

## Lombok Pumice for Adsorption of Fe<sup>2+</sup> Metal Ions Using Activation Temperature Variations

Sinta Devi Hariyanti<sup>1</sup>, Susi Rahayu<sup>1</sup>, Siti Alaa', Dian Wijaya Kurniawidi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

### Article History

Received : May 20<sup>th</sup>, 2023

Revised : June 26<sup>th</sup>, 2023

Accepted : July 10<sup>th</sup>, 2023

\*Corresponding Author: **Dian W. Kurniawidi**,

Program Studi Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;  
Email:

[diankurnia@unram.ac.id](mailto:diankurnia@unram.ac.id)

**Abstract:** Fe is a heavy metal that is often found in water. If the level exceeds the maximum limit and is continuously consumed, it will cause various kinds of diseases so that a method is needed that can reduce the level of heavy metal Fe<sup>2+</sup>. In this study, Fe<sup>2+</sup> metal ion adsorption was carried out using pumice which aims to determine the characteristics of pumice which include surface area, density and porosity, adsorption ability, and determine the contact time required to absorb Fe<sup>2+</sup> metal ions. The adsorption method used is the batch method, with activation treatment for each adsorbent. Activation is done by heating at a temperature variation of 250°, 400°, and 550°C. The results showed that the highest adsorption capacity of pumice was activated pumice powder at a temperature of 550°C with a characteristic surface area of 8.196 m<sup>2</sup>/g, porosity 12.722% and density 2.374 gr/cm<sup>3</sup> and the best contact time was at 60 minutes with absorption efficiency 86.4%

**Keywords:** Adsorption ability, batch method, pumice powder.

### Pendahuluan

Besi adalah logam berat yang bersifat toksik, padat, dan larut yang dimana jika terakumulasi di dalam tubuh secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Polar, 2008). Saat ini, berbagai adsorben telah dikembangkan untuk menghilangkan polutan logam pada air, diantara kitosan, zeolit, karbon aktif, silika gel, dan batu apung. Batu apung salah satu material yang dimanfaatkan sebagai adsorben karena memiliki struktur yang ringan dan berpori (85%) dan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Batu apung juga memiliki luas permukaan yang besar dengan ukuran pori yang kecil (Mahadilla dan Putra, 2014) dan mengandung komponen utama kimia berupa SiO<sub>2</sub> (63,45%) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17,24%) (Sepher *et al.*, 2013). Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan batu apung sebagai adsorben untuk menyerap polutan seperti seng (Indah *et al.* 2019), tembaga (Yuriandini, 2021), besi (Kurniawidi *et al.*, 2021) dan timbal (Wardani, 2019).

Beberapa metode telah dilakukan untuk menurunkan kadar logam berat pada air, meliputi

penukar ion, ekstraksi pelarut, osmosisi balik, peripitasi, adsorpsi, filtrasi, elektrokimia, reaksi reduksi-oksidasi, dan *ovaporation recovary*. Namun, proses adsorpsi merupakan metode yang paling sering digunakan, hal ini dikarenakan selain mudah, juga lebih murah secara ekonomis (Shen, 2013). Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya daya tarik atom molekul padatan tanpa meresap kedalam (Atkins, 1999). Media yang digunakan untuk adsorpsi disebut dengan adsorben. Syarat adsorben yang baik untuk memenuhi kriteria seperti daya serap yang tinggi, luas permukaan yang besar, mudah diregenerasi, mudah didapat dan harganya murah (Putro, 2010).

Adsorben dari bahan alam pada umumnya menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih baik ketika diaktivasi, hal ini dikarenakan adanya perubahan luas permukaan, struktur pori, dan gugus fungsi. Batu apung di Indonesia sudah banyak tersebar di beberapa wilayah, salah satunya di Pulau Lombok. Menurut penelitian Ridha (2016), batu apung yang berasal dari Desa

Karang Sidemen Kecamatan Batu Kliang Lombok Tengah merupakan sampel batu apung yang memiliki tingkat serapan yang tinggi terhadap fluida sehingga pada penelitian ini akan dilakukan adsorpsi ion logam  $Fe^{2+}$  menggunakan batu apung dari Desa Karang Sidemen Kecamatan Batu Kliang Lombok Tengah.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2022 – Oktober 2022. Proses preparasi dan aktivasi batu apung dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut, Fakultas MIPA Universitas Mataram dan Laboratorium Biologi Lanjut Fakultas MIPA Universitas Mataram. Pengujian AAS dan pengujian larutan *methylene blue* dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup NTB.

### Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen skala laboratorium. Secara garis besar, prosedur penelitian yaitu preparasi sampel, aktivasi sampel, uji densitas porositas, dan karakterisasi sampel yang terdiri dari uji adsorpsi dan uji luas permukaan.

### Preparasi sampel

Preparasi awal sampel dimulai dengan batu apung di cuci menggunakan air hingga bersih untuk menghilangkan pengotor, kemudian dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu  $80^{\circ}C$  selama 4 jam. Setelah itu, batu apung dihaluskan dengan menggunakan mortar hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 325 mesh untuk mendapatkan serbuk batu apung dengan ukuran yang seragam. Serbuk batu apung yang sudah diayak, direndam dalam larutan HCl 0.1 M selama 24 jam.

### Aktivasi serbuk batu apung

Sebanyak 25 gr serbuk batu apung dilarutkan dalam 250 ml NaOH 0,5M kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 24 jam. Setelah melalui perendaman, serbuk batu apung dinetralkan kembali hingga pH netral (pH=7) dikeringkan kembali di dalam oven pada suhu  $105^{\circ}C$  selama 24 jam. Terakhir, serbuk batu

apung di furnace pada suhu  $250^{\circ}C$ ,  $400^{\circ}C$ ,  $550^{\circ}C$  selama 3 jam.

### Uji adsorpsi ion logam $Fe^{2+}$ dengan variasi suhu aktivasi

Pengujian adsorpsi ion logam  $Fe^{2+}$  dilakukan untuk mengetahui perbandingan kemampuan adsorpsi menggunakan serbuk batu apung sebelum diaktivasi dan setelah diaktivasi. Sebanyak 0,5 gram serbuk batu apung sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi pada suhu  $250^{\circ}C$ ,  $400^{\circ}C$ ,  $550^{\circ}C$  masing-masing di masukkan ke dalam 50ml larutan Fe 100 ppm. Larutan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit pada kecepatan 200 rpm. Kemudian disaring menggunakan kertas saring. Konsentrasi akhir logam Fe diukur menggunakan alat karakterisasi AAS.

### Uji adsorpsi ion logam $Fe^{2+}$ dengan variasi waktu kontak

Sebanyak 0,5 gram serbuk batu apung di masukkan ke dalam 50 ml larutan Fe 100 ppm. Larutan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm dengan waktu kontak yang bervariasi yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring. Konsentrasi akhir logam Fe diukur menggunakan alat karakterisasi AAS. Kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 1 (Sang *et al.*, 2008).

$$q_m = \left( \frac{C_e - C_f}{m} \right) x V \quad (1)$$

$q_m$  merupakan kapasitas adsorpsi ion logam  $Fe^{2+}$  (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi awal  $Fe^{2+}$  (mg/L),  $C_f$  adalah konsentrasi akhir  $Fe^{2+}$  (mg/L),  $m$  adalah massa adsorben (gr),  $V$  adalah volume larutan adsorbat (L). Persentase logam  $Fe^{2+}$  yang hilang dari larutan setelah proses adsorpsi dinyatakan dengan efisiensi penyerapan ( $E$ ) dan dihitung menggunakan persamaan 2 (Waryadati *et al.*, 2007).

$$E (\%) = \left( \frac{C_e - C_f}{C_e} \right) x 100\% \quad (2)$$

### Uji porositas dan densitas serbuk batu apung

Pengujian densitas dilakukan dengan piknometer. Larutan yang digunakan dalam penentuan densitas adalah Aceton. Dilakukan

perulangan pengukuran sebanyak 3 kali. Sedangkan untuk pengujian porositas dilakukan menggunakan data saat penentuan densitas, antara lain diameter piknometer, volume sampel dan cairan acetone yang digunakan dalam penelitian.

### Uji luas permukaan spesifik

Adsorpsi larutan zat warna *methylen blue* oleh serbuk batu apung dilakukan pada metode *batch*. Sampel tanpa aktivasi dan teraktivasi pada suhu 250°C, 400°C, 550°C, sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam 25 ml larutan *methylen blue* 50 ppm. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan kecepatan 200 rpm. Larutan disaring menggunakan kertas saring dan hasil filtratnya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 644 nm.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis luas permukaan spesifik serbuk batu apung

Luas permukaan spesifik suatu adsorben sangat berpengaruh terhadap kemampuan material dalam melakukan adsorpsi. Material adsorben dengan luas permukaan yang besar memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Pengujian dalam penelitian ini dilakukan dengan metode Batch, dengan tujuan untuk mempelajari kondisi optimum adsorben yang digunakan dalam proses penyerapan logam Fe (Muhammad Arief Karim, dkk, 2017). Berdasarkan tabel 1 didapatkan nilai luas permukaan paling besar untuk sampel yang diaktivasi pada suhu 550°C.

**Tabel 1.** Luas permukaan spesifik dari serbuk batu apung

Sampel	Luas Permukaan Spesifik (m <sup>2</sup> /g)
TA	2,056
A1	4,761
A2	6,669
A3	8,196

Keterangan: Sampel TA (tanpa aktivasi), A1 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 250°C), A2 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 400°C), A3 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 550°C)

Tabel 1 memperlihatkan luas permukaan spesifik serbuk batu apung tanpa aktivasi lebih

kecil dibandingkan dengan serbuk batu apung teraktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh suhu aktivasi terhadap luas permukaan spesifik adsorben, karena seiring bertambahnya suhu aktivasi maka nilai luas permukaan spesifik akan semakin tinggi. Secara eksperimen, selain peningkatan suhu kalsinasi, ukuran atom adsorbat logam Fe juga dapat mempengaruhi proses adsorpsi (Abdurrahman Bahtiar, dkk., 2015).

### Analisis densitas dan porositas serbuk batu apung

Pengujian densitas dan porositas pada serbuk batu apung dilakukan dengan tujuan mengetahui kepadatan sebenarnya dari partikel serbuk. Tabel 2 memperlihatkan nilai densitas dan porositas serbuk apung sebelum diaktivasi dan setelah diaktivasi.

**Tabel 2.** Hasil pengujian densitas dan porositas serbuk batu apung

Sampel	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
TA	2,415	12,685
A1	2,385	12,698
A2	2,378	12,714
A3	2,374	12,721

Keterangan: Sampel TA (tanpa aktivasi), A1 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 250°C), A2 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 400°C), A3 (serbuk batu apung yang diaktivasi pada suhu 550°C)

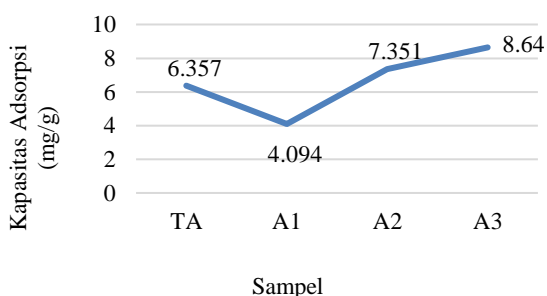
Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan maka nilai densitas yang diperoleh semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh partikel-partikel penyusun material mengalami peregangan karena adanya tumbukan antar molekul, yang mengakibatkan molekul-molekul meregang sehingga terdapat banyak ruang kosong dalam material. Semakin banyak ruang kosong yang mengisi material, maka volume pori-pori (porous) semakin besar.

Nilai densitas memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan nilai porositas, dimana semakin rendah nilai densitas maka semakin tinggi nilai porositasnya. Jika suatu adsorben memiliki nilai porositas yang tinggi, maka kemampuan adsorpsinya semakin baik, karena porositas sendiri didefinisikan sebagai ruang kosong yang terdapat pada material. Semakin banyak ruang kosong yang mengisi

material tersebut maka semakin banyak pula adsorbat yang diserap sehingga ini berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi. Peningkatan nilai porositas dapat juga disebabkan oleh proses aktivasi, dimana Syaunyah (2011) menyatakan bahwa porositas suatu adsorben dapat ditingkatkan dengan mengaktivasi secara fisika dengan kalsinasi maupun secara kimia dengan pencampuran larutan kimia.

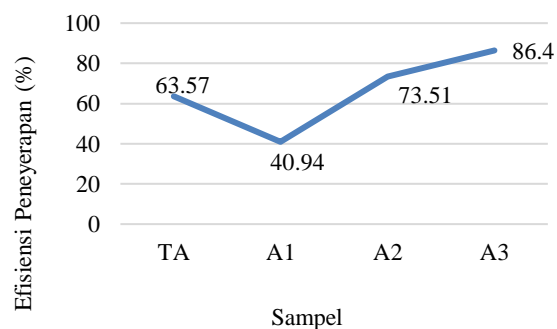
### Analisis adsorpsi ion logam Fe<sup>2+</sup>

Kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyerapan merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan dalam menentukan kemampuan suatu adsorben dalam proses adsorpsi. Pada gambar 1 dan 2, disajikan hasil kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyerapan serbuk batu apung tanpa aktivasi dan teraktivasi, sebagai perbandingan kemampuan adsorpsi dari setiap sampel.



**Gambar 1.** Kapasitas Adsorpsi oleh Serbuk Batu Apung

Penerapan persamaan 1 dan persamaan 2, secara berturut-turut ditampilkan pada gambar 1 dan gambar 2. Gambar 1 menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi serbuk batu apung optimum terjadi pada suhu aktivasi 550°C.



**Gambar 2.** Efisiensi penyerapan oleh serbuk batu apung

Nilai efisiensi penyerapan setiap sampel pada gambar 2 menunjukkan serbuk batu apung tanpa aktivasi diketahui memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dari serbuk batu apung diaktivasi pada suhu 250°C, yaitu sebesar 63.5%. Sedangkan nilai efisiensi penyerapan serbuk batu apung diaktivasi pada suhu 250°C yaitu sebesar 40.95%. Hal ini bisa terjadi akibat aktivasi yang dilakukan pada suhu yang terlalu rendah. Selain itu, terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi adsorpsi ion, diantaranya ukuran dan bentuk saluran masuk kapiler dalam kristal batuan, jumlah dan lokasi kation yang dapat dipertukarkan, serta kerusakan kristal pada saluran dalam pori-pori batuan.

Gambar 1 dan 2 juga menunjukkan adanya kenaikan kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyerapannya seiring dengan peningkatan suhu aktivasi yang digunakan. Kemampuan adsorpsi yang paling baik terdapat pada serbuk batu apung teraktivasi pada suhu 550°C, dengan nilai efisiensi penyerapan sebesar 84.5%. Hal ini membuktikan bahwa, aktivasi fisika yang dilakukan dapat menguapkan kadar air yang terperangkap di dalam pori-pori adsorben, sehingga luas permukaan spesifik adsorben mengalami peningkatan sehingga dapat digunakan untuk menyerap ion logam secara optimum.

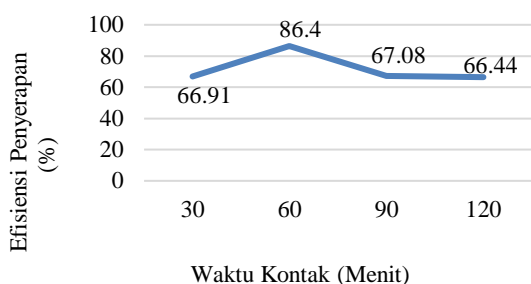
### Analisis waktu kontak dalam mengadsorpsi ion logam Fe<sup>2+</sup>

Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang dibutuhkan oleh serbuk batu apung dalam mengadsorpsi ion logam secara maksimal. Hasil adsorpsi ion logam Fe<sup>2+</sup> untuk pengujian waktu kontak dapat dilihat pada tabel 3, sedangkan efisiensi penyerapan disajikan pada gambar 3.

**Tabel 3.** Hasil adsorpsi ion logam dengan variasi waktu kontak

Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Ion Logam Fe <sup>2+</sup> tanpa adsorpsi (mg/L)	Konsentrasi Ion Logam Fe <sup>2+</sup> setelah adsorpsi (mg/L)
30	100	33,09
60	100	13,60
90	100	32,92
120	100	33,56

Tabel 3 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi ion logam  $Fe^{2+}$  menggunakan batu apung teraktivasi pada suhu  $550^{\circ}C$  pada setiap variasi waktu kontak dengan konsentrasi awal larutan yang digunakan yaitu sebesar 100 mg/L. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak memberikan kesempatan partikel semakin banyak bersinggungan dengan logam dan terikat dalam pori-pori adsorben. Namun pada waktu kontak tertentu, efisiensi adsorpsinya akan mengalami penurunan.



**Gambar 3.** Efisiensi Penyerapan Serbuk Batu Apung Teraktivasi

Menurut Yetri dan Hidayati (2018) hal ini dapat disebabkan karena adsorbat logam besi mengalami desorpsi, yaitu lepasnya ion adsorbat yang sudah terikat dengan adsorben ke dalam sistem larutan akibat lemahnya ikatan. Permukaan adsorben yang telah jenuh oleh molekul tersebut dapat menyebabkan desorpsi. Sesuai dengan penelitian Candra Irawan, dkk. (2015) waktu kontak terbaik adalah 60 menit.

## Kesimpulan

Suhu aktivasi berpengaruh terhadap karakteristik batu apung, ditunjukkan dengan semakin tingginya suhu aktivasi, semakin besar luas permukaan spesifik dan porositasnya. Hal ini berbanding terbalik dengan densitas, dimana semakin tinggi suhu aktivasi maka nilai densitas semakin berkurang. Serbuk batu apung yang memiliki kemampuan adsorpsi terbaik dalam mengadsorpsi ion logam  $Fe^{2+}$  yaitu serbuk batu apung teraktivasi pada suhu  $550^{\circ}C$  dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 8.64 mg/g dan nilai efisiensinya mencapai 86.4%. Adapun waktu kontak yang dibutuhkan oleh serbuk batu apung dalam menyerap ion logam  $Fe^{2+}$  selama 60 menit.

## Ucapan Terima Kasih

Diucapkan terima kasih kepada Tim Dosen KPBI Fisika Material FMIPA Universitas Mataram, Lab. Biologi Lanjut FMIPA Universitas Mataram dan Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup NTB sehingga diperoleh hasil analisis data dalam penelitian.

## Referensi

- Abdurrahman Bahtiar, Irfana Diah Faryuni, Muh. Ishak Jumarang. (2015). Adsorpsi Logam Fe Menggunakan Adsorben Karbon Kulit Durian Teraktivasi Larutan Kalium Hidroksida. *PRISMA Fisika, Vol. III, No. 01 (2015), Hal.05 - 08 ISSN: 2337-8204*. DOI:<http://dx.doi.org/10.26418/pf.v3i1.9123>.
- Atkins, P.W. (1999). *Kimia Fisika Jilid I*. Erlangga: Jakarta
- Candra Irawan, Basri Dahlan, Nawang Retno. (2015). Pengaruh Massa Adsorben, Lama Kontak Dan Aktivasi Adsorben Menggunakan HCl Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat (Fe) Dengan Menggunakan Abu Layang Sebagai Adsorben. *Jurnal Teknologi Terpadu No. 2 Vol. 3 Oktober 2015 ISSN 2338 – 6649* diakses tanggal 28 Juni 2023. DOI: <https://doi.org/10.32487/jtt.v3i2.89>
- Indah, S., Helard, D., Primasari, B., Edwin, T., & Putro, R. (2019). Modification of Natural Pumice by Physical and Chemical Treatment of Removal of Zinc Ions From Aqueous Solution. *MATEC Web Conf. Vol. 276, 2019 International Conference on Advances in Civil and Environmental Engineering (ICAnCEE 2018)* <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927606009>
- Kurniawidi, D. W., Siti Alaa, Sri Mulyani, & Susi Rahayu. (2021). Sintesis Zeolit Dari Batu Apung (Pumice) Daerah Ijobalit Lombok Timur Sebagai Adsorben Logam Fe. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 313-317. Doi:<https://doi.org/10.31764/orbita.v7i2.6010>
- Mahadilla, F., & Putra, A. (2014). Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika Dalam Pembuatan Zeolit Sintesis. *Jurnal. Fisika*



- Unand 2. DOI: <https://doi.org/10.25077/jfu.2.4.%25p.2013>
- Muhammad Arief Karim, Heni Juniar, M. Fitria Putri Ambarsari. (2017). Adsorpsi Ion Logam Fe Dalam Limbah Tekstil Sintesis Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Distilasi*, Vol 2. No. 2 September 2017 halaman 68-81. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1205>
- Polar, D. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Putro, A., & Ardhiyany, S. (2010). Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi dengan Metode Adsorpsi Hidrophobik. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ridha, M., & Darminto. (2016). Analisis Densitas, Porositas dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok Dengan Variasi Lokasi Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image-J. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 124-130. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v12i3.1403>
- Sang , Y., F, L., Q, G., C, L., & J, C. (2008). Heavy Metal-Contaminated Groundwater Treatment by A Novel Nanofiber Membrane Desalination. 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.208>
- Sepher, M. Z. (2013). Removal Of Hardness Agents, Calcium and Magnesium By Natural And Alkaline Modified Pumice Stones In Single and Binary System. *Applied Surface Science*, 295-305. DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.03.042
- Shen,C., Annusavice, K.J., Rawls, H.R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials (12th ed)*. Missouri: Sounders Elsevier
- Syauqiah, L. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 104-109. <http://dx.doi.org/10.20527/infotek.v12i1.1773.g1545>
- Wardani, I. (2019). Kapasitas Adsorpsi Timbal dari Tepung Batu Apung Kediri Teraktivasi Basa Dalam Sistem Larutan. *Skripsi*. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian: Institut Pertanian Bogor.
- Wardayati, Siti, Grace Tj Sulungbudi, & Ridwan. (2007). Adsorpsi Ion Pb<sup>2+</sup> dan Ni<sup>3+</sup> Oleh Nanopartikel- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / FeO<sub>4</sub>. Akreditasi LIPI No. 536/D/2007 p. 83-87. Tangerang: PTBIN BATAN. DOI: 10.17146/jsmi.2010.11.2.1042
- Yetri, Y., & Hidayati, R. (2018). Kemampuan Kulit Buah Kakao (Theobromacacao) Sebagai Biosorben Ion Logam Hg (II) dan Ni (II). *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*. Politeknik Negeri Bengkalis.
- Yuriandini, M. (2022). Adsorpsi Ion Logam Cu<sup>2+</sup> Menggunakan Batu Apung. *Skripsi*. Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Mataram.