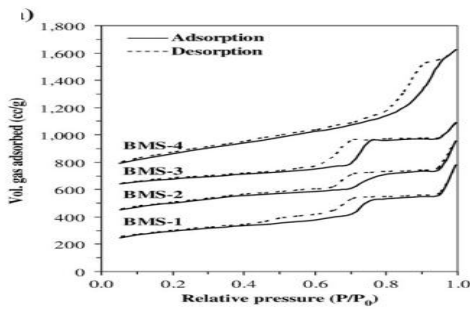
No.	Bahan	N ₂ Adsorption/Desorption			SAXS/XRD	SEM	TEM	FTIR	Referensi
		Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cm ³ /g)	Diameter Pori (nm)					
1.	Daun Bambu Petung	411	0,50	4,8	3 Puncak (100, 110 dan 200)	-	-	Hasil Sintesis Penulis	
2.	Abu Sekam Padi	955	1,60	6,5	3 Puncak (100, 110 dan 200)	Struktur <i>Cylindricals</i>	Struktur Heksagonal	[10]	
3.	Jerami Gandum	817	0,74	4,5	1 Puncak (100)	Struktur <i>Fiberlike</i>	Struktur Heksagonal	[11]	
4.	Abu Daun Tebu	589	2,89	14,2	-	Struktur <i>Rods</i>	Struktur Heksagonal	Gugus Si-OH Gugus Si-O-Si [12]	
5.	Abu Terbang Batubara	483	0,53	5,5	3 Puncak (100, 110 dan 200)	-	Struktur Heksagonal	[13]	
6.	Tambang Tailing	513	0,68	6,5	-	Struktur <i>Cylindricals</i>	Struktur Heksagonal	Gugus Si-O-Si Gugus Si-OH [14]	
7.	TEOS (tetraetilorto-silikat)	779	1,19	7,5	3 Puncak (100, 110 dan 200)	-	Struktur Heksagonal	[2]	
8.	TMOS (tetrametilorto-silikat)	711	1,27	8,0	4 Puncak (100, 110, 200, 210)	Struktur <i>Fiberlike</i>	-	[8]	



Gambar 4. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari Daun Bambu Petung.

Keterangan :

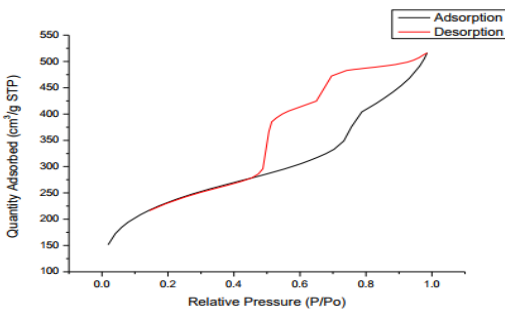
- + : SBA-15 Daun Bambu – Adsorpsi
- : SBA-15 Daun Bambu – Desorpsi



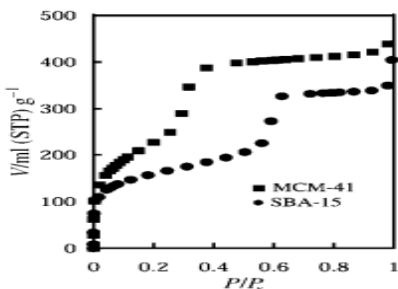
Gambar 5. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari Abu Sekam Padi.

Keterangan :

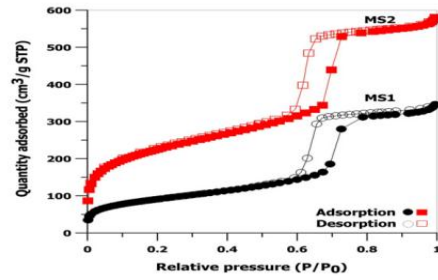
BMS-3 : SBA-15 dari Abu Sekam Padi.



Gambar 6. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari Jerami Gandum.



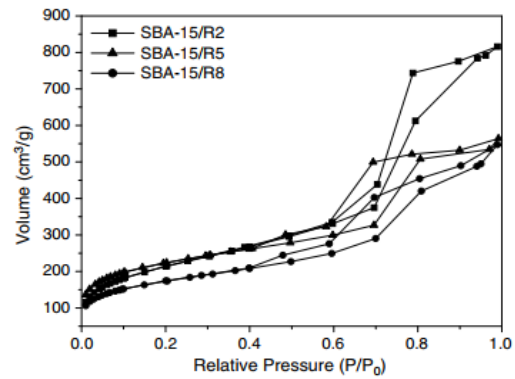
Gambar 7. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari Abu Terbang Batubara



Gambar 8. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari Tambang Tailing

Keterangan :

MS1 : SBA-15 dari Tambang Tailing



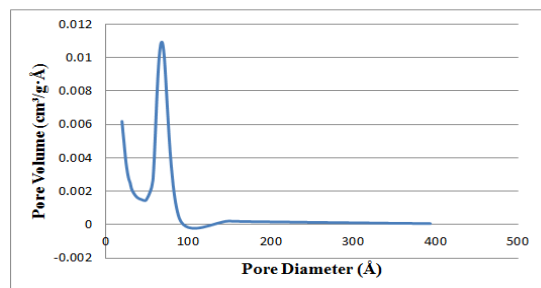
Gambar 9. Kurva *Isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari TEOS

Keterangan :

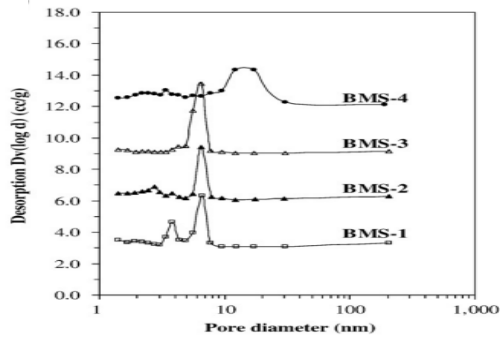
SBA-15/R2 : SBA-15 dari TEOS.

Kurva *isotherm* adsorpsi/desorpsi N₂ SBA-15 dari berbagai jenis sumber silika merupakan *isotherm* tipe 4 yaitu jenis adsorpsi dari padatan berpori mesopori, yang memiliki ukuran pori 2 – 50 nm [1].

Kurva distribusi pori berfungsi untuk menunjukkan seberapa homogen ukuran pori dari material mesopori. Semakin runcing grafik dari distribusi pori maka menunjukkan semakin homogen ukuran pori dari material mesopori. Kurva distribusi pori SBA-15 dari jenis limbah menunjukkan diameter pori rata-rata berada pada rentang 3 – 14 nm [6] (Gambar 10 – 15).



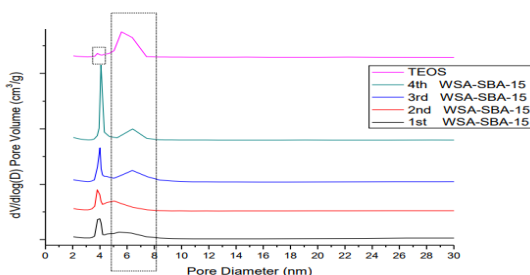
Gambar 10. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari Daun Bambu Petung.



Gambar 11. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari Abu Sekam Padi.

Keterangan :

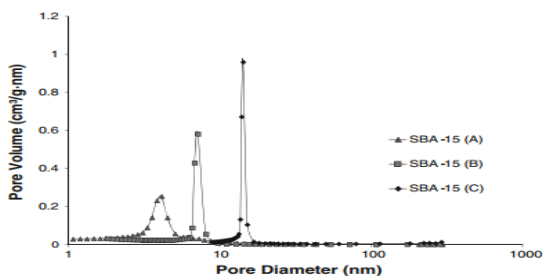
BMS-3 : SBA-15 dari Abu Sekam Padi.



Gambar 12. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari Jerami Gandum.

Keterangan :

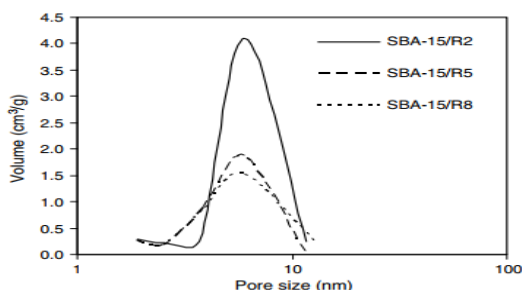
4th WSA-SBA-15: SBA-15 dari Jerami Gandum.



Gambar 13. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari Abu Daun Tebu.

Keterangan :

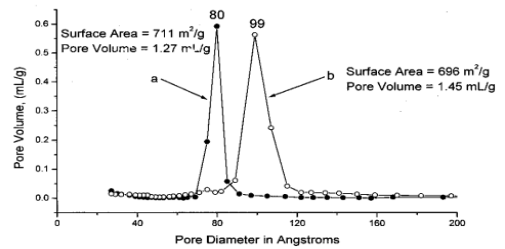
SBA-15 (C) : SBA-15 dari Abu Daun Tebu.



Gambar 14. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari TEOS.

Keterangan :

SBA-15/R2 : SBA-15 dari TEOS.



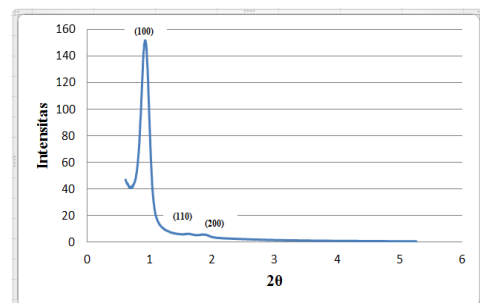
Gambar 15. Kurva Distribusi Pori SBA-15 dari TMOS.

Keterangan :

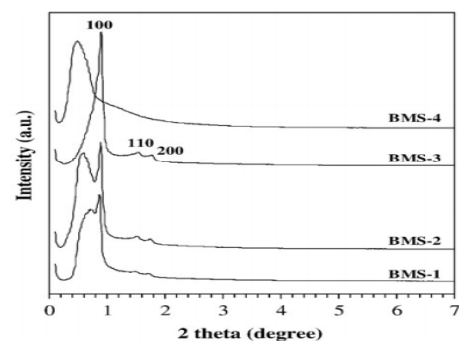
a : SBA-15 dari TMOS.

Analisa dengan SAXS (*Small Angle X-Ray Diffraction*) dan *Low Angle XRD* dapat mendeteksi puncak refleksi pada sudut 2θ antara $0^\circ - 5^\circ$. Munculnya puncak antara $0^\circ - 5^\circ$ menunjukkan bahwa material mesopori yang bersifat amorf [12] dan nilai indeks miller. Pola difraksi SBA-15 dari beberapa jenis sumber silika menunjukkan 3 puncak refleksi yaitu (100), (110) dan (200) yang merupakan karakter grup ruang $p6mm$ bentuk heksagonal 2 dimensi [16] kecuali SBA-15 dengan sumber silika dari TMOS yang memiliki 4 puncak refleksi yaitu (100), (110), (200) dan (210).

Pola SAXS dan XRD dari berbagai jenis sumber silika ditunjukkan pada gambar 16 – 21



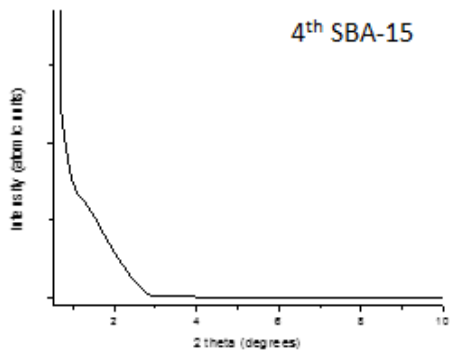
Gambar 16. Pola SAXS SBA-15 dari Abu Daun Bambu Petung.



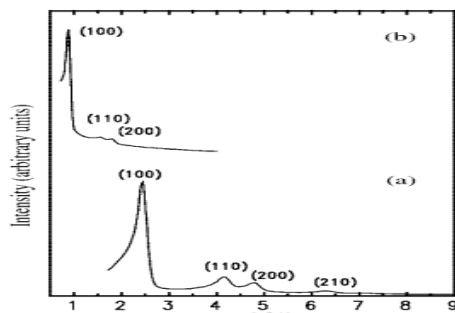
Gambar 17. Pola SAXS SBA-15 dari Abu Sekam Padi.

Keterangan :

BMS-3 : SBA-15 dari Abu Sekam Padi.



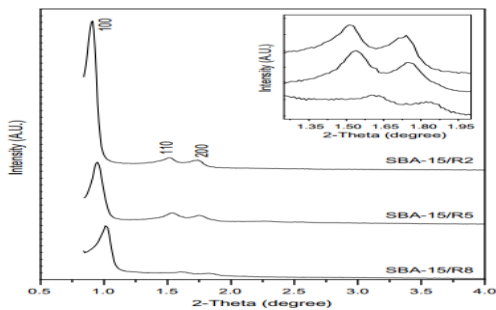
Gambar 18. Pola XRD SBA-15 dari Jerami Gandum.



Gambar 19. Pola XRD SBA-15 dari Abu Terbang Batubara.

Keterangan :

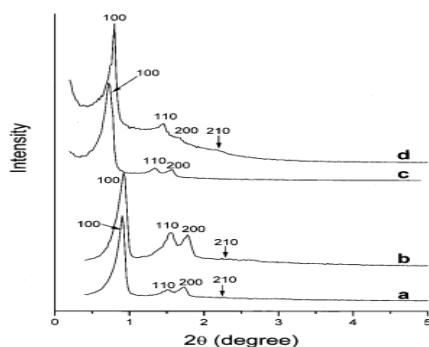
b : SBA-15 dari Abu Terbang Batubara.



Gambar 20. Pola XRD SBA-15 dari TEOS.

Keterangan :

SBA-15/R2 : SBA-15 dari TEOS.

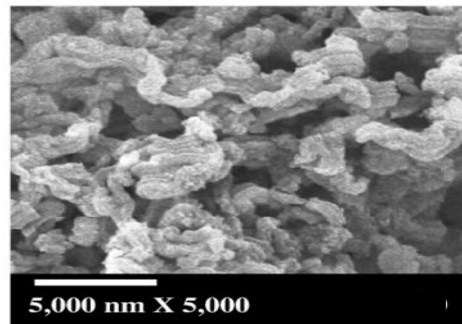


Gambar 21. Pola XRD SBA-15 dari TMOS.

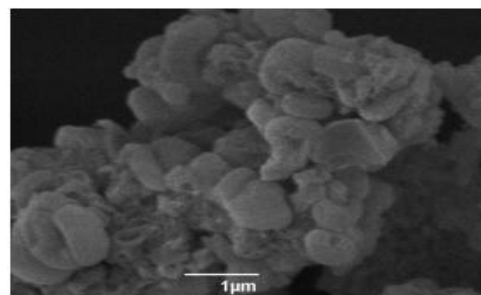
Keterangan :

b : SBA-15 dari TMOS

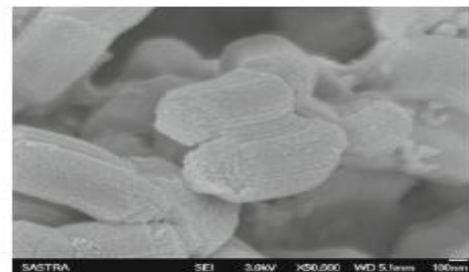
Hasil citra SEM SBA-15 dari berbagai jenis sumber silika dapat dilihat pada gambar 22 – 26.



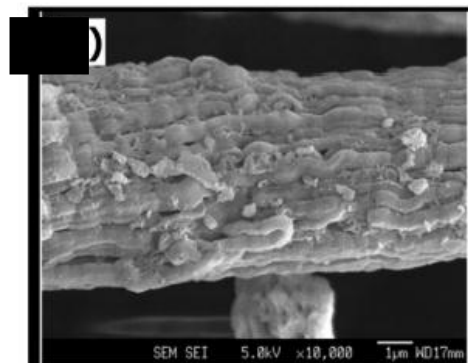
Gambar 22. Citra SEM SBA-15 dari Abu Sekam Padi, Perbesaran 5.000x.



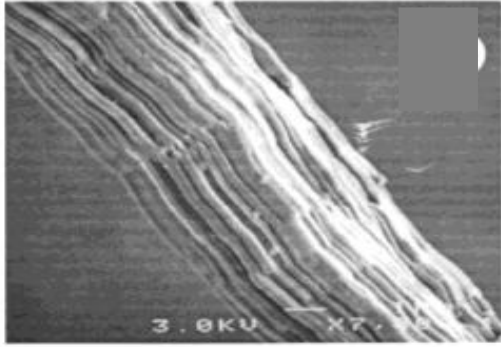
Gambar 23. Citra SEM SBA-15 dari Jerami Gandum, Perbesaran 10.000x.



Gambar 24. Citra SEM SBA-15 dari Abu Daun Tebu, Perbesaran 50.000x.



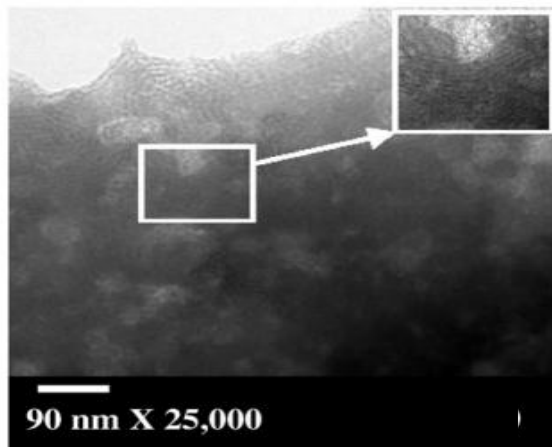
Gambar 25. Citra SEM SBA-15 dari Tambang Tailing, Perbesaran 10.000x.



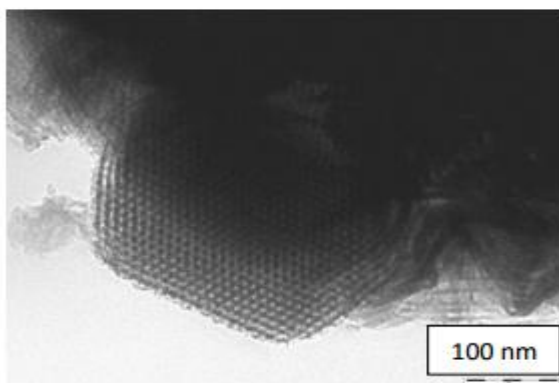
Gambar 26. Citra SEM SBA-15 dari TMOS, Perbesaran 7.000x.

Hasil analisa SEM menunjukkan morfologi SBA-15 dengan sumber silika dari abu sekam padi memiliki struktur *cylindrical*, dari jerami gandum memiliki struktur *fiberlike*, dari abu daun tebu memiliki struktur *rods*, dari tambang tailing memiliki struktur *cylindrical* dan dari TMOS (tetrametilortosilikat) memiliki struktur *fiberlike*.

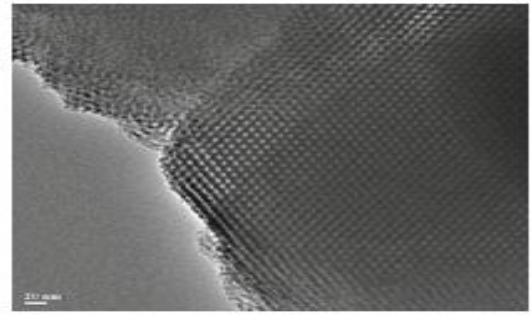
Hasil citra TEM SBA-15 dari berbagai jenis sumber silika dapat dilihat pada gambar 27 – 32.



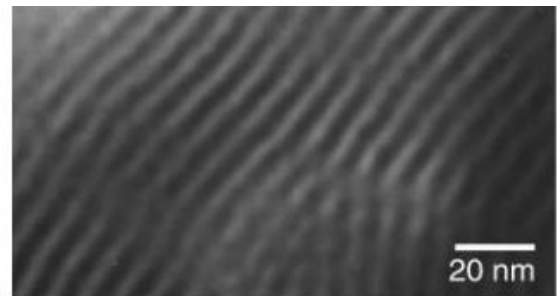
Gambar 27. Citra TEM SBA-15 dari Abu Sekam Padi



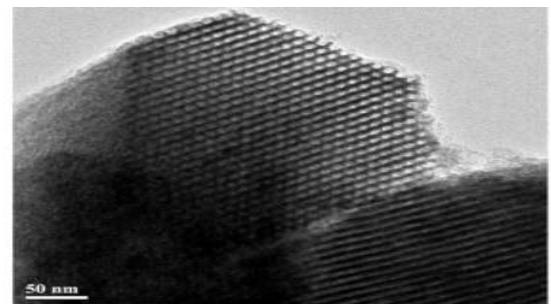
Gambar 28. Citra TEM SBA-15 dari Jerami Gandum



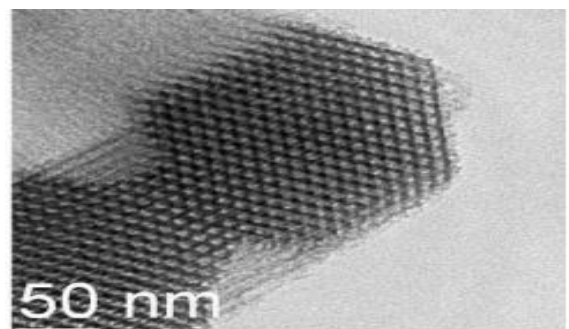
Gambar 29. Citra TEM SBA-15 dari Abu Daun Tebu



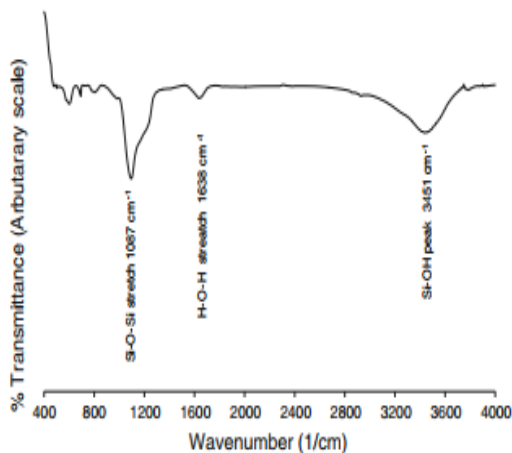
Gambar 30. TEM SBA-15 dari Abu Terbang Batubara



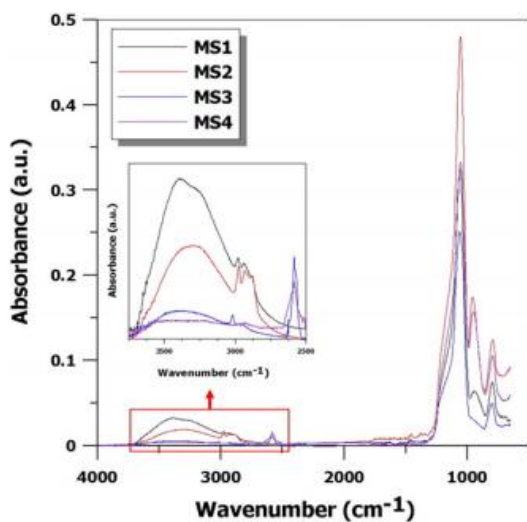
Gambar 31. Citra TEM SBA-15 dari Tambang Tailing



Gambar 32. Citra TEM SBA-15 dari TEOS



Gambar 33. Spektrum FTIR dari Abu Daun Tebu



Gambar 34. Spektrum FTIR dari Tambang Tailing

Keterangan :

MS1 : SBA-15 dari Tambang Tailing

Hasil analisa FTIR (Gambar 33-34) menunjukkan adanya gugus fungsi yaitu Si-OH dengan panjang gelombang $3445 - 3451 \text{ cm}^{-1}$ [17] dan Si-O-Si dengan panjang gelombang $1000 - 1250 \text{ cm}^{-1}$ [18].

KESIMPULAN

SBA-15 dari berbagai jenis limbah memiliki karakteristik fisik dan kimia yang sebanding dengan SBA-15 dari TEOS dan TMOS. Perbedaan yang diobservasi adalah morfologi dan porositas dari SBA-15 dengan berbagai jenis sumber silika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.S Beck., J.C. Vartuli., W. J. Roth., M. E. Leonowicz., C. T. Kresge., K. D. Schmitt. C. T. W. Chu., D. H. Olson., E.W. Sheppard., S. B. McCullen., J. B. Higgins., J. L. Schlenkert. 1992. *A New Family of Mesoporous Molecular Sieves Prepared With Liquid Crystal Templates*. American Society 114 : 10834-10843.
- [2] Calvillo, L., Celorrio, V., Moliner, R., L., Cabot, P., Esparbé, M. I., Lázaro, J. 2008. *Microporous and Mesoporous Materials*. 116, 292.
- [3] P. V. D. Voort., P. I. Ravikovitch., K. P. D. Jong., M. Benjelloun., E. V. Bavel., A. H. Janssen., A. V. Neimark., B. M. Weckhuysen., E. F. Vansant. 2002. *The Journal of Physical Chemistry* : 106, 5873.
- [4] Kurnia, A. W. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel dan Nanotube TiO₂ untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna*. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- [5] Alfuruqi, M. H. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Klorida (HCl) dan Temperatur Perlakuan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Material Mesopori Silika SBA-15*. 5-18.
- [6] Subagyono, D. J. N., Liang, Z., Knowles, G. P., Webley, P. A., Chaffee, A. L. 2011. *PEI modified mesocellular siliceous foam: A novel sorbent for CO₂*. *Energy Procedia*. 4, 839-843.
- [7] N. Islam, Muhammad., N. Ani, F. 2000. *Techno-Economics Of Rice Husk Pyrolysis Conversion With Catalytic Treatment To Produce Liquid Fuel*. *Bioresource Technology* : (No.73, Mei/2000).
- [8] Zhao, Dongyuan., Sun, Jinyu., Li, Quanzhi., D. Stucky, Galen. 2000. *Morphological Control of Highly Ordered Mesoporous Silica SBA-15*. American Chemical Society ; 12, 275-279.
- [9] Priyanto, A., Ilmu, F., Dan, T., Islam, U., Walisongo, N. 2011. *Sintesis dan aplikasi silika dari abu daun bambu petung (Dendrocalamus asper (Schult . f .) Backer ex Heyne) untuk mengurangi kadar ammonium dan nitrat pada limbah cair tahu*. Skripsi. Semarang : Universitas Islam Negeri Walisongo.
- [10] Jullaphan, O., Witoon, T., Chareonpanich, M. 2009. *Synthesis of Mixed - Phase Uniformly in Filtrated SBA-3 Like in SBA-15 Bimodal Mesoporous Silica From Rice Husk Ash*.

- Materials Letters, 63(15), pp.1303–1306. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2009.03.001>.
- [11] Tian, G. 2015. *Renewable Materials from Renewable Resources*. University of York, Chemistry.
- [12] Ponnusami, A.A. V, Lipase, M.Á., Calophyllum, Á. 2013. *Synthesis of SBA-15 from Low Cost Silica Precursor Obtained from Sugarcane Leaf Ash and its Application as a Support Matrix for Lipase in Biodiesel Production*. School of Chemical and Biotechnology : Sastra University.
- [13] Kumar, Prashant., Mal Nawal. , Oumi, Yasunori., Yamanaa, Kazuo., Sanoc, Tsuneji. 2001. *Mesoporous Materials Prepared using Coal Fly Ash as the Silicon and Aluminium Source*.3285–3290.
- [14] Kim, Seongmin., Han, Yosep., Park, Jayhyun., Park, Jaikoo. 2015. *International Journal of Mineral Processing Adsorption Characteristics of Mesoporous Silica SBA-15 Synthesized from Mine Tailing*. International Journal of Mineral Processing, 140, pp.88–94. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.minpro.2015.04.027>.
- [15] Li, J., L. Wang, T. Qi, Y. Zhou., C. Liu. 2008. *Different N-containing functional groups modified mesoporous adsorbents for Cr(VI) sequestration: Synthesis, characterization and comparison*. Microporous Mesoporous Mat. 110: 442-450.
- [16] Dai, W., Zhou, Y., Li, S., Li, W., Su, W., Sun, Y., Zhou, L. 2006. *Thiophene capture with complex adsorbent SBA-15/Cu(I)*. Ind. Eng. Chem. Res., 45, 7892–7896.
- [17] Lin, J., Siddiqui, J. A., Otten, B. M. 2001. *Surface Modifacion of Inorganic Oxide Particles with Silane Coupling Agent and Organic Dyes*. Polymer Advance Tecnology. 12 : 285-292.
- [18] Silvestein, R. M., Everreet. D. H. W., Haul, R. A. Moscou, L., Pierotti, J. 1985. *Pure of Organic Compound*. New York. J. Willey.