

Karakterisasi zeolite dari ampas tebu yang dihasilkan dari reaktor hidrotermal dan aplikasinya pada penyerapan ion logam Pb^{2+}

Lince Muis*, Aulia Sanova, Hadistya Suryadri

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jambi
email: [*lincemuisismet@yahoo.com](mailto:lincemuisismet@yahoo.com)

Diterima: 9 September 2021/ Disetujui: 31 Desember 2021/ Dipublikasi online: 31 Desember 2021
DOI: <https://doi.org/10.22437/chp.v6i1.14597>

ABSTRAK

Metode pembuatan zeolit yang umum dan banyak digunakan adalah metode alkali hidrotermal. Dalam penelitian ini proses sintesis zeolit dari ampas tebu menggunakan metode alkali hidrotermal pada temperatur 150 °C dan variasi waktu hidrotermal 8 jam, 16 jam dan 24 jam. Zeolit sintesis yang diperoleh dari metode alkali hidrotermal tersebut dikarakterisasi dengan menggunakan Difraksi Sinar-X dan Mikroskop Pemindai Elektron. Hasilnya adalah zeolit sodalit yang dihasilkan dari variasi waktu hidrotermal 8 jam dengan bentuk kristal kubik berukuran kecil saling berikatan membentuk geometri memanjang. Kemampuan adsorpsi dari zeolit sintesis yang dihasilkan diuji dengan menggunakan ion logam Pb^{2+} . Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan adalah 17,5485 mg/g.

Kata kunci: hidrotermal, zeolite, adsorpsi

ABSTRACT

Zeolites are generally prepared using the alkaline hydrothermal method. In this study, the process of synthesizing zeolite from bagasse using the alkaline hydrothermal method at a temperature of 150 °C and a hydrothermal time variation of 8 hours, 16 hours and 24 hours. The synthesized zeolite obtained from the alkaline hydrothermal method was characterized using X-Ray Diffraction and Scanning Electron Microscopy. The result is a sodalite zeolite produced from a hydrothermal time variation of 8 hours in the form of small cubic crystals bonded to each other to form an elongated geometry. The adsorption ability of the synthetic zeolite produced was tested using the metal ion Pb^{2+} . The resulting adsorption capacity is 17.5485 mg/g.

Keywords: hydrothermal, zeolite, adsorption

PENDAHULUAN

Tebu merupakan sumber daya alam yang cukup melimpah di Indonesia umumnya dan di Propinsi Jambi khususnya. Selain sebagai penghasil gula tebu juga menghasilkan limbah dalam proses pengolahannya. Limbah yang dihasilkan salah satunya ampas tebu yang hanya digunakan untuk tambahan bahan pakan ternak. Ampas tebu memiliki kandungan silica dan alumina yang cukup tinggi sehingga bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan zeolite. Berdasarkan

dari hal tersebut maka dilakukan penelitian untuk membuat dan mengkarakterisasi zeolite yang beradala dari ampas tebu. Sintesis dan pengkristalisasi zeolite tersebut dilakukan dalam reaktor hidrotermal. Kemudian zeolite yang dihasilkan akan diaplikasikan pada proses penyerapan ion logam Pb^{2+} . Sehingga diharapkan zeolite tersebut dapat mengurangi pencemaran yang diakibat oleh logam salah satunya ion logam Pb^{2+} . Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel limbah ampas tebu yang kemudian dilakukan proses furnace untuk mendapat abu. Selanjutnya dilakukan sintesis zeolite. Hasil sintesis tersebut akan dilakukan dalam reaktor hidrotermal pada variasi waktu 8 jam, 16 jam dan 24 jam dan suhu 150oC. Zeolite yang dihasilkan akan dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM-EDX. Kemudian akan diaplikasikan pada penyerapan ion logam Pb^{2+} .

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reactor hidrotrmal, furnace, kertas saring, neraca analitik, grinder, pengaduk magnet, XRF, *Scanning Electron Microscopy*, *X-Ray Diffraction*.. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu , NaOH, $Al(OH)_3$ dan aquadest. ban dalam bekas kendaraan bermotor roda dua dengan merk IRC dan Katalis Zeolit.

Preparasi Awal Sampel Ampas Tebu

Silika amorf disintesis dari ampas tebu dengan menggunakan metode dari *Fungaro (2014)*. Mula-mula ampas tebu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 90 °C selama 4 jam kemudian dipotong kecil-kecil setelah itu dilakukan proses penggilingan menggunakan *grinder*, selanjutnya ampas tebu diabukan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 700 °C selama 20 kemudian abu ampas tebu dikarakterisasi dengan menggunakan instrument XRF.

Pembuatan Reaktan Natrium Silikat

Pembuatan larutan Natrium Silikat dilakukan dengan mencampur sebanyak 20 gram abu ampas tebu lalu diletakkan dalam gelas beker dan ditambahkan NaOH sebanyak 50 gram. Dikalsinasi dengan menggunakan *furnace* pada suhu 550 °C selama 1 jam lalu direndam dalam aquades dan didiamkan selama 24 jam kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan diencerkan hingga volumenya 150 ml.

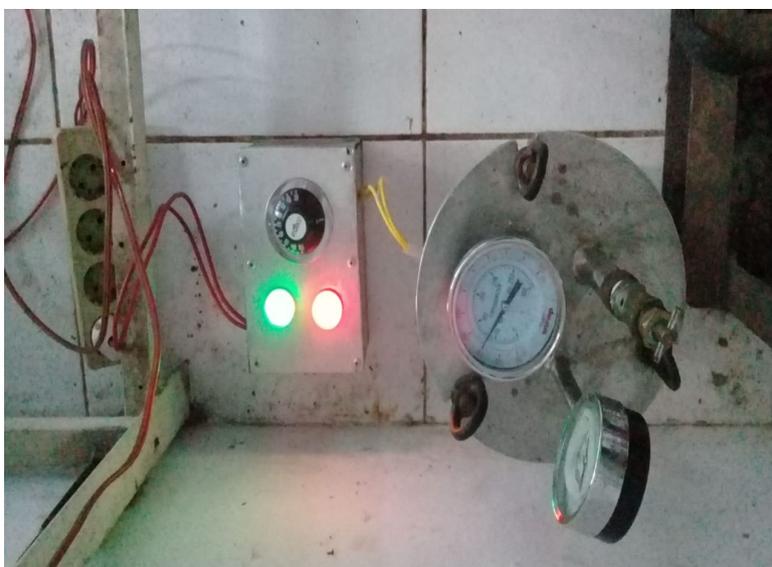
Proses Sintesis Zeolit

Proses sintesis zeolit dilakukan dengan mereaksikan 40 ml natrium silikat dengan 60 ml natrium aluminat disertai pengadukan selama 3 jam. Campuran dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal dan dilakukan proses kristalisasi menggunakan metode alkali hidrotermal pada temperatur 150 °C dengan variasi waktu 8 jam, 16 jam dan 24 jam. Padatan hasil kristalisasi dicuci dengan aquades hingga bening dan padatan dikeringkan pada suhu 90 °C selama 2 jam. Padatan yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM.

Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb²⁺)

Adsorpsi ion logam Timbal (Pb²⁺) dilakukan dengan cara membuat larutan standar dari padatan Timbal Oksida (PbO) dengan konsentrasi 50 ppm dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 0,1 gram zeolit ke dalamnya, setelah itu dilakukan proses adsorpsi. Larutan hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan kemudian dianalisis menggunakan instrumen AAS.

Perancangan Reaktor Hidrotermal



Gambar 1. Perancangan Reaktor Hidrotermal

Analisa Abu Ampas Tebu

Tahap pertama analisa awal sampel abu ampas tebu menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui komposisi senyawa alumina dan silika dari ampas tebu.

Analisa Zeolit Hasil Sintesis

Zeolit yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat bentuk serta struktur kristalinitas dan SEM (*Scanning Electro Microscopy*) untuk melihat morfologi permukaan zeolit yang dihasilkan.

Analisa Zeolit Sebagai Adsorben Ion Logam Timbal (Pb²⁺)

Zeolit yang dihasilkan akan diaplikasikan dalam penyerapan ion logam Pb²⁺ setelah itu dilakukan analisa dengan menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk mengetahui konsentrasi logam yang terserap.

Perhitungan Hasil Adsorpsi Zeolit

Hasil dari proses adsorpsi oleh zeolit pada penyerapan ion logam Pb²⁺ akan dihitung kapasitas adsorpsinya dengan menggunakan persamaan rumus :

$$Q = \left(\frac{C_1 - C_2}{m} \right) \times V$$

Sedangkan persentase adsorpsi (efisiensi adsorpsi) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% E = \left(\frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \right) \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Proksim Proses Sintesis Zeolit Menggunakan Metode Alkali Hidrotermal

Proses sintesis zeolit dilakukan dengan cara mereaksikan larutan Natrium Silikat dengan Natrium Aluminat. Hasil pencampuran larutan ini membentuk gel berwarna putih yang kemudian dilakukan pengadukan selama 3 jam menggunakan pengaduk magnet. Tujuan pengadukan ini adalah untuk menghomogenkan campuran dan mempercepat reaksi antara Natrium Silikat dan Natrium Aluminat karena adanya pengadukan sehingga frekuensi tumbukan molekul-molekul akan terjadi lebih besar dan reaksi akan cepat berlangsung. Alkali hidrotermal atau kristalisasi pada pembentukan zeolit dicapai dengan perubahan struktur aluminat dan silikat dari fase larutan menjadi fase gel kemudian fase padatan. Metode alkali hidrotermal mengikuti Hukum Ostwald yang merupakan transformasi yang terjadi secara berturut-turut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Yelmida et al, 2011) yang mensintesis zeolit dari *Fly Ash* sawit, variasi pengaruh pengadukan terbaik pada diperoleh pada waktu 3 jam

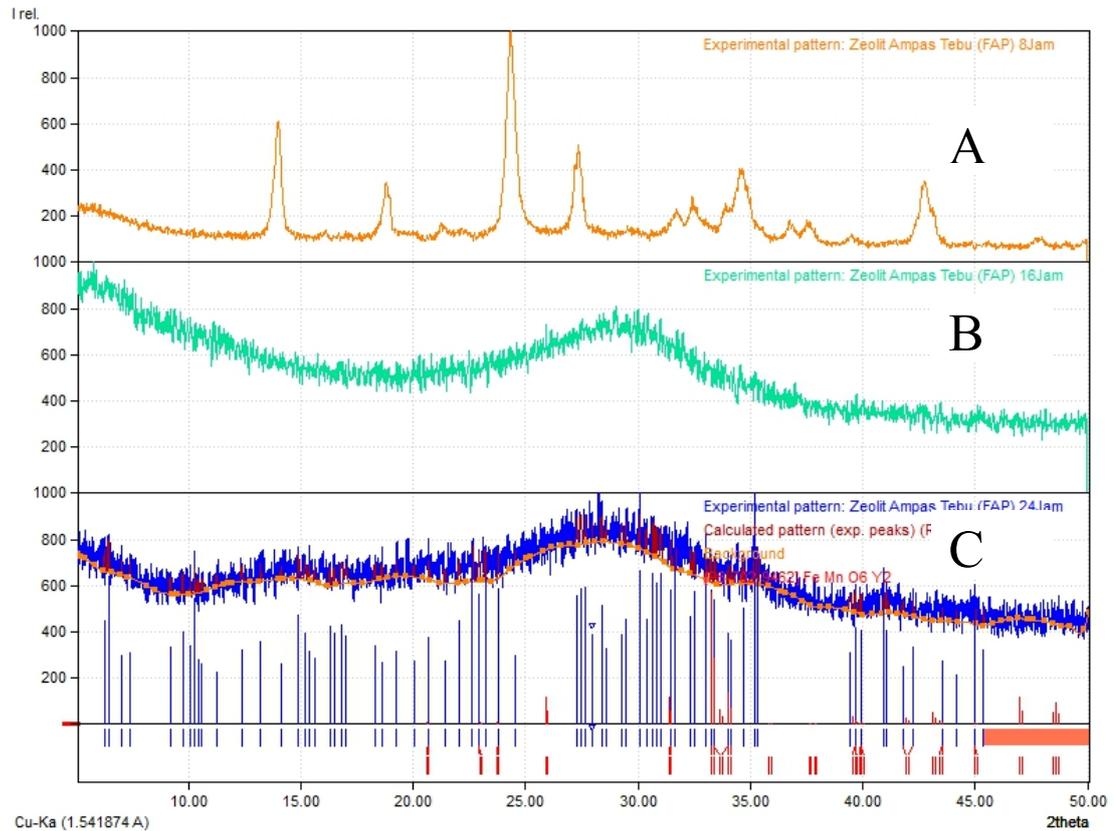
pada suhu ruangan. Pencampuran antara Natrium Silikat dan Natrium Aluminat yang disertai pengadukan akan membentuk gel berwarna putih.

Hasil dari metode alkali hidrotermal dengan variasi waktu 8 jam, 16 jam dan 24 jam berupa padatan. Warna padatan yang terbentuk berbeda-beda berdasarkan variasi temperatur. Untuk waktu 8 jam di peroleh padatan berwarna putih, waktu 16 jam di peroleh padatan berwarna putih kecoklatan dan waktu 24 jam di peroleh padatan berwarna coklat. Padatan-padatan tersebut merupakan zeolit hasil sintesis. Kemudian padatan tersebut dicuci dengan aquades hingga filtrat berwarna jernih. Tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan sisa NaOH yang ada dalam zeolit. Setelah dicuci kemudian padatan dikeringkan pada suhu 80 °C selama 4 jam untuk mengurangi kandungan air yang berada dalam zeolit sintesis sehingga di peroleh padatan kering dengan berat konstan.

Untuk mengidentifikasi zeolit hasil, dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, jenis zeolit dan kristalinitas dan *Scanning Electro Microscope* (SEM) di gunakan untuk melihat bentuk morfologi zeolit sintesis.

Karakterisasi Zeolit

Karakterisasi zeolit dengan sinar-X bertujuan untuk menentukan jenis mineral dan kristalinitasnya. Kristalinitas sampel di lihat dari pola difaktogramnya. Difaktogram yang memiliki pemisahan puncak-puncak yang jelas dan intensitas ketajaman puncaknya tinggi memiliki kristalinitas yang baik. Sifat-sifat, struktur dan komposisi dari padatan hasil sintesis ditentukan dengan difraksi sinar X (XRD) menggunakan JEOL JDX-353. Pola difraksi dialurkan dalam rentang $2\theta = 5-50$. Hasil XRD untuk zeolit pada waktu 8 jam, 16 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4.1. Hasil dicocokkan dengan JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standar*) yang menunjukkan bahwa pada variasi waktu 8 jam, 16 jam dan 24 jam data difraktogram tersebut memberikan pola yang berbeda-beda.

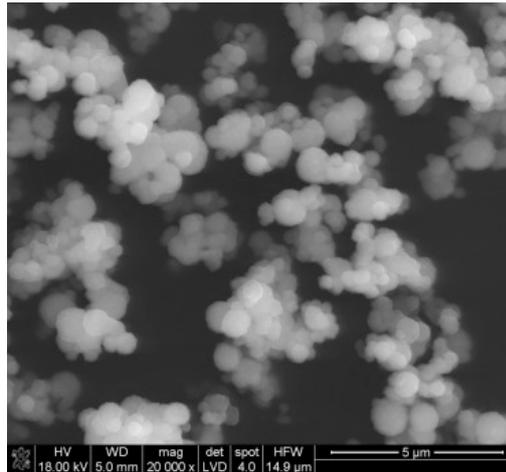


Gambar 2. Hasil XRD untuk zeolit pada waktu (a) 8, (b) 16, dan (c) 24 jam

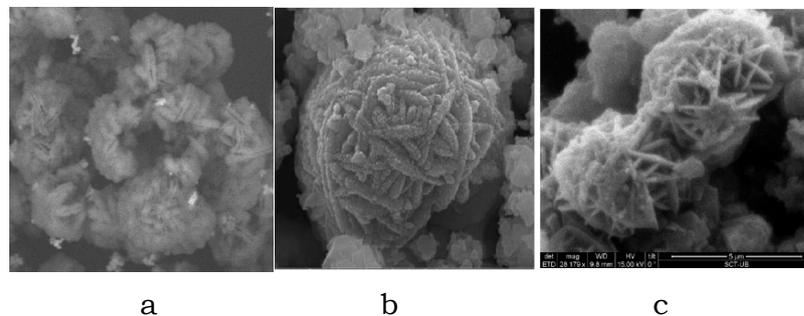
Dari Gambar 2 diketahui bahwa perbedaan waktu hidrotermal memberikan hasil difaktogram berbeda dengan intensitas puncak yang berbeda pula. Perbedaan yang cukup besar terlihat pada pola difaktogram antara 8 jam dengan 16 jam dan 24 jam, yakni pada waktu 8 jam puncak yang muncul cukup banyak dengan pola naik dan turun yang cukup jauh sedangkan pada waktu 16 jam dan 24 jam puncak yang muncul sangat sedikit dan dengan pola naik dan turun yang pendek. Pada waktu 8 jam terdapat 18 puncak (*peak*), 16 jam terdapat 1 puncak dan 24 jam terdapat 2 puncak pada 2θ

Karakterisasi Zeolit dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Analisis menggunakan SEM bertujuan untuk melihat morfologi bentuk partikel pada permukaan. Pada prinsipnya analisis permukaan melibatkan radiasi permukaan dengan sumber energi yang cukup untuk menembus dan menimbulkan emisi dari permukaan berkas energi yang bisa dianalisis. Berikut hasil analisa SEM untuk Sodalit pada waktu 8 jam.



Gambar 3. Hasil SEM Sodalit perbesaran 20,0μm (2500x)



Gambar 4. (a) Sodalit $t = 8$ jam (b) Sodalit (Fajar,2012) dan (c) Sodalit (Daniela et al, 2010)

Dari hasil analisa SEM gambar 4.4 Sodalit memiliki kemiripan bentuk yang sama dengan hasil penelitian (Fajar et al, 2012) gambar 4.5 (a) dan penelitian (Daniela et al, 2010) gambar 4.5 (b). Kristal berbentuk kubus dengan ukuran kecil dan halus serta memanjang yang saling berikatan merupakan bentuk kristal dari Sodalit. Kubus dengan ukuran kecil yang saling berikatan membentuk geometri memanjang lebih dominan jika dibandingkan dengan kubus yang berukuran lebih besar. Dari morfologi hasil SEM memperlihatkan adanya pori-pori yang terbentuk pada setiap kristal Sodalit (Wajima, 2005) yang membuktikan bahwa salah satu sifat atau karakteristik zeolit adalah berpori karena kristal zeolit merupakan kerangka yang terbentuk dari jaring tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 (Lobo et al, 2001). Dari hasil SEM juga memperlihatkan bentuk kristal yang seragam dan tidak terdapat bentuk kristal yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa pada hasil hidrotermal dengan temperatur $150\text{ }^\circ\text{C}$ dan waktu 8 jam adalah kondisi terbaik zeolit terbentuk paling banyak dan tidak ada campuran dari zeolit lain adalah Sodalit.

Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb^{2+})

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999). Proses adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan cara membuat larutan logam dari padatan Timbal Oksida dengan konsentrasi 50 ppm. Setelah itu dimasukkan sebanyak 50 ml ke dalam Erlenmeyer dan dilakukan proses adsorpsi dengan zeolit sebesar 0,1 gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengaduk larutan dengan pengaduk magnet selama 60 menit. Tujuan dilakukannya pengadukan adalah untuk memperluas dan memperlama waktu kontak adsorben yang dalam hal ini adalah zeolite dengan adsorbat yaitu ion logam timbal yang terlarut dalam larutan logam. Setelah diaduk campuran dipisahkan dengan magnet eksternal, campuran disaring dengan kertas saring. Filtrat dianalisis kandungan ion logam Pb^{2+} dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Analisa AAS atau *Atomic Absorption Spectroscopy* dilakukan untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan logam setelah dilakukan proses adsorpsi. Dari hasil analisa AAS didapat konsentrasi akhir larutan logam sebesar 14,903 ppm, angka ini lebih kecil dari konsentrasi awal larutan logam maka dapat dihitung kapasitas adsorpsinya sebesar 17,5485 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 70,194 %. Dengan hasil perhitungan kapasitas adsorpsi sebesar 17,5485 mg/g tersebut maka zeolit sintetis dari ampas tebu dapat diaplikasikan sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} .

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi menggunakan XRD dan SEM menunjukkan pada memiliki kristalinitas paling baik dengan jenis zeolit Sodalit dengan rumus kimia $Na_6[AlO_4SiO_4]_6 \cdot 8H_2O$ dengan struktur kristal kubik. Kapasitas adsorpsi ionlogam Pb^{2+} oleh zeolit sodalit adalah 17,5485 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, S., et al. 2009. *A Facile Method for Production of High Purity Silica Xerogels from Bagasse Ash. Advanced Powder Technology*. 20:468–472 Zeolit.
- Akimkhan, A. M. 2012. *Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite. Lisence in tech*.
- Artati, Enny K., et al. 2010. *Konstanta Kecepatan Reaksi sebagai fungsi Suhu pada Hidrolisa Selulosa dari Ampas Tebu dengan Katalisator Asam Sulfat*. Jurnal Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

- Atkins, P.W. 1990. *Kimia Fisika* Jilid 2 Edisi Keempat. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Atta, A.Y., Jibril, B.Y., Aderemi, B.O., dan Adefila, S.S. 2012. Preparation of Analsim from Local Kaolin and Rice Husk Ash. *Applied Clay Science*, 61, 8-13.
- Azizah, N., Al-Baarii, A, N., dan Mulyani, S. 2012. *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan vol 1 no.2.*
- Barrer, R.M., 1982, *Hydrothermal Chemistry of Zeolite*, Academic Press, New York.
- Bogdanov, B., D. Georgiev., K. Angelova,. and Y. Hristov. 2009. Synthetic Zeolites and Their Industrial and Environmental Applications Review. *International Science conference*. Volume IV Natural & Mathematical science.
- Breck, D.W, 1974. *Zeolite Molecular Sieves*. John Willey Interscience, New York.
- Byrappa, K., Yoshimura, Masahiro., 2001, *Hydrothermal Synthesis and Growth of Zeolites in Handbook Of Hydrothermal Technology, University of Mysore Manasagangotri Mysore, India & Tokyo Institute of Technology Yokohama, Japan.*
- Candra, A., Miryanti, Y.I.P.A., Widjaja, L.B., dan Pramudita, A. 2012, *Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi*. Universitas Katolik. Parahayangan.
- Chang, H.L. dan Shih, W. H., 1998. *A General Methods for the Conversion of Fly Ash Into Zeolite as Ion Exchangers for Cesium*, Ind. Eng. Chem Res., 37 (1), 71-78.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta Universitas Indonesia Press.
- Fungaro, Thais, Marco, dan Nara A. Oliveira. 2014. *Synthesis and Characterization of Zeolitic Material Derived from Sugarcane Straw Ash*. *American Journal of Environmental Protection*. Volume 2 No. 1 : 16 – 21.
- Fungaro, Denise A. dan Thais Vitoria da Silva Reis. 2014. *Use of sugarcane straw ash for zeolite synthesis*. *International Journal of Energy and Environment*. Volume 5 Issue : 5 : 559 - 566.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolite, Synthesis, Characterization and Modification*. *Universiy Technology of Malaysia (UTM)*.Malaysia.
- Hanafi, A. dan Nandang. A. 2010. *Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik*. *Jurnal Kimia Indonesia*. Volume 5 : 35-38. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hernawati dan Indarto, D.N. 2010. *Pabrik Silika dari Ampas Tebu dengan Proses Presipitasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ismaillyah. 2017. *Pembuatan Zeolit Dari Bottom Pofa (Palm Oil Fuel Ash) Dengan Metode Peleburan Hidrotermal*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Jambi : Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Jambi.
- Ju, Y.H., Huynh, L.H., Kasim, N.S., Guo, T.J., Wang, J.H., dan Fazary. A. E. 2011. *Analysis of Soluble and Insoluble Fractions of Alkali and Subcritical Water Treated Sugarcane Bagasse*. *Carbohydrate Polymers*. 83, 591-599.

- Kalapathy, U., Proctor, A., and Shultz, J. 2000. *A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash*. *Biosource Technology*. Vol 73, pp 257-264.
- Kristiyani, Dyah., Eko Budi Susatyo, dan Agung Tri Prasetya. 2012. *Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur*. *Jurnal Kimia Indonesia*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Lobo, Raul F., *Introduction to the Structural Chemistry of Zeolites*, University of Delaware, U.S.A. in Auerbach, Scott M. Carrado, Kathleen A, Dutta, Prabir K (editor)., 2003, *Handbook Of Zeolite Science And Technology*, The Ohio State University Columbus Ohio, U.S.A.
- Mirwan, M. 2005. *Daur Ulang Limbah Hasil Industri Gula (Ampas Tebu / Bagasse) Dengan Proses Karbonisasi Sebagai Arang Aktif*. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 1 (3).
- Milton, Robert M. 1989. *Molecular Sieve Science and Technology in Occelli, Mario L., Robson, Harry E (editor)., Zeolite Synthesis*, Louisiana State University, Washington DC. U.S.A.
- Mockovc̣iakovạ, A., M. Matik., Z. Oroḷnovạ., P. Hudec., and E. Kmecova. 2007. *Structural characteristics of modified natural zeolite*. *J. Porous Mater.* DOI 10.1007 10934-007-9133-3.
- Moises, M. P., Cleiser, T. P. S., Meneguín, J.G., Giroto, E.M., dan Radovanoic, E. 2013. *Synthesis of Zeolit NaA from Sugarcane Bagasse Ash*. *Materials Letters*. 108, 243-246.
- Mortimer, M dan Taylor, P. 2002. *Chemical Kinetics and Mechanism*. Cambridge RSC.
- Mumpton, F. A. 1999. *Uses of natural zeolites in agriculture and industry*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* . Vol. 96, pp. 3463–3470.
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa Oleifera. Lamk) Dengan Nacl Sebagai Bahan Pengaktif*.
- Nwabanne, J.T. & Igbokwe P.K. 2008. *Kinetics And Equilibrium Modeling Of Nickel Adsorption By Cassava Peel*. *J. of Engineering and Applied Sciences*, 3 (11): 829-834.
- Rangminang. 2009. *Adsorption*. <http://www.newworldencyclopedia.org>. Diakses tanggal 4 April 2018.
- Samsuri, M, dkk. 2007. *Pemanfaatan Sellulosa Bagasse untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. Universitas Indonesia. Depok.
- Suardana, I Nyoman. 2008. *Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit Terhadap Ion Kromium (III)*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Humaniora*. Vol.2(1), 17-33.
- Subagjo. 1993. *Zeolit Struktur dan Sifat-sifat*. *Warta Insinyur Kimia* 3, 7.
- Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Jatibarang*. Semarang: Tesis Kesehatan Lingkungan.
- Sutarti, M., dan Rachmawati, M., 1994, *Zeolit*. Tinjauan Literatur, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta.

- Umeda, J. and Kondoh, K. 2008. *High Purity Amorphous Silica Originated in Rice Husks via Carboxylic Acid Leaching Process*. *Journal of Materials Science*. Vol. 43, No. 22. Pp. 7084-7090.
- Verma, D., Gope, P.C., Maheshwari, M.K., dan Sharma, R.K. 2012. *Bagasse Fiber Composites-A Review*. *Journal of Materials and Environmental Science*. 3, 6, 1079-1092.
- Wade, A. & P.J. Weller. 1994 *Handbook of Pharmaceutical Expient, 2nd edition*. *The Pharmaceutical Press, London* : 47-48, 99-103, 229-232, 243-244, 262-263, 310-311, 367-370, 407-408, 411-414, 562-563.
- Wibowo. 1998. *Peningkatan kandungan SiO₂ Abu Ampas Tebu dan Efeknya pada Kuat Desak Beton*. Laporan Studi : Fak. Teknik Uajy. Yogyakarta.
- Xu, R., Pang, W., Yu, J., Huo, Q., Chen, J., 2007. *Chemistry of Zeolites And Related Porous Materials Synthesis and Structure*. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, Singapore.
- Yulianti, Indah Tri. 2017. *Sintesis ZSM-5 (Zeolite Secony Mobile-5) dari Silika Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Metode Steam Assisted Conversion (SAC)*. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung.