

## The use of natural zeolite for Batik Wasterwater Treatment Media in Bayat, Klaten District, Central Java

### Pemanfaatan Zeolit Sebagai Media Pengolahan Limbah Industri Batik Di Bayat, Klaten, Jawa Tengah

Wawan Budianta<sup>1\*)</sup>, Johan Syafri Mahathir Ahmad<sup>2)</sup> dan I Wayan Warmada<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

<sup>2)</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

\*) [wbudianta@ugm.ac.id](mailto:wbudianta@ugm.ac.id)

**Abstract:** Batik wastewater produced in the batik industry in Bayat, Klaten Regency, contains chromium and phenol, which pass the wastewater quality standard. This study aimed to evaluate the ability of tuff breccia from the study area to reduce chromium and phenol concentration in batik wastewater. Mineralogical and chemical characterization was conducted to investigate tuff breccia's mineralogical and chemical composition. A batch and regeneration test was conducted to investigate tuff breccia's ability to reduce the chromium and phenol concentration in the batik wastewater. The characterization of tuff breccia indicates that the tuff breccia consists of fragments, minerals (quartz, plagioclase), and clay minerals (smectite and illite). The batch test results show that the grain size of tuff breccia and the pH value significantly influence the ability of tuff breccia to reduce the chromium and phenol concentration in batik wastewater. The regeneration test showed that the tuff breccia would decrease the capability by up to 30 percent after five times of use.

**Keywords:** tuff breccia, batik wastewater, treatment

**Abstrak:** Limbah batik yang dihasilkan oleh industri kerajinan batik di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah memiliki kandungan kromium dan fenol yang sudah melebihi baku mutu limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kemampuan zeolit yang berasal dari lokasi penelitian dalam menurunkan kandungan kromium dan fenol dalam limbah batik. Karakterisasi mineralogi dan kimia zeolit dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral dan kimia. Percobaan uji batch dan uji regenerasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana potensi zeolit dalam menurunkan kandungan kromium dan fenol dalam limbah batik. Hasil dari karakterisasi zeolit menunjukkan bahwa zeolit tersusun oleh fragmen, mineral (kuarsa, plagioklas) dan mineral lempung (smektit dan ilit). Hasil uji batch menunjukkan bahwa ukuran butir dan nilai pH berperah signifikan dalam mempengaruhi kemampuan zeolit untuk menurunkan kandungan kromium dan fenol dalam limbah batik. Hasil uji regenerasi menunjukkan zeolit akan menurun kemampuannya dalam menurunkan kandungan kromium dan fenol sampai dengan 30% setelah lima kali siklus regenerasi.

Kata kunci: zeolit, limbah batik, pengolahan

DOI: <http://dx.doi.org/10.15575/atthulab.xxx.xxx>

Received: xx (bulan), xxxx (tahun). Accepted: xx (bulan), xxxx (tahun).

Published: xx (bulan), xxxx (tahun)

#### PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan oleh industri, khususnya industri batik, merupakan masalah serius yang harus ditangani untuk melindungi lingkungan dari pencemaran. Di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, terdapat industri Batik yang menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari

lingkungan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam limbah industri batik, kandungan fenol dan kromium sudah melebihi ambang batas yang telah ditentukan (Natalina dan Firdaus, 2017; Setyaningtyas dkk, 2018; Budianta dan Sutrisno, 2021). Dengan demikian, pengelolaan limbah yang baik menjadi hal yang penting untuk dilakukan dalam rangka melindungi lingkungan. Salah satu metode pengolahan limbah adalah dengan menggunakan material alami, seperti zeolit, lempung, sekam padi yang telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Izzo dkk, 2022; Aryee dkk, 2021; Abdelfattah dkk, 2022). Di sekitar lokasi industri batik di Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten, terdapat deposit batu zeolit yang melimpah dan belum dimanfaatkan sebagai material untuk pengolahan limbah. Secara geologi, keberadaan zeolit di lokasi industri batik di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten merupakan hasil dari produk vulkanisme pada masa lampau (Surono, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi kemampuan zeolit untuk mereduksi kandungan fenol dan kromium dalam limbah batik di lokasi penelitian.

## METODOLOGI

Larutan limbah batik diperoleh dari lokasi penelitian, diambil dengan menggunakan botol sampel plastik, merujuk pada SNI 6989.59 (2008). Sampel dibawa ke laboratorium dan kemudian diukur kandungan kromium dan fenol dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) dan Gas Chromatography Mass. Spectrometry (GC-MS). pH limbah batik diukur dilokasi penampungan. Sampel zeolit diambil di lapangan dan kemudian ditumbuk halus dan diayak dengan menggunakan ayakan sampai diperoleh 4 ukuran berbeda (20, 30, 40 dan 50 mesh). Karakterisasi sampel zeolit dilakukan dengan analisis mikroskopis, difraksi sinar X dan geokimia untuk mengetahui kandungan mineralogi pada sampel. Analisis kapasitas tukar kation (KTK) juga dilakukan dengan metode barium klorida. Analisis luas permukaan spesifik diukur dengan metode Brunauer Emmett Teller (BET). Pengujian kemampuan zeolit untuk mereduksi kandungan fenol dan kromium dilakukan dengan uji sorpsi dengan percobaan batch, dimana zeolit yang sudah ditumbuk dan dimasukkan dalam larutan limbah batik. Kemudian, dilakukan pengadukan selama 15, 30, 45, 60, 120, 180, and 240 menit dengan menggunakan pengaduk magnetik dengan temperatur 30 derajat celcius. Prosentase (%) kemampuan zeolit dalam kapasitas sorpsi fenol dan kromium dihitung dengan persamaan merujuk pada penelitian sebelumnya sebagai berikut (Fu dan Wang, 2011) :

$$\% \text{ kapasitas sorpsi} = (C_a - C_f) \times 100 / C_i \dots\dots\dots(1)$$

dimana

Ca: konsentrasi awal larutan

Cf: konsentrasi akhir larutan

Variasi parameter variations yang digunakan dalam uji sorpsi ini meliputi ukuran butir sampel (20, 30, 40 dan 50 mesh), massa sampel (3.5, 7.5 dan 15 gram), pH larutan (2,5, 3,5 and 4,5). Variasi parameter ini dilakukan untuk mensimulasikan untuk mendapatkan kondisi optimum berdasarkan uji sorpsi yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Selanjutnya, uji regenerasi penggunaan zeolit dilakukan dengan melakukan uji desorpsi yaitu dengan menggunakan sampel yang telah dipergunakan dalam uji sorpsi, kemudian dicuci menggunakan 1 M HNO<sub>3</sub> untuk menghilangkan fenol dan kadmium dalam sampel zeolit. Selajutnya, sampel zeolit dicuci lagi dengan air murni dan dikeringkan. Regenerasi dilakukan dengan melakukan uji sorpsi dan desorpsi berulang. Setelah satu tahap proses desorpsi selesai, sampel zeolit dicuci dan dikeringkan dan digunakan untuk uji sorpsi/desorpsi. Pengulangan untuk uji regenerasi ini dilakukan sebanyak lima kali.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran beberapa parameter dalam sampel air limbah adalah kandungan kromium sebesar 3,9 mg/liter, fenol sebesar 3,5 mg/liter dan pH sebesar 8. Hasil pengamatan mikroskopis sampel zeolit menunjukkan bahwa sampel tersusun oleh fragmen batuan dan kristal sebagai mineral utama. Mineral gelas juga hadir dan sebagian telah teralterasi menjadi mineral sekunder. Analisis difraksi sinar X menunjukkan bahwa sampel tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas dan mineral lempung juga hadir seperti smektit dan ilit. Hasil analisis KTK menunjukkan bahwa sampel mempunyai nilai KTK yang rendah, dibandingkan dengan material yang lain semisal zeolit alam. Nilai KTK ini berkaitan dengan kehadiran mineral lempung yang dijumpai di dalam sampel.

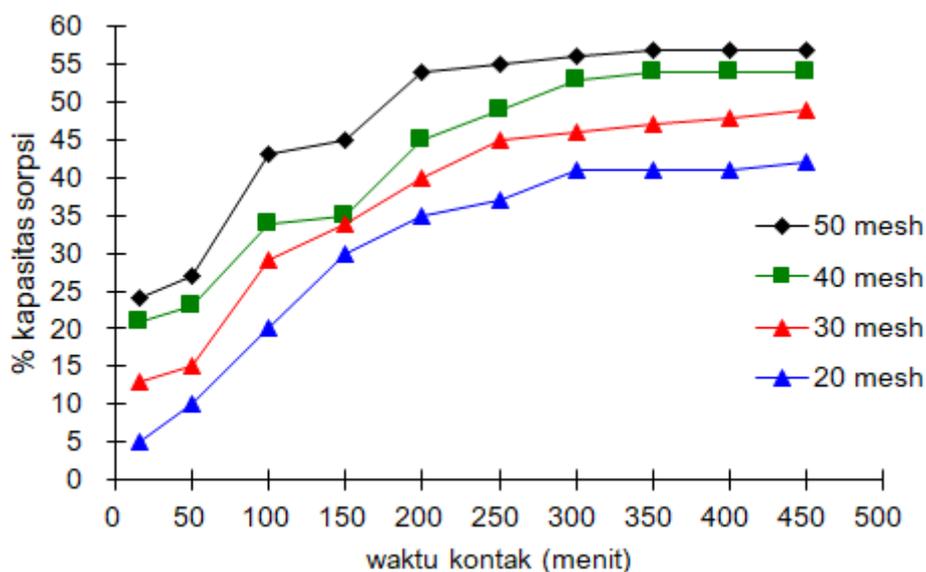
Tabel 1 Hasil karakterisasi zeolit

Parameter	Nilai/Hasil
KTK (meq/g)	33 <sup>d</sup>
Luas permukaan (m <sup>2</sup> )	21 <sup>a</sup> ; 56 <sup>b</sup> ; 67 <sup>c</sup> ; 78 <sup>d</sup>
Kandungan mineral	fragmen, kristal, mineral opak
Jenis mineral	kuarsa, plagioklas, smektit, ilit

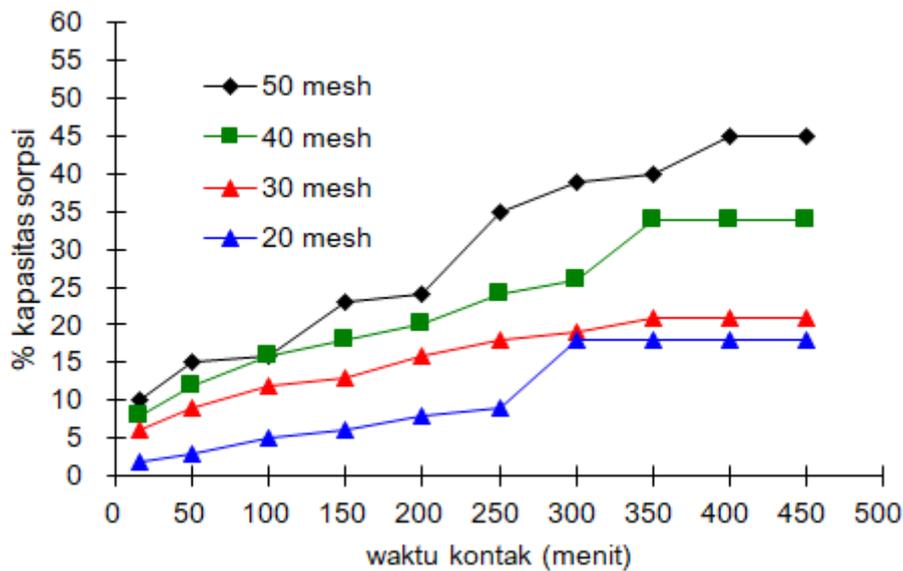
Keterangan: <sup>a</sup> mesh 20; <sup>b</sup> mesh 30, <sup>c</sup> mesh 40, <sup>d</sup> mesh 50

#### Pengaruh ukuran butir dan waktu kontak

Percobaan dilakukan dengan menggunakan tiga macam ukuran butir sampel, seperti telah dijelaskan di metode penelitian, yaitu dengan membuat sampel menjadi tiga kelas berukuran 20, 30, 40 dan 50 mesh. Setiap sampel kemudian dilakukan percobaan batch dengan mencampurkan ke dalam larutan limbah yang mengandung fenol dan kromium dalam pengaduk magnetik selama 240 menit. Hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 1 dan 2, dimana sampel yang berukuran 50 mesh mempunyai kemampuan sorpsi yang paling tinggi.



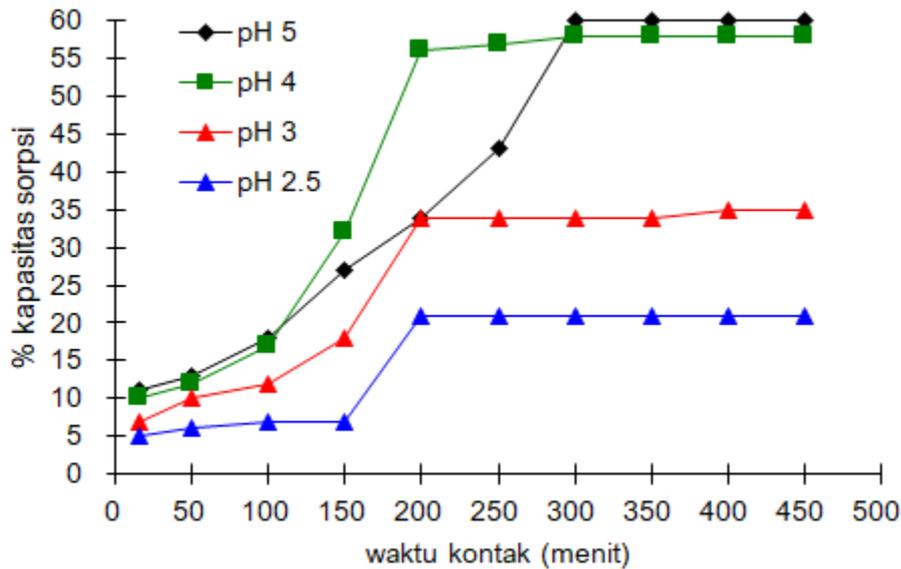
Gambar 1. Pengaruh ukuran butir terhadap waktu kontak untuk kromium



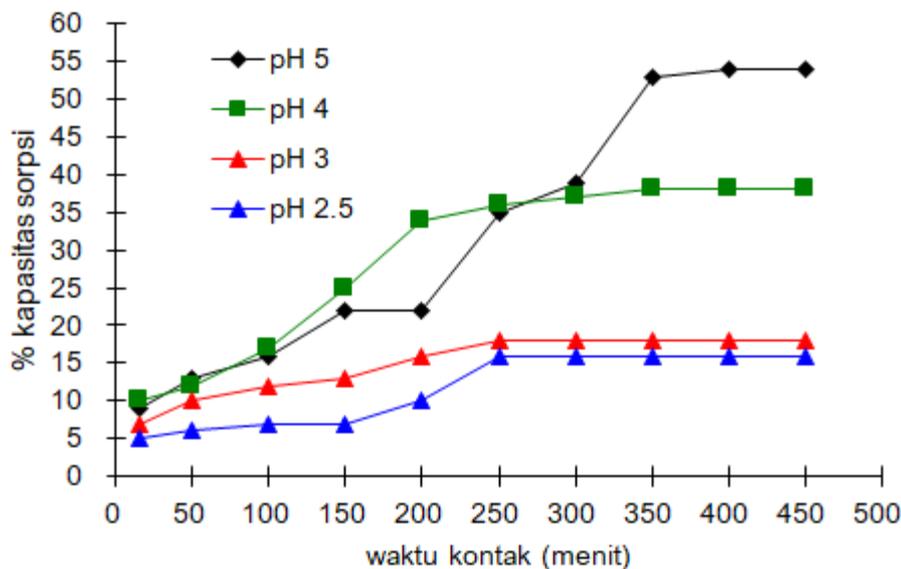
Gambar 2. Pengaruh ukuran butir terhadap waktu kontak untuk fenol

Namun demikian, trend yang ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa setelah 45 menit, kemampuan sorpsi cenderung konstan dan mendekati kesetimbangan pada angka sekitar 40%. Pola yang sama juga ditunjukkan pada sampel 30 dan 40 mesh, dimana setelah kurang lebih pada menit ke-45, kesetimbangan tercapai. Secara umum, dari gambar 1 memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran butir sampel zeolit, kemampuan sorpsi lebih besar. Hal ini dapat dijelaskan bahwa secara teori, sampel dengan ukuran butir yang lebih kecil akan memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar, seperti ditunjukkan pada tabel 1, sehingga kontak antara permukaan sampel dengan larutan akan lebih besar pula dan mempercepat proses kesetimbangan. Secara teori, kemampuan sorpsi suatu material akan sangat dipengaruhi oleh luas permukaan material yang dipergunakan (Petersen dkk, 1996; Ibrahim dkk, 2015).

Pengaruh pH



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap waktu kontak untuk kromium



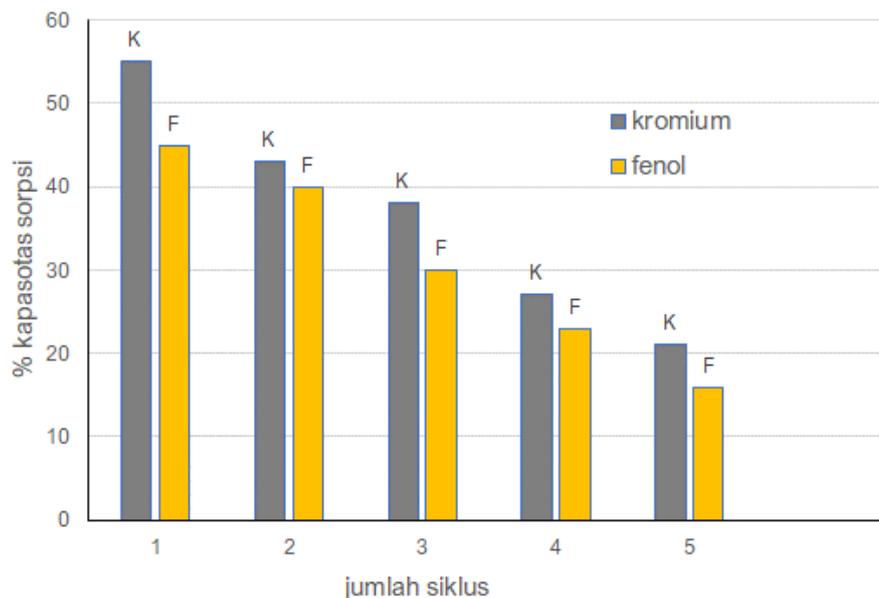
Gambar 4. Pengaruh pH terhadap waktu kontak untuk fenol

Gambar 3 dan 4 menunjukkan pengaruh pH terhadap kemampuan sorpsi dari sampel terhadap larutan fenol dan kromium. Pada percobaan ini, dari gambar 3 dan 4 ditunjukkan bahwa nilai pH akan berpengaruh terhadap kapasitas sorpsi, dimana pada pH lebih tinggi, yaitu kisaran 4 dan 5 terjadi kapasitas sorpsi yang optimum. pH larutan mempunyai pengaruh yang signifikan dalam proses pertukaran ion yang dipengaruhi oleh ion  $H^+$  dimana pada pH yang relatif rendah akan berpengaruh terhadap proses sorpsi yang terjadi karena adanya kehadiran ion  $H^+$  yang ikut berkompetisi dalam proses pertukaran ion dalam proses sorpsi (Cabrera dkk, 2005). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa proses sorpsi memberikan hasil yang optimum pada pH 5 dan 6 untuk logam Pb dan Ni (Cabrera dkk, 2005). Secara umum, kesetimbangan dicapai pada menit ke 300 dengan nilai pH pada kisaran 4 dan 5 dimana kromium akan tersorpsi pada nilai yang

optimum yang dikarenakan minimalnya kehadiran ion  $H^+$  seiring dengan meningkatnya pH (Lukman dkk, 2013; Djebbar dkk, 2012).

#### Uji regenerasi

Regenerasi atau kemampuan kembali material untuk dapat dipergunakan dalam pengolahan limbah merupakan hal yang sangat penting karena berkaitan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk diaplikasikan secara nyata di lapangan (Katsou, 2011). Lima kali siklus sorpsi dan desorpsi yang dilakukan dalam percobaan menunjukkan bahwa sampel zeolit memiliki potensi yang cukup baik untuk dijadikan material pengolah limbah. Gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi regenerasi menurun seiring dengan banyaknya siklus percobaan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama zeolit digunakan maka akan semakin banyak fenol dan kromium yang terdapat dalam zeolit meskipun telah dilakukan pencucian. Secara umum, kemampuan regenerasi menurun sampai dengan 30% setelah tiga kali siklus regenerasi. Penurunan kemampuan regenerasi ini diinterpretasikan karena adanya kehadiran mineral lempung dalam zeolit yang memiliki sifat mengikat fenol dan kromium. Walaupun dalam siklus ke lima terjadi penurunan kemampuan sorpsi, namun demikian zeolit di lokasi penelitian mempunyai potensi yang cukup menjanjikan sebagai media pengolahan limbah.



Gambar 5. Hasil uji regenerasi

#### SIMPULAN

Zeolit yang dijumpai di lokasi penelitian tersusun oleh mineral yang memiliki kandungan lempung yang bermanfaat sebagai material pengolahan limbah batik, terutama dalam menurunkan kandungan kromium dan fenol. Hasil dari percobaan pada skala laboratorium menunjukkan bahwa ukuran butir dan nilai pH mempunyai pengaruh yang signifikan dalam kemampuan zeolit sebagai material pengolahan limbah untuk menurunkan kandungan kromium dan fenol. Hasil uji regenerasi menunjukkan bahwa kemampuan regenerasi zeolit akan berkurang sampai dengan 30% setelah lima kali siklus regenerasi. Namun demikian, zeolit di lokasi penelitian mempunyai potensi yang cukup menjanjikan sebagai media pengolahan limbah untuk menurunkan kandungan kromium dan fenol, sebelum limbah dapat dibuang dengan aman ke lingkungan sesuai dengan baku mutu limbah yang berlaku.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, I., Abdelwahab, W., & El-Shamy, A. M. (2022). Environmental Remediation of Contaminated Wastewater with Ammonium Using Clay-Based Adsorbents. *Nature Environment & Pollution Technology*, 21(4).
- Aryee, A. A., Mpatani, F. M., Kani, A. N., Dovi, E., Han, R., Li, Z., et. Al. (2021). A Review on Functionalized Adsorbents Based on Peanut Husk for the Sequestration of Pollutants in Wastewater: Modification Methods and Adsorption Study. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127502.
- Budianta, W., & Sutrisno (2021). Kajian Kualitas Air Sungai Dengkeng di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *KURVATEK*, 6(2), 153-164.
- Cabrera, C., Gabaldon, C., & Marzal, P. (2005). Sorption Characteristics of Heavy Metal Ions by a Natural Zeolite. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology, International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 80(4), 477-481.
- Djebbar, M., Djafri, F., Bouchekara, M., & Djafri, A. (2012). Adsorption of Phenol on Natural Clay. *Applied Water Science*, 2, 77-86.
- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A Review. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407-418.
- Ibrahimi, M. M., & Sayyadi, A. S. (2015). Application of Natural and Modified Zeolites in Removing Heavy Metal Cations from Aqueous Media: An Overview of Including Parameters Affecting the Process. *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences*, 3(2), 1-7.
- Izzo, F., Langella, A., de Gennaro, B., Germinario, C., Grifa, C., Rispoli, C., et. Al. (2022). Chabazite from Campanian Ignimbrite Tuff as a Potential and Sustainable Remediation Agent for the Removal of Emerging Contaminants from Water. *Sustainability*, 14(2), 725.
- Katsou, E., Malamis, S., Tzanoudaki, M., Haralambous, K. J., & Loizidou, M. (2011). Regeneration of Natural Zeolite Polluted by Lead and Zinc in Wastewater Treatment Systems. *Journal of hazardous materials*, 189(3), 773-786.
- Lukman, S., Essa, M. H., Mu'azu, N. D., Bukhari, A., & Basheer, C. (2013). Adsorption and Desorption of Heavy Metals onto Natural Clay Material: Influence of Initial pH. *Journal of Environmental Science and Technology*, 6(1), 1-15.
- Natalia N. & Firdaus H. (2017). Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan). *TEKNIK*, 38 (2), pp. 99-102. doi: 10.14710/teknik.v38i2.13403.
- Petersen, L. W., Moldrup, P., Jacobsen, O. H., & Rolston, D. E. (1996). Relations between Specific Surface Area and Soil Physical and Chemical Properties. *Soil Science*, 161(1), 9-21.
- Setyaningtyas, T., Riyani, K., Dwiasi, D. W., & Rahayu, E. B. (2018). Degradasi Fenol Pada Limbah Cair Batik Menggunakan Reagen Fenton dengan Sinar UV. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4 (1).
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Air dan Air Limbah-Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*. SNI 6989:2008. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Surono, S. (2009). Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 19(3), 209-221.