

**PENGARUH KONSENTRASI H₂SO₄ DAN UKURAN GRANULA ZEOLIT ALAM
TERHADAP EFEKTIVITAS ADSORPSI METHYL ORANGE**

***THE EFFECT OF H₂SO₄ CONCENTRATIONS AND NATURAL ZEOLITE GRANULE
SIZE ON EFFECTIVENESS ADSORPTION OF METHYL ORANGE***

Erfan Priyambodo*, Meitha Muldayati

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta, Jalan Colombo No 1, Karang
Malang, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, 55281

*Korespondensi: erfan@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengetahui karakteristik granula teraktivasi H₂SO₄ yang dipakai sebagai adsorben pada adsorpsi zat warna *methyl orange*; (2) Mengetahui pengaruh dari ukuran partikel zeolit alam yang digunakan sebagai adsorben zat warna *methyl orange* terhadap efektivitas adsorpsi; (3) Mengetahui pengaruh dari konsentrasi aktivator H₂SO₄ yang digunakan untuk mengaktivasi granula zeolit alam terhadap efektivitas adsorpsi; (4) Mengetahui pengaruh dari laju alir limbah simulasi zat warna *methyl orange* terhadap efektivitas adsorpsi. Pada penelitian ini dilakukan analisis kemampuan zeolit alam dengan variasi ukuran partikel non aktivasi dan teraktivasi menggunakan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi untuk mengadsorpsi zat warna *methyl orange* menggunakan metode adsorpsi kolom. Analisis data kualitatif menggunakan XRD dan SEM, sedangkan analisis kuantitatif yaitu penentuan persamaan regresi linear dari grafik kurva baku larutan standar *methyl orange* menggunakan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi serta penentuan persentase zat warna *methyl orange* yang teradsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Granula zeolit alam yang dipakai termasuk jenis mordenit; (2) Semakin kecil ukuran partikel maka efektivitas akan semakin besar; (3) Semakin besar konsentrasi aktivator maka efektivitas akan semakin besar; (4) Semakin lambat laju alir maka efektivitas akan semakin besar.

Kata kunci: Adsorpsi kolom, efektivitas adsorpsi, H₂SO₄, methyl orange, zeolit alam

Abstract

This research aims to determine the characteristics of H₂SO₄ activated granules used as adsorbents in the adsorption of methyl orange dye, knowing the effect of the particle size of natural zeolite used as an adsorbent for methyl orange dye on adsorption effectiveness, knowing the effect of the concentration of H₂SO₄ activator used to activate natural zeolite granules on adsorption effectiveness, knowing the effect of the simulated waste flow rate of methyl orange dye on adsorption effectiveness. In this research, we will analyze the ability of natural zeolites with varying sizes of non-activated and activated particles using H₂SO₄ with

varying concentrations to adsorb methyl orange dye using the column adsorption method.. Qualitative data analysis uses XRD and SEM, while quantitative analysis is determining the linear regression equation from the standard curve graph of the methyl orange standard solution using the relationship between concentration and absorbance as well as determining the percentage of methyl orange dye that is adsorbed. The research results show that the natural zeolite granules used are of the mordenite type, The smaller the particle size, the greater the effectiveness, the greater the concentration of activator, the greater the effectiveness, the slower the flow rate, the greater the effectiveness.

Keywords: Adsorption effectiveness, column adsorption, H_2SO_4 , methyl orange, natural zeolite

Pendahuluan

Sektor industri tekstil memberi dampak buruk bagi lingkungan sekitar [1]. Kerusakan lingkungan ini ditandai dengan banyaknya pabrik sektor industri yang diberi sanksi denda dengan nominal yang cukup besar akibat pencemaran lingkungan yang mereka sebabkan [2]. Kerusakan lingkungan akibat industri-industri tersebut dapat berupa polusi udara, air, tanah yang masing-masing diantaranya memiliki dampak yang buruk serta upaya penanganan yang terbilang tidak mudah. Contoh polusi air yang terjadi yaitu penurunan kualitas lingkungan sekitar yang bisa dilihat dari indikator seperti terdapat bau yang menyengat serta warna hitam air limbah yang dibuang di sungai. Diketahui bahwa air limbah ini berasal dari limbah cair proses industri seperti bahan pewarna tekstil yang dihasilkan oleh kegiatan produksi garmen [3].

Zat warna dapat dibagi berdasarkan struktur kimianya antara lain zat warna azo, zat warna xanten, zat warna quinolin, dan zat warna triaril metana [4]. Zat warna yang biasa dipakai pada industri tekstil sebagai bahan celup umumnya ialah senyawa yang mengandung gugus benzena seperti senyawa azo dan turunannya. Senyawa azo yang digunakan sebagai bahan celup dinamakan azo *dyes* [5]. Senyawa azo tersebut memiliki sifat karsinogenik serta mutagenik. Salah satu bahan pewarna tekstil yang dipakai dan mencemari lingkungan yaitu *methyl orange* dengan rumus molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$.

Metode yang umum dilakukan untuk pengolahan limbah tekstil yaitu dengan cara koagulasi, filtrasi elektrokolorasi, serta adsorpsi [6]. Definisi adsorpsi secara umum yaitu proses penggumpalan substansi terlarut yang terdapat pada larutan oleh permukaan zat atau benda penjerap yang disebut adsorben, dimana akan terjadi suatu ikatan kimia fisika diantara substansi dengan penyerapnya. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi fisika atau fisorpsi dan adsorpsi kimia atau dikenal sebagai kemisorpsi [7]. Kebanyakan adsorben merupakan bahan yang berpori dan adsorpsi berlangsung pada dinding pori atau terletak pada partikel tertentu. Adsorben yang biasa digunakan secara komersial dibedakan menjadi dua kelompok yaitu polar dan non polar. Adsorben yang termasuk dalam kelompok polar antara lain silika gel, zeolit, serta alumina aktif. Sedangkan adsorben yang termasuk dalam kelompok non polar antara lain karbon aktif dan polimer adsorben [8].

Tujuan dilakukannya penelitian ini yang pertama untuk mengetahui karakteristik granula teraktivasi H_2SO_4 yang dipakai sebagai adsorben pada adsorpsi zat warna *methyl orange*. Kedua mengetahui pengaruh dari ukuran partikel zeolit alam yang digunakan sebagai adsorben zat warna *methyl orange* terhadap efektivitas adsorpsi. Ketiga mengetahui pengaruh dari konsentrasi aktivator H_2SO_4 yang digunakan untuk mengaktivasi granula zeolit alam terhadap

efektivitas adsorpsi. Keempat mengetahui pengaruh laju alir limbah simulasi zat warna *methyl orange* terhadap efektivitas adsorpsi.

Metode

Persiapan Bahan

Padatan zeolit yang diperoleh dari Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedangsari, Gunung Kidul, Yogyakarta dihancurkan hingga berukuran lebih kecil kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD guna untuk mengetahui strukturnya.

Pembuatan Granula

Material zeolit diayak menggunakan ayakan 35 mesh dilanjutkan 18 mesh dan terakhir 10 mesh sehingga diperoleh 2 ukuran partikel. Kemudian masing-masing sebanyak 500 gram granula direndam menggunakan akuades lalu kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 120°C selama 3 jam.

Aktivasi Granula Zeolit

Sebanyak masing-masing 65 gram granula zeolit setiap ukuran partikel direndam pada 100 mL H₂SO₄ 1 M, 3 M dan 5 M lalu kemudian disaring dan dicuci hingga pH netral. Langkah selanjutnya yakni zeolit tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 120°C selama 3 jam. Granula teraktivasi tersebut kemudian dikalsinasi menggunakan *muffle furnace* dengan suhu 600°C selama 3 jam.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna

Diukur absorbansi larutan zat warna 8 ppm menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 360-750 nm. Hasil absorbansi yang diperoleh selanjutnya dilihat nilai absorbansi tertinggi dan akan diperoleh panjang gelombang maksimum.

Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Methyl Orange

Masing-masing larutan standar dan blanko diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang maksimum dan akan diperoleh nilai absorbansi masing-masing larutan. Dari data absorbansi tersebut dibuat kurva standar kemudian diperoleh persamaan regresi.

Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange dengan Granula Zeolit Alam Non Aktivasi

Granula zeolit non aktivasi dimasukkan setinggi 8 cm ke dalam kolom adsorpsi dengan diameter 1 cm dan tinggi 50 cm. Kemudian dimasukkan zat warna simulasi limbah 20 ppm hingga penuh dan dibiarkan 10 menit. Lalu kran kolom dibuka dan zat warna dialirkan dengan stopwatch dinyalakan. Zat warna yang keluar ditampung dengan gelas ukur dan laju alir dicatat. Langkah tersebut diulangi untuk variasi granula non aktivasi lainnya. Kemudian zat warna yang telah diadsorpsi diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis dan dihitung konsentrasinya.

Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange dengan Granula Zeolit Alam Teraktivasi H₂SO₄

Granula zeolit aktivasi dimasukkan setinggi 8 cm ke dalam kolom adsorpsi dengan diameter 1 cm dan tinggi 50 cm. Kemudian dimasukkan zat warna simulasi limbah 20 ppm

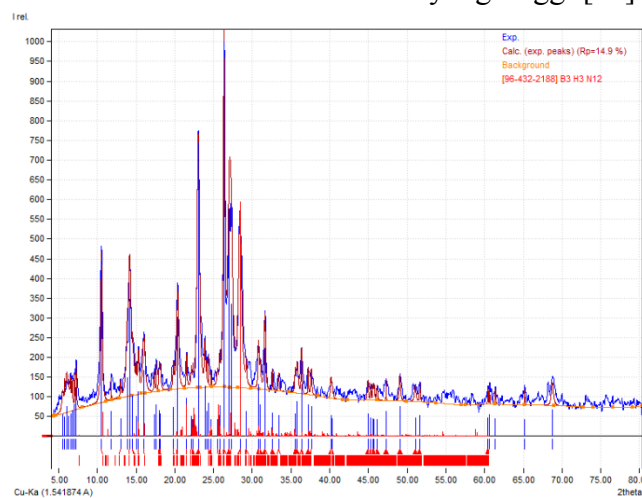
hingga penuh dan didiamkan 10 menit. Lalu kran kolom dibuka dan zat warna dialirkan dengan stopwatch dinyalakan. Zat warna yang keluar ditampung dengan gelas ukur dan laju alir dicatat. Langkah tersebut diulangi untuk variasi granula aktivasi lainnya. Kemudian zat warna yang telah diadsorpsi diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis dan dihitung konsentrasinya. Pilih granula teraktivasi yang memiliki kapasitas adsorpsi paling besar.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Granula Zeolit menggunakan XRD

Karakterisasi granula zeolit alam menggunakan instrumen XRD pada penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan mineral dan mengkarakterisasi senyawa yang terdapat dalam zeolit alam sebelum digunakan sebagai adsorben. Hasil analisis dari XRD menghasilkan difraktogram pada Gambar 1 yang menunjukkan puncak-puncak (*peak*) pola difraksi dari struktur kristal zeolit alam pada penelitian ini.

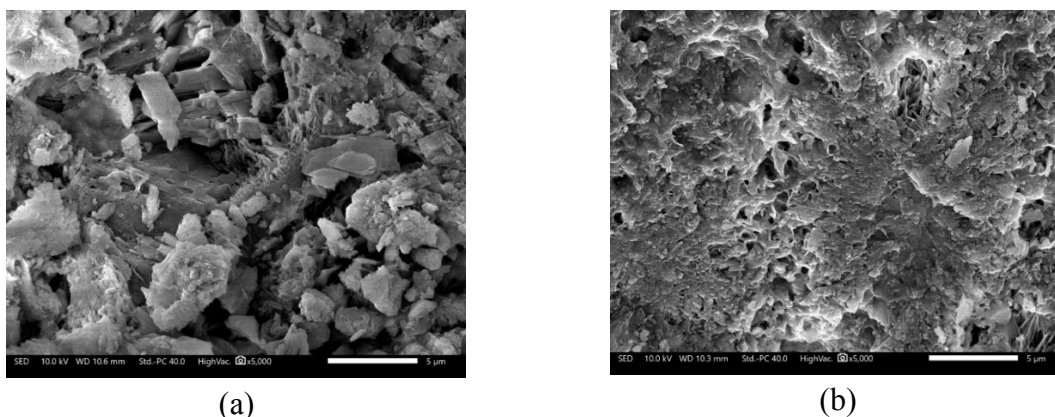
Hasil dari karakterisasi zeolit menggunakan instrumen XRD diperoleh bahwa jenis zeolit yang digunakan termasuk jenis mordenit ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak yaitu pada 2θ ($^\circ$) = 13,86; 23,04; 25,80; 26,38; dan 27,30. Data pengukuran dibandingkan dengan standar difraksi sinar-X yakni JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standar*). Mineral mordenit menurut data JCPDS No. 6-239 menunjukkan adanya puncak khas pada 2θ ($^\circ$) = 13,55; 23,24; 25,75; 26,42; dan 27,84 [9]. Selain itu, puncak tajam yang terlihat di difraktogram merupakan cerminan dari keteraturan ikatan yang terdapat pada sktruktur zeolit yang dapat dikatakan bahwa zeolit tersebut memiliki kristalinitas yang tinggi [10].



Gambar 1. Difraktogram Zeolit Alam Hargomulyo

Karakterisasi Granula Zeolit menggunakan SEM

Granula zeolit non aktivasi dan teraktivasi H_2SO_4 5M yang notabene merupakan granula yang memiliki efektivitas adsorpsi paling tinggi dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Perbandingan morfologi dari struktur granula zeolit non aktivasi dan teraktivasi H_2SO_4 5M dengan perbesaran 5.000 disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Morfologi Zeolit (a) Non Aktivasi dengan Perbesaran 5000x (b) Teraktivasi H₂SO₄ dengan Perbesaran 5000x

Perbandingan morfologi struktur granula zeolit non aktivasi dan teraktivasi H₂SO₄ 5M menggunakan SEM dengan perbesaran 5000x menunjukkan pori-pori dari granula zeolit non aktivasi tidak terlihat karena tertutup oleh pengotor sedangkan pori-pori dari zeolit yang telah teraktivasi terlihat dan unsur-unsur pengotor yang semula menyelimuti permukaan zeolit sudah semakin berkurang. Proses aktivasi tersebut mampu mendorong keluar pengotor yang awalnya menutupi pori sehingga pori akan terbebas dari pengotor dan kualitas zeolit yang dipakai untuk adsorben akan mengalami peningkatan.

Aktivasi zeolit berguna untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi zeolit karena umumnya zeolit alam tersebut masih banyak mengandung pengotor yang kemungkinan menutup pori-porinya. Peningkatan kapasitas adsorpsi dengan pembersihan rongga-rongga pori zeolit dari molekul air dan oksida-oksida logam yang dianggap sebagai pengotor berupa logam alkali Ca²⁺, K⁺, serta Mg²⁺. Proses aktivasi zeolit juga mampu merubah rasio Si/Al sehingga karakteristik zeolit yang dipakai sesuai dengan bahan yang nantinya akan diadsorpsi [11].

Efektivitas Adsorpsi Zat Warna Remazol Blue RSP

Efektivitas adsorpsi dapat diketahui dengan cara mengalirkan air limbah simulasi zat warna *methyl orange* dengan konsentrasi 20,5816 ppm pada kolom adsorpsi yang berisi granula zeolit. Efektivitas adsorpsi zat warna *methyl orange* dilakukan menggunakan 8 macam adsorben sebagai pembanding kinerja suatu adsorben yang hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Pada penelitian ini terdapat 4 adsorben dengan variasi konsentrasi aktivator asam H₂SO₄ yaitu zeolit non aktivasi, zeolit aktivasi 1 M, zeolit aktivasi 3 M, dan zeolit aktivasi 5 M. Dari masing-masing zeolit tersebut divariasikan kembali ukuran partikelnya sebanyak 2 dengan ukuran 18-10 mesh dan 35-18 mesh. Sehingga total jenis adsorben yang digunakan yaitu 8 macam. Laju alir *influent* terdapat 2 variasi yaitu 0,2994 L/jam yang didapatkan dengan menampung 5 ml larutan selama 1 menit dan 0,5998 L/jam yang didapat dengan menampung 10 ml larutan selama 1 menit dengan konsentrasi larutan *influent* 20,5816 ppm.

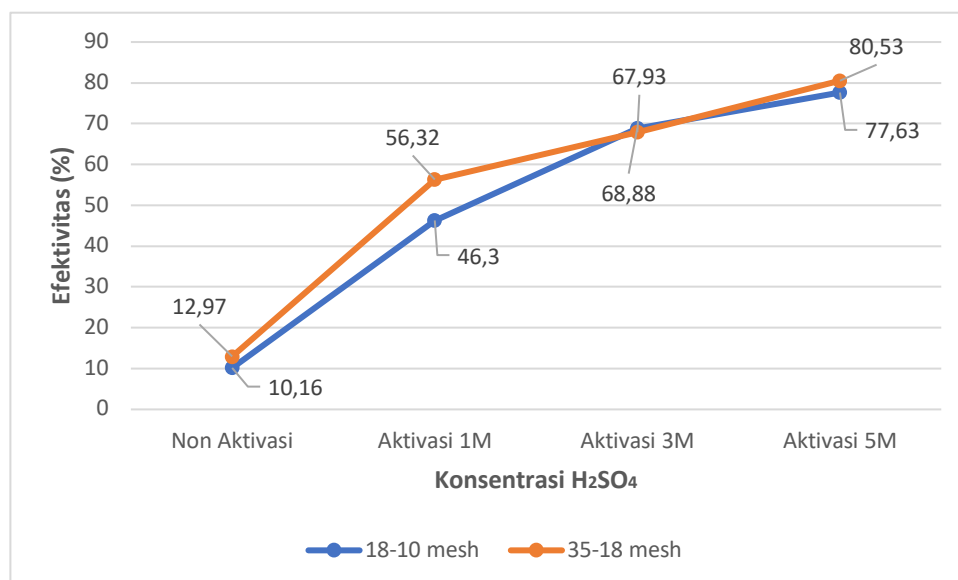
Dari Tabel 1 tersebut membuktikan bahwa ukuran partikel 35-18 mesh memiliki efektivitas adsorpsi lebih besar daripada ukuran partikel 18-10 mesh. Hal ini membuktikan bahwa ukuran partikel kecil memiliki permukaan yang besar sehingga memiliki daya serap yang tinggi.

Tabel 1. Efektivitas Adsorpsi *Methyl Orange*

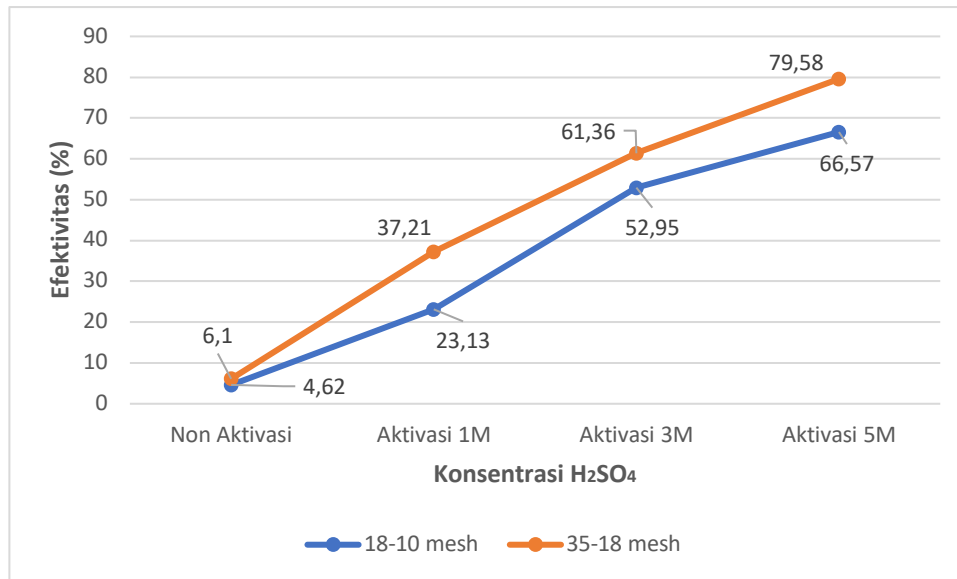
No	Zeolit	Ukuran Granula (mesh)	Efektivitas Adsorpsi (%)	
			Laju Alir	
			0,2994 L/jam	0,5988 L/jam
1.	Non Aktivasi	18-10	10,16	4,62
		35-18	12,67	6,1
2.	Aktivasi H_2SO_4 1 M	18-10	46,3	23,13
		35-18	56,32	37,21
3.	Aktivasi H_2SO_4 3 M	18-10	68,88	52,95
		35-18	67,93	61,36
4.	Aktivasi H_2SO_4 5 M	18-10	77,63	66,57
		35-18	80,53	79,58

Perlakuan aktivasi pada zeolit alam juga memengaruhi efektivitas dalam adsorpsi dimana proses aktivasi menggunakan asam H_2SO_4 dengan melarutkan serta menghilangkan oksida logam yang menutupi permukaan dari zeolit serta terjerap di dalam sehingga permukaan bidang kontak lebih besar dan lebih porous [12].

Dari Tabel 1 juga dapat diketahui bahwa laju alir memengaruhi efektivitas adsorpsi dimana jika laju alirnya semakin lambat maka efektivitasnya akan semakin besar. Dari data hasil efektivitas adsorpsi zat warna *methyl orange* yang diperoleh, granula zeolit yang memiliki kemampuan mengadsorpsi paling besar dimiliki oleh granula zeolit teraktivasi H_2SO_4 berukuran 35-18 mesh dengan laju alir 0,2994 L/jam. Dari Tabel 1 tersebut juga dapat dibuat grafik hubungan konsentrasi dengan efektivitas adsorpsi pada laju alir cepat seperti pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik Konsentrasi H_2SO_4 vs Efektivitas Adsorpsi pada Laju Alir Lambat



Gambar 4. Grafik Konsentrasi H₂SO₄ vs Efektivitas Adsorpsi pada Laju Alir Cepat

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan yaitu granula zeolit yang dipakai merupakan jenis mordenit dengan kristalinitas tinggi. Semakin kecil ukuran partikel maka efektivitas akan semakin besar, semakin besar konsentrasi aktivator maka efektivitas akan semakin besar, serta semakin lambat laju alir maka efektivitas akan semakin besar.

Daftar Pustaka

- [1]. Enrico, E. (2019). Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan dan Aplikasi \ Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah. *Moda: The Fashion Journal*, 1(1), 1-9.
- [2]. Sarnisa, W. D., Rafianamaghfurin, R., Djasuli, M. (2022). Praktik Pengungkapan Informasi Environmental, Social And Governance (ESG) Dalam Penerapan GCG. *EkBis*, 2(3), 754-758.
- [3]. Sihombing, A. K. (2020). Penegakan Hukum terhadap Pencemaran Lingkungan di Sungai Cikijing, Jawa Barat Akibat Aktivitas Industri Tekstil PT. Kahatex. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 7(1), 98–117.
- [4]. Indriani, I. (2022). *Sintesis Dan Karakterisasi Silika Mesopori Mcm-41 Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B dan Metanil Kuning*. Disertasi, Universitas Hasanuddin).
- [5]. Nurlaili, T., Kurniasari, L., Ratnani, R. D. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 2(2).
- [6]. Kamal, N. (2014). Pemakaian Adsorben Karbon Aktif dalam Pengolahan Limbah Industri Batik. *Jurnal Teknik Lingkungan, Itenas*.
- [7]. Mufrodi, Z., Widiastuti, N., Kardika, R. C. (2008). Adsorpsi Zat Warna Tekstil Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Untuk Variasi Massa Adsorben Dan Suhu

- Operasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia Dan Tekstil*, 90–93.
- [8]. Rahmi, R., Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 271–279.
- [9]. Sukma, N. S., Kurniawan, M. A. (2018). Heavy Metals (Fe And Cd) Adsorption By Natural Zeolite From Laboratory Liquid Waste Of Institut Pertanian (INTAN) Yogyakarta. *In AIP Conference Proceedings*, 2026, 1.
- [10]. Yuliana, R., Rahim, E. A., Hardi, J. (2017). Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi Dengan Metode Basah Pada Berbagai Waktu Pengadukan dan Suhu Sintering. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(3), 201-210.
- [11]. Ngapa, Y. D. (2017). Kajian Pengaruh Asam-Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya Sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(2), 90-96.
- [12]. Al Muttaqii, M., Birawidha, D. C., Isnugroho, K., Yamin, M., Hendronursito, Y., Istiqomah, A. D., Dewangga, D. P. (2019). Pengaruh Aktivasi Secara Kimia Menggunakan Larutan Asam Dan Basa Terhadap Karakteristik Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 11(2), 266-271.

