



## Adsorpsi logam Fe pada limbah laboratorium kimia menggunakan zeolite alam teraktivasi asam sulfat

Dian Sri Asmorowati , Ida Iryani Kristanti, dan Sri Susilogati Sumarti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima : 6 Des 2022

Disetujui : 20 Jan 2023

Dipublikasikan : Mei 2023

#### Keywords:

adsorpsi, limbah logam Fe,  
zeolit alam, aktivasi  $H_2SO_4$

### Abstrak

Kegiatan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang seringkali menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Salah satunya ialah limbah logam besi (Fe). Logam besi merupakan logam yang bersifat toksik yang dapat meracuni tubuh manusia dan merusak lingkungan. Penelitian ini mewujudkan UNNES Konservasi dengan melakukan usaha untuk mengurangi terbentuknya limbah yang dapat mencemari lingkungan, salah satunya dengan menggunakan adsorben. Salah satu jenis adsorben yang mudah didapat dan memiliki berbagai macam keunggulan adalah zeolit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi  $H_2SO_4$  untuk aktivasi zeolit yang memiliki kemampuan optimum dalam adsorpsi logam Fe pada limbah Laboratorium Kimia. Metode penelitian ini antara lain: (1) Preparasi zeolit alam; (2) Aktivasi zeolit alam; (3) Preparasi limbah logam Fe; (4) Adsorpsi logam Fe pada limbah laboratorium dengan variasi konsentrasi H-ZA; (5) Analisa SSA. Peneliti melaksanakan formulasi konsep mengenai adsorpsi limbah Fe menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat dengan variasi konsentrasi. Kadar logam Fe (besi) dalam sampel limbah sebelum diadsorpsi menggunakan zeolite alam memiliki kadar 5,60 ppm. Selanjutnya limbah diadsorpsi dengan zeolite alam yang diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  dengan variasi konsentrasi 1M, 3M, 5M, dan 7M. Penurunan kadar logam Fe optimal yaitu pada sampel limbah yang diadsorpsi dengan zeolite teraktivasi  $H_2SO_4$  7M, dengan kadar Fe menjadi 4,27 ppm.

### Abstract

Activities at the Chemical Laboratory of FMIPA Semarang State University often produce waste that can pollute the environment. One of them is ferrous metal (Fe) waste. Ferrous metal is a metal that is toxic which can poison the human body and damage the environment. This research embodies UNNES Conservation by making efforts to reduce the formation of waste that can pollute the environment, one of which is by using adsorbents. One type of adsorbent that is easily available and has many advantages is zeolite. This study aims to determine the concentration of  $H_2SO_4$  for zeolite activation which has optimum ability in adsorption of metal Fe in the waste of the Chemical Laboratory. The research methods include: (1) Natural zeolite preparation; (2) Natural zeolite activation; (3) Preparation of Fe metal waste; (4) Adsorption of Fe metal in laboratory waste with various concentrations of H-ZA; (5) SSA analysis. Researchers carried out the formulation of the concept regarding the adsorption of Fe waste using sulfuric acid activated natural zeolite with various concentrations. The level of Fe (iron) metal in the waste samples before being adsorbed using natural zeolite was 5.60 ppm. Then the waste was adsorbed with natural zeolite which was activated with  $H_2SO_4$  with various concentrations of 1M, 3M, 5M, and 7M. The optimal decrease in Fe metal content was in the waste samples adsorbed with 7M  $H_2SO_4$  activated zeolite, with Fe levels being 4.27 ppm.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

## Pendahuluan

Limbah ialah bahan sisa yang berasal dari aktivitas manusia, proses produksi industri, maupun kegiatan di laboratorium. Kegiatan yang dilakukan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari dapat menyebabkan limbah. Salah satunya kegiatan yang menghasilkan limbah ialah kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium kimia. Hal ini menjadi persoalan penting sehingga membutuhkan solusi yang tepat dan ramah lingkungan (Yusniyyah, 2017). Air limbah merupakan air sisa kegiatan manusia baik industri maupun domestik yang tidak memiliki nilai ekonomis serta dapat mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik (Utami & Wulandari, 2019).

Kegiatan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang seringkali menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Salah satunya ialah limbah logam Fe, hasil dari Praktikum Kimia 3 yang dilaksanakan pada Semester Genap Tahun Ajaran 2021/ 2022. Menurut Sartika (2014), logam besi memiliki sifat toksik yang mampu meracuni tubuh manusia dan mencemari lingkungan (Sartika *et al.*, 2014). Besi (Fe) adalah unsur yang penting bagi tubuh karena mampu membantu (Moehji, 1992). Soemirat (1996) dan Aldi (2019) menyatakan bahwa Fe dibutuhkan oleh tubuh, namun apabila jumlahnya terlalu banyak maka dapat merusak sel organ dan jaringan dalam tubuh (Soemirat, 1996; Aldi *et al.*, 2019).

UNNES merupakan Universitas Konservasi, UNNES bertekad untuk menerapkan prinsip-prinsip perlindungan, pengawetan, dan pemanfaatan secara lestari terhadap sumber daya alam dan seni budaya, serta berwawasan ramah lingkungan dalam pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Penelitian ini sejalan dengan prinsip UNNES yaitu berwawasan ramah lingkungan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum di laboratorium. Oleh karena itu diperlukan usaha penanganan limbah logam Fe yang merupakan hasil dari kegiatan praktikum kimia dengan memanfaatkan adsorben yang diperoleh dari alam (Yusniyyah, 2017).

Zeolit adalah salah satu adsorben alternatif yang mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi karena jumlah pori yang banyak dan memiliki kemampuan tukar kation yang tinggi. Zeolit dapat digunakan pada rentang suhu yang luas sehingga sangat tepat digunakan sebagai adsorben (Panayotova, 2001). Menurut Shavandi (2012), zeolit adalah kristal yang terbentuk secara alami, yang memiliki struktur tiga dimensi. Zeolit terdiri dari  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahedral dengan bentuk yang sangat teratur melalui pembagian atom Oksigen dan membentuk struktur menyerupai sarang lebah (Shavandi *et al.*, 2012). Pemanfaatan zeolit sebagai adsorben telah banyak dilaporkan. Penelitian Hendrawan (2010) dan Renni (2018) menyebutkan bahwa zeolit alam dapat digunakan sebagai adsorben ion logam  $\text{Fe}^{3+}$  (Hendrawan, 2010; Renni *et al.*, 2018).

Zeolit merupakan salah satu mineral alam yang banyak ditemukan di Indonesia (Marsidi, 2001). Terdapat beberapa jenis dari zeolit, yaitu sintetik, alami, dan termodifikasi. Menurut Senda (2006), zeolit sintesis memang telah banyak diproduksi, namun zeolit alam tetap memiliki ketersediaan yang melimpah di alam, khususnya di Indonesia (Senda *et al.*, 2006). Indonesia memiliki zeolite sebanyak 400 juta ton, dan di ekspor dalam bentuk mentah. Hal ini terjadi karena kurangnya SDM dalam mengolah kekayaan alam yang memiliki nilai ekonomi tinggi.

Indonesia mempunyai beberapa gunung berapi yang berpotensi menghasilkan zeolit. Pemanfaatan zeolit sangat luas seperti sebagai adsorben, penukar ion, katalis. Salah satu zeolite alam yang banyak terdapat di Indonesia ialah zeolit alam Malang (Setiadi & Astri, 2007). Komponen utama penyusun zeolit alam Malang ialah mordenit yakni sekitar 55%-85% (Laniwati, 1999). Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, disebabkan karena struktur zeolit yang memiliki rongga, sehingga zeolit dapat menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya (Solikah & Utami, 2014).

Zeolit alam tidak dapat digunakan secara langsung karena zeolit alam masih mengandung banyak pengotor dan air. Air merupakan molekul polar yang sangat mudah teradsorpsi di permukaan zeolit. Rini (2010) berpendapat bahwa air dapat mengisi semua rongga-rongga dalam kristal zeolit karena ukurannya yang sangat kecil (Rini, 2010). Oleh sebab itu, sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben, maka dibutuhkan proses aktivasi zeolit dan pembersihan pengotor (Rosita, 2004). Proses aktivasi terhadap zeolit juga dapat merubah jenis kation, perbandingan Si/ Al dan juga karakteristik zeolit sehingga sesuai dengan bahan yang akan diserap oleh zeolit tersebut.

Tahapan aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Fan *et al.*, 2007). Aktivasi zeolit alam secara fisika dilakukan dengan pemanasan, sedangkan aktivasi kimia dengan cara penambahan asam atau basa ke dalam zeolit alam. Aktivasi zeolit dengan asam atau basa bertujuan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi, aktivasi zeolit dengan asam dapat membersihkan pengotor yang menutup pori pada zeolit. Aktivasi zeolit dengan basa bermanfaat untuk meningkatkan jumlah kation yang berada dalam zeolit alam dan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Fan *et al.*, 2007).

Menurut Anggara (2013), proses aktivasi zeolit secara fisika dapat dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu antara 200-600°C selama 3 jam (Anggara, 2013). Pemanasan ini digunakan untuk menguapkan air yang berada pada pori-pori kristal zeolit, hal ini menyebabkan pori-pori menjadi lebih luas (Suyartono, 1991). Sedangkan aktivasi zeolit secara kimia dapat dilakukan penambahan larutan asam klorida atau asam sulfat. Hal ini bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, menghilangkan senyawa pengganggu dan mengatur letak atom yang dapat dipertukarkan (Sumarni *et al.*, 2018). Pada penelitian ini akan dilakukan aktivasi zeolit alam menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan variasi konsentrasi untuk meningkatkan kinerja zeolit alam tersebut. Selanjutnya zeolit alam diuji kemampuan adsorpsi logam Fe pada limbah Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, dengan cara melakukan uji Spektrometer Serapan Atom (SSA).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti ingin berperan serta dalam meminimalisir terbentuknya limbah logam Fe dengan cara melakukan penelitian adsorpsi limbah logam Fe dengan menggunakan zeolite alam teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan variasi konsentrasi. Sehingga terwujud Universitas Negeri Semarang sebagai Universitas Konservasi.

## Metode

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain zeolit alam,  $HNO_3$  65% Merck,  $H_2SO_4$  95-97% Merck, limbah logam di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES, aluminium foil, indikator universal, kertas saring Whatman 42, dan aquades. Peralatan yang digunakan antara lain beaker glass, neraca analitik, cawan porselin, oven, ayakan 230 mesh, desikator, botol aquades, spatula, hotplate stirrer, pengaduk magnet, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Cara kerja dalam penelitian ini yaitu preparasi zeolit, aktivasi zeolit, preparasi limbah laboratorium adsorpsi logam pada limbah laboratorium dengan variasi aktivator H-ZA, dan analisis SSA. Preparasi zeolit dilakukan dengan merendam 250 gram zeolit alam halus ke dalam 500 mL aquades sambil diaduk menggunakan *hot plate stirrer* selama (24 jam) pada suhu kamar ( $\pm 25^\circ C$ ), lalu disaring. Kemudian endapan yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $100^\circ C$  selama 24 jam. Selanjutnya zeolit dihaluskan dan diayak.

Zeolit yang telah dipreparasi selanjutnya diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$ . Sebanyak 50 gram zeolit dimasukkan ke dalam 100 mL larutan  $H_2SO_4$  dengan variasi konsentrasi 1 M, 3 M, 5 M dan 7 M. Larutan kemudian diaduk selama 4 jam. Selanjutnya larutan disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH filtratnya netral. Residu kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu  $110^\circ C$  selama 12 jam.

Tahapan selanjutnya adalah preparasi limbah laboratorium. Sebanyak 500 mL limbah laboratorium dimasukkan dalam beaker gelas, lalu diaduk hingga homogen. Limbah kemudian didestruksi menggunakan 100 mL larutan  $HNO_3$  65 % dan dipanaskan dengan hotplate pada suhu  $100^\circ C$  hingga larutan bersisa 250 mL. Selanjutnya ditambah aquademin hingga volumenya 500 mL. Ambil larutan limbah yang telah dipreparasi sebanyak 50 mL lalu dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) agar diketahui kadar Fe pada limbah laboratorium sebelum diadsorpsi.

Langkah kerja adsorpsi logam pada limbah laboratorium dengan variasi aktivator H-ZA adalah sebagai berikut, siapkan 5 buah erlenmeyer berisi 50 mL sampel limbah hasil preparasi, lalu masing-masing diinteraksikan dengan 25 g zeolit yang belum diaktivasi an zeolite yang teraktivasi  $H_2SO_4$  (1, 3, 5 dan 7 M). Kemudian dishaker pada kecepatan 180 rpm selama 180 menit (Shavandi *et al.*, 2012). Setelah itu disaring dan diambil filtratnya. Lalu larutan dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) agar diketahui

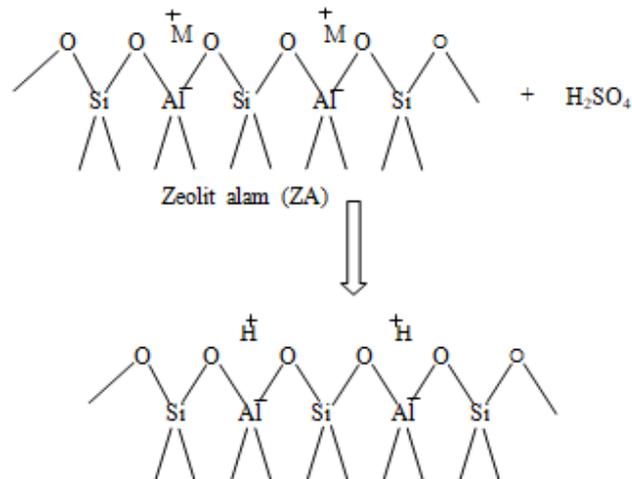
kadar logam Fe pada limbah laboratorium setelah diabsorpsi dengan zeolit alam tanpa aktivasi dan yang telah teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## Hasil dan Pembahasan

### Zeolit Teraktivasi Kimia dan Fisik

Zeolit alam dapat diaktivasi dengan dua cara yakni dengan aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Zeolit diaktivasi secara fisika dengan cara diayak menggunakan ayakan 230 mesh. Lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Pengayakan zeolit alam dilakukan agar diperoleh partikel zeolite dengan ukuran seragam dan lebih efektif dalam mengadsorpsi limbah logam (Aidha, 2013; Solikah & Utami, 2014). Pemanasan zeolit pada temperatur  $100^\circ\text{C}$  bertujuan agar air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit serta dapat menguap, sehingga luas permukaan dan jumlah pori zeolit meningkat. Menurut Yusniyyah (2017), hal ini dapat meningkatkan kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi logam (Yusniyyah, 2017).

Penelitian ini menggunakan aktivasi kimia, yaitu menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan variasi konsentrasi 1 M, 3 M, 5 M, dan 7 M. Aktivasi kimia pada zeolite, bertujuan untuk membersihkan zeolit alam dari ion-ion pengganggu dan menata kembali letak atom yang dipertukarkan (Solikah & Utami, 2014). Penambahan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  membuat struktur zeolit alam lebih tertata akibat hilangnya ion-ion pengganggu yang telah dipertukarkan dengan ion  $\text{H}^+$ . Penggunaan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  7 M mempunyai jumlah ion  $\text{H}^+$  lebih melimpah sehingga lebih efektif dalam proses pertukaran dengan ion-ion pengganggu. Gambar 1 berikut ini merupakan struktur zeolit alam yang diaktivasi menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

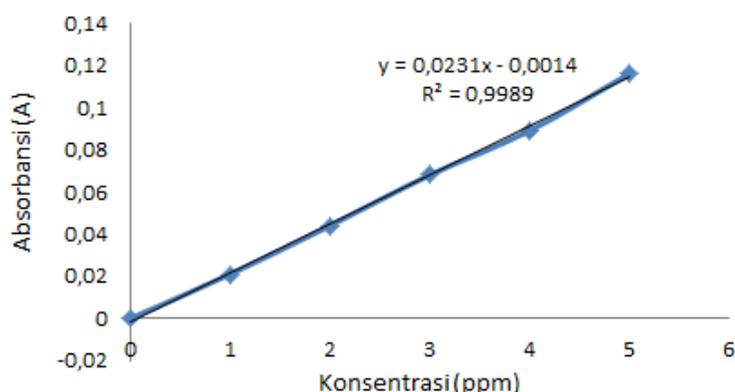


**Gambar 1.** Mekanisme Adsorpsi dan Penukar Ion

Logam besi (Fe) merupakan ion pengotor terbanyak pada zeolit alam. Namun logam besi (Fe) bukan penyusun utama kerangka zeolit sehingga penurunan jumlah Fe akibat penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi tinggi tidak mengubah kerangka zeolit.

### Pembuatan Kurva Standar Fe

Kurva standar Fe digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam Fe dengan nilai absorbansinya sehingga dapat diketahui konsentrasi logam Fe dalam larutan. Kurva standar ini mengikuti hukum Lambert-Beer, yaitu  $A = abc$ . Absorbansi (A) merupakan absorbansi, nilai a adalah Absorptivitas ( $\text{gr/L}$ ), b adalah tebal kuvet (nm) dan c merupakan konsentrasi (ppm).



**Gambar 2.** Kurva Standar Besi (Fe)

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi logam Fe maka semakin tinggi absorbansinya. Kurva standar logam Fe sesuai standar linier  $y = bx + a$ , dengan nilai  $R = 0,9989$ . Pada Tabel 1 dapat dilihat penurunan konsentrasi logam Fe pada limbah laboratorium sebelum dan sesudah diabsorpsi dengan zeolite teraktivasi. Penambahan asam dapat mempengaruhi penurunan ion-ion pengganggu seperti Fe pada zeolit alam. Semakin besar konsentrasi penambahan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) terhadap zeolit alam maka jumlah ion-ion pengganggu yang menutupi permukaan zeolit semakin menurun.

Zeolit alam diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  1 M, 3 M, 5 M, 7 M dan zeolit alam tanpa aktivasi digunakan sebagai adsorben limbah laboratorium kimia FMIPA UNNES yang mengandung logam Fe. Kemudian dianalisis kandungan Fe (Besi) di dalam limbah menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*). Sebelum dianalisis kandungan logam dalam sampel tersebut dilakukan destruksi basah.

**Tabel 1.** Adsorpsi Kadar Fe pada Limbah

Pengulangan	Konsentrasi Fe					
	Sebelum Adsorpsi dengan Zeolit (ppm)	Adsorpsi Zeolit Tanpa Aktivasi (ppm)	Setelah Adsorpsi dengan Zeolit (ppm) Teraktivasi $H_2SO_4$			
			1M (ppm)	3M (ppm)	5M (ppm)	7M (ppm)
I	5,99	5,75	5,33	5,03	4,67	4,31
II	5,38	5,30	5,21	4,96	4,55	4,23
III	5,42	5,32	5,14	4,98	4,60	4,26
Rata-rata	5,60	5,46	5,23	4,99	4,61	4,27

Kadar logam Fe dalam sampel limbah laboratorium sebelum diadsorpsi menggunakan zeolit alam sebesar 5,60 ppm dan melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh KEMEN LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 5 ppm. Tabel 2 memperlihatkan bahwa kandungan logam Fe pada limbah yang diadsorpsi dengan zeolite teraktivasi mengalami penurunan dibandingkan sebelum dilakukan proses adsorpsi. Penurunan kadar logam Fe terbesar ialah sampel limbah setelah adsorpsi dengan zeolite teraktivasi  $H_2SO_4$  7 M yaitu menjadi 4,27 ppm.

### Simpulan

Rata-rata kadar Fe pada limbah ialah sebesar 5,60 ppm. Selanjutnya limbah diadsorpsi menggunakan zeolite alam dengan variasi konsentrasi 1M 3M, 5M, dan 7M. Penurunan kadar logam Fe tertinggi

ditunjukkan setelah proses adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam sulfat 7 M yaitu rata-rata sebesar 4,27M.

### Daftar Pustaka

- Aidha, N. N. (2013). Aktivasi Zeolit Secara Fisika dan Kimia Untuk Menurunkan Kadar Kesadahan (Ca dan Mg) Dalam Air Tanah. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 35(1), 58. <https://doi.org/10.24817/jkk.v35i1.1874>
- Aldi, A. S. P., Kalsum, U., & Fatmawati. (2019). Pengaruh Suplementasi Besi (Fe) Dosis Tinggi Terhadap Kondisi Sel Beta Pankreas pada Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Strain Wistar Bunting. *Journal of Issues in Midwifery*, 3(1), 20–25. <https://doi.org/10.21776/ub.joim.2019.003.01.3>
- Anggara, P. A. (2013). Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Proses Aktivasi Secara Fisis dan Kimia Indonesia. *Journal of Chemical Science Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri*, 2(1).
- Fan, J., Wu, C., Wei, Y., Peng, C., & Peng, P. (2007). Preparation of Xylanol Orange Fungtiunalized Silica Gel as a Selectivite Solid Phase Extractor and Its Application for Preconcentration-Separation of Mercury from Waters. *J Hazard Mater* 145, 323–330.
- Hendrawan, A. (2010). *Adsorpsi Unsur Pengotor Larutan Natrium Silikat Menggunakan Zeolit Alam Karangnunggal*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Laniwati, M. (1999). Isomerasi 1-buten Menggunakan Zeolit Alam Malang, Jawa Timur, Sebagai Katalis. *Proc ITB*, 31(2).
- Marsidi, R. (2001). Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1), 10.
- Moehji, S. (1992). *Ilmu Gizi*. Bharatara.
- Panayotova. (2001). *Kinetics and Thermodynamics of Copper Ions Removal from Wastewater by use of Zeolite. University of Mining and Geology Department of Chemistry, Sofia, Bulgaria. Vol.21, Issue7, 2001, Pages 671-676.*
- Renni, C. P., Mahatmanti, F. W., & Widiarti, N. (2018). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Fe ( III ) dan Cr ( VI ). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 65–70.
- Rini, D. K. (2010). *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam untuk Dehumifikasi Udara*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Rosita. (2004). Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben. *Majalah Farmasi Airlangga*.
- Sartika, D., Puji, F., & Edi, A. (2014). *Studi Penurunan Kadar Logam Fe dan Co pada Limbah Cair dengan Sistem Purifikasi Berbasis Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe 3 O 4. XVIII(April)*, 16–19.
- Senda, S. P., Saputra, H., Sholeh, A., Rosjidi, M., & Mustafa, A. (2006). Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk Slow Release Substances (SRS) dan Membran, Artikel Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Indonesia, ISSN 1410-9891. *Artikel Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Indonesia*.
- Setiadi, & Astri, P. (2007). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Kongres Dan Simposium Nasional Kedua, MKICS*.
- Shavandi, M. A., Haddadian, Z., Ismail, M. H. S., Abdullah, N., & Abidin, Z. Z. (2012). Removal of Fe(III), Mn(II) and Zn(II) from Palm Oil Mill Effluent (POME) by Natural Zeolite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43(5), 750–759. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2012.02.014>
- Soemirat, J. S. (1996). *Kesehatan Lingkungan*. Universitas Gajah Mada Press.
- Solikah, S., & Utami, B. (2014). Perbedaan Penggunaan Adsorben dari Zeolit Alam Teraktivasi dan Zeolit Terimmobilisasi Dithizon Untuk Penyerapan Ion Logam Tembaga ( Cu2 + ). *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia VI, January*, 342–354.
- Sumarni, Hindryawati, N., & Alimuddin. (2018). Aktivasi dan Karakterisasi Zeolit Alam menggunakan NaOH. *Jurnal Atomik*, 3(2), 106–110.
- Suyartono, H. (1991). *Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia yang dilakukan PPTM Bandung Periode 1890-1991*.
- Utami, A. R., & Wulandari, C. (2019). Verifikasi Metode Pengujian Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Dalam Air Limbah Dengan Menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). *Prosiding*, 1(November), 8–20.
- Yusyniyyah, S. I. (2017). *Adsorpsi Logam Cu, Fe, dan Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H2SO4) dengan Variasi Konsentrasi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.