

Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Zeolit Sintesis Daun Bambu (*Gigantochloa Atter*) Menggunakan Metode Hidrotermal dan Aplikasinya Terhadap Penyerapan Ion Logam Mn^{2+}

Ulfa Merza^{1*}, Lince Muis², Hadistya Suryadri³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*E-mail: ulfaerman@gmail.com.

Abstrak

Daun bambu merupakan limbah dari tumbuhan bambu yang dapat mencemari lingkungan sehingga perlu dilakukan pemanfaatan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan salah satunya yaitu dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk pembuatan zeolit. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah daun bambu sebagai bahan dasar pembuatan zeolit yang digunakan sebagai adsorben. Metode pembuatan zeolit yang umum dan banyak digunakan adalah metode alkali hidrotermal. Dalam penelitian ini proses sintesis zeolit dari daun bambu menggunakan metode alkali hidrotermal dengan waktu 6 jam dan variasi temperatur hidrotermal 90°C, 120 °C dan 150 °C. Zeolit sintesis yang diperoleh dari metode alkali hidrotermal tersebut dikarakterisasi dengan menggunakan Difraksi Sinar-X. Hasilnya adalah zeolit sodalit yang dihasilkan dari variasi temperatur hidrotermal 150 °C dengan bentuk kristal kubik berukuran kecil saling berikatan membentuk geometri memanjang. Kemampuan adsorpsi dari zeolit sintetis yang dihasilkan diuji dengan menggunakan ion logam Mn^{2+} . Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan adalah 24,92 mg/g dan efisiensi adsorpsi adalah sebesar 99,69%.

Kata kunci: daun bambu, hidrotermal, adsorpsi, zeolit, ion logam Mn^{2+}

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki banyak gunung api mulai dari daerah Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi. Gunung api umumnya menghasilkan batuan vulkanik yang merupakan salah satu kandungan yang telah mengalami *diagenesis* menjadi zeolit sehingga Indonesia berpotensi besar dalam pemanfaatan zeolit.

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat dengan struktur berpori yang memiliki kegunaan luas di bidang adsorpsi, katalisis, dan pertukaran ion (Setiawan dkk., 2021). Karena pemanfaatan zeolit sangat luas terutama zeolit alam sehingga mengakibatkan semakin berkurangnya ketersediaan zeolit, dimana zeolit merupakan material tak terbarukan. Oleh karena itu agar ketersediaan zeolit tetap ada, maka dilakukan sintesis zeolit. Zeolit

dapat disintesis dari material yang memiliki kandungan silika tinggi, salah satu nya yaitu daun bambu. Daun bambu dipilih sebagai bahan baku untuk sintesis zeolit karena daun bambu banyak tersedia di lingkungan sekitar dan belum termanfaatkan secara maksimal.

Tumbuhan bambu biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan untuk membuat kerajinan. Namun, bagian yang dimanfaatkan yaitu bagian batang dan akarnya saja sedangkan untuk daun bambu pada akhirnya akan menjadi limbah yang tidak termanfaatkan. Padahal, kandungan silika yang cukup tinggi berada di abu daun bambu. Menurut (Sa'diyah dkk., 2016) Kandungan silika abu daun bambu yaitu sebesar 75.90 - 82.86%, di mana kandungan silika abu daun bambu ini merupakan yang terbesar kedua setelah abu sekam padi yaitu sebesar 93.2%. Dengan kandungan silika yang tinggi pada daun

bambu dapat dijadikan bahan baku pembuatan zeolit sebagai adsorben pada ion logam Mn^{2+} .

Zeolit dapat disintesis dengan metode hidrotermal. Sintesis hidrotermal memungkinkan kristalisasi multifasa padatan baik fasa amorf maupun kristal. Menurut (Tauanov dkk., 2018), metode ini masih merupakan metode yang paling menjanjikan dan diterapkan secara luas. Penelitian yang telah dilakukan oleh Arnelli dkk (2017) yaitu mensintesis zeolit dari abu sekam padi dan Sugiarti dkk (2017) mensintesis zeolit dari kaolin, dimana masing-masing telah berhasil membuat zeolit Y dan zeolit Na-A. Sintesis zeolit tersebut menggunakan metode hidrotermal pada suhu pemanasan tertentu untuk menyempurnakan pembentukan kristal zeolit (Syaifie dkk., 2019).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan variasi temperatur pada pembuatan zeolit dari daun bambu dengan proses hidrotermal. Zeolit sintesis dari daun bambu akan diaplikasikan untuk penyerapan ion logam Mn^{2+} .

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor hidrotermal, *furnace*, *oven*, kertas saring, neraca analitik, *grinder*, pengaduk magnet, XRF (*X-Ray Fluorescence*), XRD (*X-Ray Diffraction*), AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Adapun Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun bambu, NaOH, $Al(OH)_3$ dan *aquadest*.

2.2. Prosedur Kerja

Penelitian ini diawali dengan melakukan preparasi awal sampel daun bambu, selanjutnya pembuatan natrium silikat, pembuatan reaktan natrium aluminat dan proses sintesis zeolit.

2.3. Preparasi Awal Sampel Daun Bambu

Mula-mula daun bambu dipotong-potong menjadi ukuran kecil, kemudian dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan di dalam oven selama 45 menit dengan temperatur $125^{\circ}C$, kemudian digrinder untuk menghaluskan atau menyamaratakan ukuran daun bambu agar mempermudah proses pengabuan. Proses pengabuan dilakukan pada *furnace* dengan temperatur $600^{\circ}C$ selama 2 jam, kemudian abu dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui senyawa yang terdapat pada abu daun bambu.

2.4. Pembuatan Reaktan Natrium Silikat

Abu daun bambu sebanyak 20 gram diletakkan dalam gelas beaker dan ditambahkan NaOH sebanyak 50 gram. Menurut Pratama (2017), tujuan penggunaan NaOH adalah sebagai sumber kation. Selanjutnya abu daun bambu dan NaOH dikalsinasi dengan menggunakan *furnace* selama 1 jam pada temperatur $550^{\circ}C$, lalu dilakukan perendaman menggunakan aquades dan didiamkan selama 24 jam kemudian difiltrasi. Filtrat yang dihasilkan lalu diencerkan hingga volumenya 150 ml.

2.5. Pembuatan Reaktan Natrium Aluminat

Proses pembuatan reaktan Natrium Aluminat dilakukan dengan melarutkan NaOH sebanyak 30,5 gram kedalam 100 ml aquades lalu dipanaskan dan ditambahkan $Al(OH)_3$ sebanyak 21,65 gram ke dalam larutan NaOH disertai pengadukan. Selanjutnya larutan diencerkan hingga 250 ml.

2.6. Proses Sintesis Zeolit

Pembuatan zeolit sintesis dilakukan dengan mereaksikan Natrium Silikat sebanyak 40 ml dengan Natrium Aluminat sebanyak 60 ml. Proses pencampuran disertai dengan pengadukan selama 3 jam sehingga akan menghasilkan gel yang berwarna putih. Selanjutnya larutan yang telah tercampur dimasukkan kedalam reaktor hidrotermal dan dilakukan proses kristalisasi menggunakan metode alkali hidrotermal selama 6 jam, dengan variasi temperatur 90°C, 120°C, dan 150°C. Hasil dari proses alkali hidrotermal selanjutnya akan difiltrasi menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam gelas beaker lalu dilakukan pencucian menggunakan aquades. Setelah itu padatan dikeringkan di dalam oven selama 4 jam pada temperatur 110°C. Zeolit yang dihasilkan lalu dikarakteristik dengan menggunakan analisa XRD untuk melihat kristalinitas zeolit yang dihasilkan.

2.7. Adsorpsi Ion Logam Mangan (Mn^{2+})

Mula-mula dilakukan pembuatan larutan dari padatan Mangan Oksida (MnO) dengan konsentrasi 50 ppm. Lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass* sebanyak 50 ml dan ditambahkan juga zeolit sebanyak 0,1 gram di dalamnya, setelah itu dilakukan proses adsorpsi. Larutan hasil adsorpsi difiltrasi menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan kemudian dianalisa menggunakan instrumen AAS.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Karakterisasi Abu Daun Bambu

XRF (*X-Ray Fluorescence*) merupakan instrumen analisis sinar X dengan metode non destruktif yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menentukan komposisi senyawa yang terkandung dalam suatu sampel. Hasil XRF dari abu daun bambu dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah.

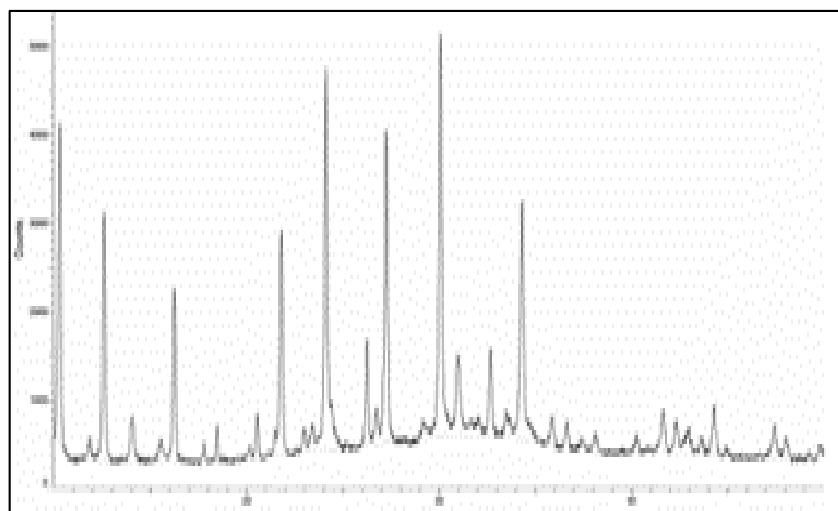
Tabel 1. Kandungan Senyawa Abu Daun Bambu

Senyawa	Berat (%)
Si	79,17
Ca	6,58
K	5,37
Mg	1,23
Al	4,64
Fe	0,99
S	0,27
Mn	0,15
P	0,58
dll	1,02

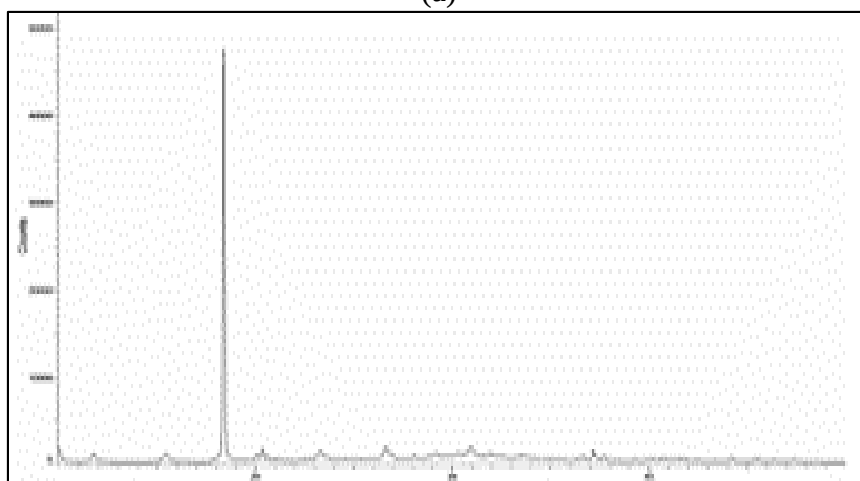
3.2. Karakteristik Zeolit Sintesis Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi zeolit dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk menentukan struktur kristal suatu mineral tertentu. Sifat-sifat, struktur dan komposisi dari padatan hasil sintesis ditentukan dengan difraksi sinar X. Suatu zeolit dapat dikategorikan ke dalam jenis zeolit tertentu apabila memiliki jumlah paling sedikit 3 puncak (*peak*) yang dihasilkan (Syahbanu, 2016). Kristalinitas suatu sampel dapat dilihat dari pola difraktogramnya. Difraktogram yang memiliki pemisahan puncak yang jelas dan intensitas ketajaman puncak yang tinggi memiliki kristalinitas yang baik. Puncak yang dihasilkan pada sudut 2 θ dari zeolit sintesis dengan berbagai variasi temperatur akan dilakukan pencocokan data dengan *International Zeolit Association* (IZA) maka akan terlihat jenis zeolit yang terbentuk.

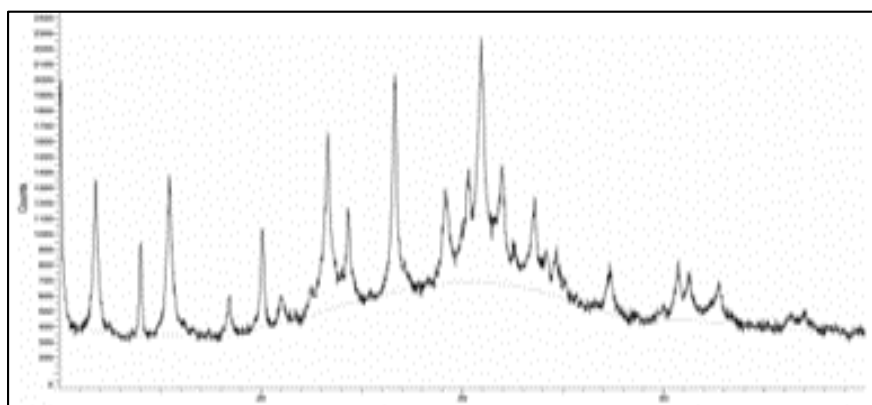
Dari pola difraktogram ZGA/Al-B maka dapat diketahui bahwa ZGA/Al-B3 merupakan temperatur terbaik dalam pembuatan zeolit dari abu daun bambu. Hal ini didasarkan pada bentuk struktur, kristalinitas, dan jumlah intensitas puncak yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Zeolit murni dengan kristalinitas tinggi akan menghasilkan puncak sempit yang sangat jelas (Atkins, 1999).



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Difraktogram Zeolit Sintesis (a) ZGA/Al-B1, (b) ZGA/Al-B2 , (c) ZGA/Al-B3.

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa perbedaan temperatur hidrotermal memberikan hasil difraktogram yang berbeda dengan intensitas puncak yang juga berbeda. Perbedaan yang cukup besar terlihat pada pola difraktogram antara ZGA/Al-B1, ZGA/Al-B2, ZGA/Al-B3, yakni ZGA/Al-B1 puncak yang muncul cukup banyak dengan pola naik dan turun yang cukup jauh, kemudian pada ZGA/Al-B2 puncak yang muncul sangat sedikit dengan pola naik dan turun yang pendek, dan pada ZGA/Al-B3 puncak yang muncul lebih banyak dari pola difraktogram temperatur lain dengan pola naik dan turun yang cukup jauh dan ketajaman puncak yang jelas.

Kristalinitas suatu zeolit dapat dipengaruhi beberapa faktor dimana salah satunya yaitu temperatur. Berdasarkan penelitian Hidayati dan Muasyaroh (2008) menyatakan bahwa temperatur yang terlalu tinggi dengan waktu reaksi yang terlalu lama akan melarutkan fasa zeolit yang terbentuk. Sehingga pada ZGA/Al-B3 tidak terdapat lagi fasa campuran dan hanya terbentuk zeolit Sodalit. Menurut Barrer (1982), adanya pergantian fasa ini dikenal dengan transformasi fasa yaitu fasa yang tidak stabil akan digantikan oleh fasa yang lebih stabil.

Ketidakhadiran puncak difraktogram sodalit pada ZGA/Al-B1 dan ZGA/Al-B2 dapat disebabkan pada saat proses hidrotermal berlangsung dimana penutup reaktor yang kurang rapat sehingga terjadi kebocoran dimana tekanan di dalam reaktor berubah dan air menguap keluar. Akibat dari pengaruh reaktor hidrotermal yang digunakan juga berpengaruh dalam pembentukan zeolit yang disintesis, yaitu tidak konstan tekanan selama sintesis yang mengakibatkan suhu sintesis tidak stabil sehingga berpengaruh dalam tahap pertumbuhan kristal zeolit.

3.3. Kandungan Mineral pada Zeolit

Adapun Tabel dibawah menunjukkan Perbandingan Kandungan Mineral pada ZGA/Al-B1, ZGA/Al-B2, dan ZGA/Al-B3.

Tabel 2. Perbandingan Kandungan Mineral pada ZGA/Al-B1, ZGA/Al-B2, dan ZGA/Al-B3

ZGA/Al-B1	ZGA/Al-B2	ZGA/Al-B3
Al (8,6%)	Al (34,6%)	Ca (4,5%)
Si (18,3%)	O (61,5%)	O (16,2%)
Na (7,5%)	H (3,9%)	Ba (7,7%)
Br (34,3%)		Y (25,0%)
O (31,2%)		Ho (46,5%)

Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat dilihat perbandingan kandungan mineral yang didapatkan pada ZGA/Al-B1, ZGA/Al-B2, dan ZGA/Al-B3, pada ZGA/Al-B1 adapun kandungan mineral yang terkandung yaitu Al (8,6%), Si (18,3%), Na (7,5%), Br (34,3%), dan O (31,2%). Kemudian pada ZGA/Al-B2 kandungan mineral yang terkandung yaitu Al (34,6%), O (61,5%), dan H (3,9%). Pada ZGA/Al-B3 kandungan mineral yang terkandung yaitu Ca (4,5%), O (16,2%), Ba (7,7%), Y (25,0%), dan Ho (46,5%).

3.4. Hasil Karakterisasi Adsorpsi Ion Logam Mn^{2+}

Dari pembahasan karakterisasi zeolit sintesis dan hasil difraktogram XRD, diketahui bahwa ZGA/Al-B3 merupakan temperatur terbaik dalam pembuatan zeolit dengan jenis zeolit sodalit. Hal ini dikarenakan ZGA/Al-B3 memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi dan luas permukaan yang besar sehingga dapat memberikan akses yang baik bagi senyawa yang diadsorpsi ke permukaan adsorben. Setelah mendapatkan jenis zeolit terbaik kemudian dilakukan adsorpsi ion logam untuk menghitung kapasitas dan efisiensi adsorpsinya. Tujuan perhitungan kapasitas dan efisiensi adsorpsi yaitu untuk mengetahui banyaknya adsorbat yang

mampu terakumulasi pada permukaan adsorben. Adapun zeolit yang digunakan untuk adsorpsi adalah ZGA/Al-B3.

Berdasarkan hasil uji menggunakan instrument *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) maka didapatkan hasil akhir konsentrasi ion logam Mn^{2+} yaitu sebesar 0,1524 mg/L, angka ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan dari konsentrasi ion logam awal yaitu sebesar 50 mg/L. Melalui perhitungan kapasitas adsorpsi maka didapatkan bahwa kapasitas adsorpsi zeolit dari daun bambu yaitu sebesar 24,92 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,69%. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit dari daun bambu dapat dijadikan sebagai adsorben pada penyerapan ion logam Mn^{2+} . Sesuai dengan pernyataan Fajar (2019) yang menyatakan bahwa efisiensi penyerapan pada kondisi optimum yang mendekati nilai 100% dinyatakan sebagai adsorben terbaik dan juga berdasarkan SNI 06-6853-2002 yang menyatakan bahwa zeolit dari daun bambu dapat dijadikan adsorben pada penyerapan ion logam Mn^{2+} .

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Hasil karakterisasi menggunakan instrumen XRD menunjukkan bahwa ZGA/Al-B1 menghasilkan zeolit A, ZGA/Al-B2 menghasilkan zeolit Faujasit, dan ZGA/Al-B3 menghasilkan zeolit Sodalit.
2. Kapasitas adsorpsi ion logam Mn^{2+} adalah 24,92 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,69%.

Daftar Pustaka

- Atkins, P.W. (1999) Kimia Fisika Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Alberty, D. F., A. Robert. (1983) Kimia Fisika, Penerjemah Suraida, Jilid Pertama, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga.
- Arnelli, F., Solichah., Alfiansyah., A. Suseno., Y. Astuti. (2017) Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi menggunakan Metode Hidrotermal : Variasi Waktu dan Temperatur. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 20 (2): 58-61.
- Ashmawi, A. M., H. S. Ibrahim., S. M. A. Moniem., T. S. Saleh. (2012) Immobilization of some metals in contaminated sludge by zeolite prepared from local materials. *Journal of Toxicological & Environmental Chemistry*. 94 (9): 1657-1669.
- Hanafi, A., R. Nandang. (2010) Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik. *Jurnal Kimia Indonesia*. 5(1): 35-38.
- Muasyaroh, Dewi. (2008) Pengaruh Suhu Hidrotermal Awal Terhadap Pembentukan Zeolit dari Abu Layang Batubara, Tesis, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mumpton, F. A. (1999) Uses of Natural Previous Zeolites in Agriculture and Industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 96: 3463-3470.
- Oktaviani dan Afdhal. (2015) Pengaruh Temperature Hidrotermal Terhadap Konduktivitas Listrik Zeolit Sintetis Dari Abu Dasar Batubara dengan Metode Alkali Hidrotermal. Universitas Andalas. Padang.
- Precelia, S. C., R. R. D. J. N. Subagyo., C. Saleh. (2018) Sintesis Silika Mesopori Tersulfonasi dari Abu Daun Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*). *Jurnal Atomik*. 3 (1): 61-67.
- Sa'diyah, H., S. Nurhimawan., S. A. Fatoni., Irmansyah., Irzaman. (2016) Ekstraksi Silikon Dioksida dari Daun Bambu. *Prosiding*

- Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. 5.
- Setiawan, A., A. N. Rahmadania., N. E. Mayangsari. (2021) Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintesis Kombinasi Abu Terbang dan Abu Dasar dengan Variasi Waktu Aging. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 15 (1) : 113-124.
- Sugiarti, S., Charlena., N. A. Aflakhah. (2017) Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol sebagai Adsorben Kation Cu (II) dan Biru Metilena. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 3 (1): 11-19.
- Syahbanu, I., L. Era., T. A. Zaharah. (2016) Zeolit Sintesis dari Sekam Padi dan Aplikasinya dalam Menurunkan Kadar Ion Fe (II) Pada Air Gambut. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5 (4): 35-39.
- Syaifie. P. H., G. A. P. K. Wardhani., A. Taufiq. (2019) Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Berbahan Dasar Abu Sekam Padi Karawang. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. 13 (2): 89-98
- Tauanov, Z., D. Shah. (2018) Hydrothermal Synthesis Of Zeolite Production From Coal Fly Ash: A Heuristic Approach And Its Optimization For System Identification Of Conversion. *Journal Of Cleaner Production*. 128 (1): 616-623
- Utomo, M. P & I. Yunita. (2014) Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi Pada Temperatur Kamar. Universitas Negeri Yogyakarta.