

## **PENYISIHAN ION LOGAM FE MENGGUNAKAN ADSORBEN KAOLIN YANG DIMODIFIKASI SURFAKTAN**

**Alfian Putra<sup>1\*</sup>, Teuku Rihayat<sup>1</sup>, Rima Dhinta Dewi Astuti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280,3, Buketrata, Mesjid Punteut, Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia  
Email: alfianputra2021@gmail.com

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk mempersiapkan adsorben berbahan baku kaolin alam yang dimodifikasi CTAB untuk menyisihkan ion logam Fe<sup>2+</sup> dari permukaan air. Kaolin alam dicuci dengan air suling dan selanjutnya dikeringkan dalam *oven dryer*, Kaolin selanjutnya di aktivasi dengan HCL 1 N, dan di modifikasi dengan surfaktan CTAB dengan perbandingan 45% dari berat kaolin. Proses penyerapan dilakukan dengan mencampurkan 2 gram adsorben yang telah dimodifikasi pada 100 ml sampel air yang mengandung 3 ppm ion logam Fe<sup>2+</sup> diikuti dengan pengadukan 100 rpm, pH 5, dan suhu 30<sup>0</sup>C. Konsentrasi Fe<sup>2+</sup> pada permukaan air dianalisa dengan menggunakan AAS setiap selang waktu tertentu dalam periode 20 – 100 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorben kaolin tanpa modifikasi mampu menurunkan konsentrasi Fe<sup>2+</sup> sebesar 62,23% selama 40 menit, sedangkan adsorben dari kaolin modifikasi surfaktan pada awal proses mampu menurunkan konsentrasi Fe<sup>2+</sup> mencapai 73,8% pada waktu 10 menit. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa adsorben kaolin modifikasi mampu menyerap ion logam Fe<sup>2+</sup> lebih banyak dalam waktu singkat karena mempunyai permukaan kontak yang luas dan juga mempunyai struktur permukaan acak, dibandingkan dengan adsorben kaolin yang tidak modifikasi surfaktan mempunyai struktur morfologinya yang beraturan.

**Kata kunci :** *Adsorpsi, Fe, Adsorben, Kaolin, CTAB*

### **ABSTRACT**

This research was conducted to prepare an adsorbent made from natural kaolin which was modified by CTAB to remove Fe<sup>2+</sup> metal ions from the water surface. Natural kaolin was washed with distilled water and then dried in an oven dryer. Kaolin was then activated with 1 N HCL, and modified with CTAB surfactant with a ratio of 45% by weight of kaolin. The absorption process was carried out by mixing 2 grams of the modified adsorbent in 100 ml of water sample containing 3 ppm Fe<sup>2+</sup> metal ions followed by stirring at 100 rpm, pH 5, and a temperature of 300C. The concentration of Fe<sup>2+</sup> on the surface of the water was analyzed using AAS every certain time interval in a period of 20 – 100 minutes. The results showed that the adsorbent ability of kaolin without modification was able to reduce the Fe<sup>2+</sup> concentration by 62.23% for 40 minutes, while the adsorbent of the susurfactant-modified aoln at the beginning of the process was able to reduce the Fe<sup>2+</sup> concentration to 73.8% in 10 minutes. The results of SEM characterization showed that the modified kaolin adsorbent was able to absorb more Fe<sup>2+</sup> metal ions in a short time because it had a large contact surface and also had a random surface structure, compared to the non-surfactant modified kaolin adsorbent which had a regular morphological structure.

**Keywords:** *Adsorption, Fe, Adsorbent, Kaolin, CTAB*

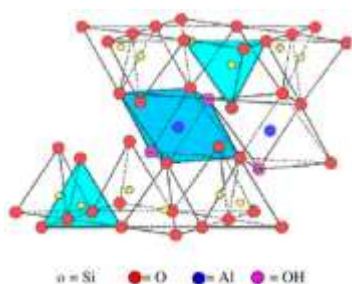
## PENDAHULUAN

Lingkungan hidup yang bersih merupakan dambaan semua umat manusia, namun tidak dapat di pungkiri proses pengolahan di industri, rumah tangga, pusat kesehatan, dsb. menjadi roda berputar dalam kehidupan dan menyumbang limbah yang kebanyakan limbah tersebut malah memberikan dampak negatif bagi kehidupan dan menjadi sumber pencemaran yang berdampak buruk. dikategorikan sebagai daerah tercemar jika terjadi perubahan standar baku mutu lingkungan meliputi air, tanah dan udara. Hal ini dapat terjadi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kegiatan penambangan. Kegiatan penambangan menghasilkan limbah buangan yang mengandung logam berat seperti Cu, Zn, Pb, dan Hg yang dialirkan ke lingkungan perairan [5].

Limbah besi yang tercemar pada air terbuka akan membahayakan masyarakat sekitarnya jika tidak dilakukan penanganan khusus pengolahan limbah berbahaya. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan bahan alam salah satunya kaolin, bahan alam yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah organik dan anorganik [5,8] juga sangat mudah dalam rekonstruksi, operasi bahkan pemeliharannya dengan biaya operasi yang relatif murah, kapasitas penyerapan yang tinggi dan maksimal. [9,12]

Kaolin sangat berpotensi sebagai adsorben karena harganya murah, aman dan mudah di dapat. Namun, kemampuan daya serap kaolin sebagai adsorben masih sangat rendah jika dibandingkan dengan zeolit, arang aktif dan bentonit, sehingga perlu adanya upaya untuk meningkatkan daya serap kaolin, salah satunya dengan melakukan modifikasi menggunakan senyawa organik seperti surfaktan (Olaremu dkk, 2015).

Kaolin adalah mineral yang terdapat pada batuan sedimen dikenal dengan nama batulempung. Kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung berkualitas tinggi dengan komposisi kimia hydrous aluminium silicate ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) dan berwarna putih, abu-abu putih, kuning jingga, abu-abu atau kemerahan. Kaolin ini mengandung butiran yang sangat halus, lunak dan kurang plastis bila bercampur dengan air (Khamdahsag dkk, 2017). Potensi dan cadangan kaolin yang besar di Indonesia terdapat di Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Pulau Bangka dan Belitung, serta potensi lainnya tersebar di Pulau Sumatera khususnya Sumatera Utara, Pulau Jawa, dan Sulawesi Utara (Daud, 2015). Adapun struktur kaolin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kaolinit (Awad, 2017)

Bagian permukaan dari kristal kaolinit mempunyai muatan negatif yang tetap dan tidak bergantung pH (permanent charge). Muatan negatif tersebut berasal dari substitusi atom dalam struktur kristal yang tidak mempengaruhi struktur kristal tersebut, misalnya dengan adanya atom Al yang bermuatan +3 yang menggantikan atom Si yang bermuatan +4 menyebabkan kerangka kaolinit kekurangan muatan positif atau kelebihan muatan negatif (Awad, 2017).

Surfaktan terdiri dari dua bagian yaitu kepala dan ekor. Bagian kepala bermuatan positif dan bersifat hidrofilik sedangkan bagian ekor tidak bermuatan dan bersifat hidrofobik. Sebelumnya, telah mencoba melakukan modifikasi kaolin menggunakan surfaktan anionik untuk menyerap ion logam Pb dalam air. Meskipun kemampuan penyerapan kaolin yang telah dimodifikasi surfaktan menjadi lebih baik dibandingkan dengan kaolin alami, namun efisiensi penyerapan logam masih belum maksimal yaitu hanya mencapai 63%. Peningkatan kemampuan penyerapan adsorben masih dapat ditingkatkan dengan bantuan teknologi ultrasonik. Teknologi ultrasonik memiliki keunggulan karena biaya operasional yang murah dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Pada Penelitian penyerapan logam Fe(II) menggunakan zeolit aktivasi sebagai adsorben dan iradiasi ultrasonik dipelajari dengan variasi waktu kontak, pH, dan suhu. Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi ion Fe (II) adalah pada waktu kontak 15 menit, pH 4, dan suhu 30°C (Rismiarti, dkk., 2016). Menurut Santi (2014), kapasitas adsorben yang telah diaktivasi dan diiradiasi gelombang ultrasonik meningkat hingga dua kali, karena iradiasi ultrasonik dapat memperbesar luas permukaan adsorben secara spesifik.

Modifikasi kaolin dengan surfaktan bertujuan untuk mengikat surfaktan pada permukaan kaolin yang bersifat hidrofobik. Adsorpsi surfaktan pada permukaan adsorben mengikutsertakan interaksi molekul dengan permukaan dan antar molekul. Interaksi tersebut dapat mempengaruhi material surfaktan yang terbentuk, material tersebut ditentukan oleh konsentrasi surfaktan. Semakin besar konsentrasi surfaktan maka interaksi antar molekul semakin besar sehingga material yang terbentuk menjadi meningkat. Material yang terbentuk dapat menentukan sifat permukaan adsorben yang diikatnya dan akan mengadsorpsi anion lebih banyak.

Proses adsorpsi berlangsung jika suatu permukaan padatan dan molekul-molekul gas dan cairan dikontakkan dengan molekul-molekul tersebut, maka didalamnya terdapat gaya kohesif termasuk gaya hidrostatis dan gaya ikatan hydrogen yang bekerja di antara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas fasa tersebut menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida.

Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz. Gelombang ultrasonik dapat merambat pada medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di

permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tetapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap. Secara umum, teknologi ultrasonik digunakan untuk meningkatkan efisiensi transfer massa. Fenomena ini disebabkan oleh kavitasi dan variasi tekanan tinggi yang diinduksi selama iradiasi ultrasonik. Selain itu, fenomena fisik mikro-turbulensi, microstreaming, gelombang akustik dan jet mikro dapat meningkatkan reaktivitas kimia partikel larutan dengan membenturkan antar partikel yang efektif. Selain itu pada reaksi menggunakan bahan padat, penggunaan ultrasonik dapat memecah padatan dari energi yang ditimbulkan akibatnya pecahnya kavitasi. Efeknya adalah memberikan komponen reaktan padat luas permukaan yang lebih besar untuk meningkatkan laju reaksi (Purnama dkk, 2014). Penggunaan ultrasonik telah terbukti dapat menjadi alat yang sangat berguna untuk mempercepat adsorpsi ion logam dan zat warna pada adsorben dengan meningkatkan afinitas antara adsorbat dan adsorben (Gupta dkk, 2016).

Penggunaan teknologi ultrasonik pada proses adsorpsi telah banyak dilakukan antara lain pada proses adsorpsi ion logam Cu(II) menggunakan karbon aktif dari sekam padi (Aqbar, dkk., 2014) dan ion logam Pb(II), penerapan metode sonifikasi terhadap adsorpsi Fe (III) pada zeolit alam teraktivasi, dan Penggunaan ultrasonik untuk menyerap ion logam berat dan zat warna (Jorfi dkk, 2017).

Adapun dalam studi ini bertujuan mempelajari dan mengkaji tentang optimalisasi daya serap kaolin sebagai adsorben dengan cara modifikasi kaolin dengan surfaktan Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) dan iradiasi ultrasonik dalam menyerap logam Fe dalam air, dengan menggunakan teknologi ultrasonik dapat menjadi salah satu alternatif ramah lingkungan dalam upaya peningkatan daya serap adsorben khususnya kaolin. Investigasi adsorben dilakukan pengujian dengan melakukan uji Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), dan adsorben yang belum melalui proses adsorpsi dan setelah proses adsorpsi dikarakterisasi dengan SEM.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu kaolin alam, Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB), limbah artifisial Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, larutan HCl 1 N dan aquadest. Sedangkan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu ultrasonik, beaker glass, Erlenmeyer, oven, pH meter, pipet ukur dan pipet tetes.

### Persiapan Kaolin

Kaolin diambil dari wilayah Nisam, Aceh Utara dihancurkan dan diayak hingga berukuran 110 mesh. Kaolin yang sudah berukuran 110 mesh di panaskan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 3 jam. Di aktivator dengan HCl 1,0 N dan didiamkan selama 3 jam. Kemudian dicuci dengan aquadest hingga netral (pH = 7). Padatan kaolin di simpan dalam desikator.

### Modifikasi Kaolin dengan Surfaktan

Padatan kaolin dicampurkan dengan larutan surfaktan dengan perbandingan 50% dari berat total. Campuran di aduk dan didiamkan selama 3 jam. Setelah itu endapan di saring dan di cuci dengan aquadest hingga netral (pH = 7). Dikeringkan pada suhu kamar.

### Proses Pembuatan Limbah Artifisial Fe<sup>2+</sup> (100 mg/l)

Ditimbang FeSO<sub>4</sub> sebanyak 497,85 mg. Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang telah ditimbang, dimasukkan kedalam labu takar 1 L dan dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas.

### Proses Adsorpsi pada Limbah Artifisial Menggunakan Ultrasonik

Masukkan sebanyak 5 gram organokaolin kedalam erlenmeyer. Sebanyak 100 ml sampel limbah artifisial dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dan dicampurkan dengan organokaolin dengan rasio tertentu. Setelah itu di tutup dengan menggunakan aluminium foil. Kemudian di masukkan ke dalam ultrasonik dengan suhu iradiasi 60°C. Lalu sampel diambil selama waktu iradiasi 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Kemudian sampel tersebut dianalisa dengan menggunakan AAS.

### Prosedur Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan kinetika adsorpsi menggunakan persamaan Lagergren. Persamaan ini terdiri dari model kinetika orde pertama dan model kinetika orde kedua. Untuk dapat menghitung kinetika adsorpsi digunakan bentuk linear dari persamaan orde 1 dan orde 2.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (3.1)$$

Dengan membuat plot (q<sub>e</sub>-q<sub>t</sub>) terhadap t atau plot ln (q<sub>e</sub>-q<sub>t</sub>) terhadap t, akan diperoleh kurva linear dengan slope = k<sub>1</sub>/2,303 atau k, dan intersep = ln q<sub>e</sub> sehingga parameter kinetika k<sub>1</sub> dan q<sub>e</sub> dapat dihitung.

Bentuk linear dari Lagergren orde 2 adalah sebagai berikut :

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (3.2)$$

Dengan membuat plot t/qt terhadap t, akan diperoleh kurva linear dengan slope = 1/q<sub>e</sub> dan intersep = 1/k<sub>2</sub>q<sub>e</sub><sup>2</sup>, sehingga parameter q<sub>e</sub> dan k<sub>2</sub> dapat dihitung 5, 15, 30, 50 dan 80 menit. Kemudian sampel tersebut dianalisa dengan menggunakan, AAS.

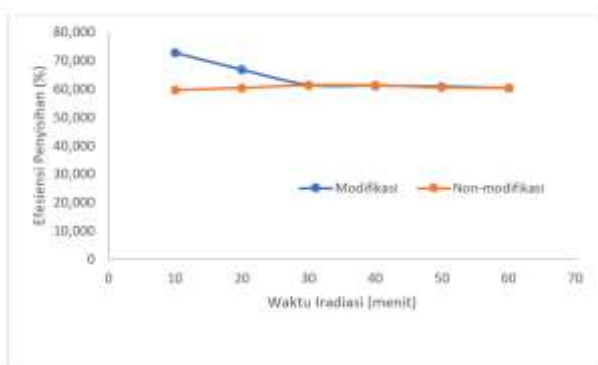
Pengujian kadar sampel Fe (SNI 06-6989.4-2004) secara langsung dilakukan pada panjang gelombang 248,3 nm. Sebanyak 50 ml contoh uji dimasukkan kedalam erlenmeyer berukuran 100 ml. Kemudian dihubungkan dengan pipa kapiler pada alat AAS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Kemampuan Adsorben Dalam Menyisihkan Konsentrasi Logam Fe dan Mg Menggunakan AAS

Keberadaan logam dalam air seringkali menjadi masalah bagi kesehatan manusia. Terutama logam berat yang memiliki sifat sukar terdegradasi, beracun, dan akumulatif. Oleh karena itu penggunaan adsorben modifikasi kaolin dengan surfaktan anionik (organokaolin) dan iradiasi ultrasonik digunakan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan logam Fe yang terkandung didalam air. Hasil analisa dari penelitian yang telah dilakukan, memperlihatkan kemampuan adsorben kaolin yang dimodifikasi dengan surfaktan anionik (organokaolin) dan diiradiasi ultrasonik dalam menyisihkan konsentrasi logam Fe pada limbah artifisial.

Penyisihan logam Fe dengan menggunakan adsorben kaolin yang diiradiasi ultrasonik menunjukkan perubahan konsentrasi Fe pada limbah artifisial setelah proses adsorpsi, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 1. Efisiensi Penyisihan logam Fe terhadap waktu iradiasi dengan suhu 60 °C**

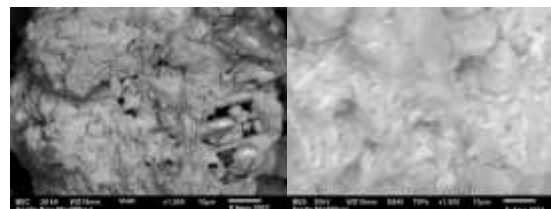
Dari Gambar 1. terjadi penyisihan logam besi (Fe) yang maksimal untuk kaolin tanpa modifikasi terjadi pada waktu iradiasi 40 menit dengan penyisihan sebesar 62,23% . Namun, pada waktu iradiasi 50 dan 60 menit efisiensi penyisihan semakin berkurang Hal ini disebabkan karena limbah artifisial pada logam Fe sudah terserap secara keseluruhan pada Kaolin, sehingga pori-pori telah jenuh dan tidak mampu menyerap secara maksimal.

Untuk kaolin modifikasi surfaktan anionik penyisihan logam Fe yang maksimal terjadi pada waktu iradiasi 5 menit dengan penyisihan sebesar 73,8%. Sedangkan untuk waktu berikutnya efisiensi yang didapat semakin menurun hal ini dikarenakan pemilihan waktu iradiasi yang terlalu jauh. Nilai penyisihan kaolin modifikasi surfaktan lebih besar daripada kaolin tanpa modifikasi, hal ini dikarenakan surfaktan menempel pada permukaan kaolin, sehingga membentuk interaksi antar molekul pada kaolin dan surfaktan. Interaksi menyebabkan terbentuknya layer yang baru, sehingga membentuk kumpulan bilayer yang mengakibatkan banyak ion-ion logam terserap. Selain itu keberadaan

surfaktan juga menambah jumlah ion yang ada di permukaan surfaktan, sehingga lebih banyak adsorben modifikasi menangkap ion-ion yang ada disekitarnya pada air limbah.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Zhang, 2015), yaitu adsorpsi menggunakan kaolin modifikasi surfaktan anionik di dapatlah penyisihan logam Pb maksimal pada waktu 90 menit sebesar 78%. Perbedaan waktu untuk penyisihan maksimal dalam menyerap logam disebabkan karena menurut (Jin, 2013), Penggunaan teknologi ultrasonik pada proses adsorpsi dapat memperbesar luas permukaan dan mempercepat pergerakan molekul sehingga proses adsorpsi terjadi lebih cepat.

### Data Hasil Uji SEM Untuk Melihat Logam Fe yang Terserap dipermukaan Adsorben



(a) (b)

**Gambar 2.** Kaolin (a) non-modifikasi (b) modifikasi

Data pengamatan SEM pada bahan kaolin modifikasi dengan surfaktan sebelum proses adsorpsi logam Fe memperlihatkan bahwa permukaan organokaolin masih memiliki banyak pori yang besar dan rongga yang kosong (gambar 2a). Sedangkan pada pengamatan kaolin modifikasi surfaktan setelah proses adsorpsi logam Fe (gambar b) terlihat adanya rongga-rongga yang sudah terisi dan berhimpitan serta memiliki pori-pori yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena adanya proses penyerapan logam Fe sehingga rongga dan pori-pori yang terbentuk mengecil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan iradiasi ultrasonik berpengaruh terhadap penyisihan logam Fe, dimana waktu adsorpsi untuk mencapai penyerapan maksimal terjadi lebih cepat daripada yang tanpa iradiasi ultrasonik. Penyisihan logam Fe oleh waktu iradiasi, dimana setelah mencapai waktu iradiasi untuk penyerapan maksimal penyisihannya akan semakin berkurang. Perbedaan jenis perlakuan adsorben berpengaruh terhadap penyisihan logam Fe yaitu adsorben kaolin modifikasi surfaktan CTAB lebih efektif dalam menyerap logam Fe sebesar 73,8%, sedangkan untuk penyisihan Fe sebesar 62,23%. Dari Uji SEM juga dapat terlihat pada kaolin non modifikasi masih banyak rongga yang masih bolong sedangkan kaolin modifikasi menunjukkan rongga yang terisi yang artinya logam Fe lebih banyak terserap.

### DAFTAR PUSTAKA

[1] Abdurrahman, Suhendrayatna, D.S., Syahiddin (2016). Pengaruh Aktivasi Adsorben Biomassa Terhadap Gugus Hidroksil Pada Proses Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb). Jurnal Teknik Kimia

- USU, Vol. 5, No. 3 (September 2016), pp. 7-11.
- [2] A. K. Giri, R. Patel, and S. Mandal, Removal of Cr(VI) from aqueous solution by Eichhornia crassipes root biomass-derived activated carbon, *Chem. Eng. J.*, 185, (2012) 71–81.
- [3] A. Bhatnagar, V.J.P. Vilar, C.M.S. Botelho, and R.A.R. Boaventura, Coconut-based Biosorbents For Water Treatment; a review of the recent literature. *Advances in Colloid and Interface Science*, 160(1-2), (2010) 1–15.
- [4] A. Dada, A. Olalekan, A. Olatunya, and O. Dada, Langmuir, Freundlich, Temkin, and Dubinin – Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn<sup>2+</sup> Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 3(1), (2012) 38–45.
- [5] Darmono, Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam, Penerbit Universitas Indonesia Press. Jakarta, 2001, p. 46.
- [6] M.H. Karaoğlu, M. Doğan, and M. Alkan, Removal of Reactive Blue 221 by Kaolinite from Aqueous Solutions, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(4), (2010) 1534–1540.
- [7] M. Faisal, Efisiensi Penyerapan Logam Pb<sup>2+</sup> dengan Menggunakan Campuran Bentonit Dan Enceng Gondok, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 1 (Maret 2015), pp. 20-25. [8] Jin, X., Jiang, M., Du, J., Chen, Z. 2013. Removal of Cr(VI) from aqueous solution by surfactant-modified kaolinite. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Hal: 08
- [9] Jorfi, S., Soltani, R. D. C., Merlin, A., Ahmadi, M., Khataee, A., Safari, M. 2017. Sono-assisted adsorption of a textile dye on milk vetch-derived charcoal supported by silica nanopowder. *Journal of Environmental Management*, Vol187. Hal: 111-121
- [10] Khamdagsag, P., Thongkao, W., Saowapakpongchai, A., Tanboonchuy, V. 2017. Kaolin-modified nano zero-valent iron synthesis via box-Behnken design optimization. *Applied Environmental Research*, Hal: 55-65.
- [11] Suryani, H Agusnar, B Wirjosentono, T Rihayat, Nurhanifa. 2018. Thermal degradation of Aceh's bentonite reinforced poly lactic acid (PLA) based on renewable resources for packaging application. *AIP Conference Proceedings* 2049 (1), 020040
- [12] Leal, P. V., Magriotis, Z. M., Sales, P. F., Papini, R. M., Viana, P. R. 2017. Effect of the acid treatment conditions of kaolinite on ether amine adsorption: A comparative analysis using chemometric tools. *Journal of Environmental Management*, Vol.197. Hal: 393-403
- [13] Olaremu, A. G. 2015. Physico-Chemical Characterization of Akoko Mined Kaolin Clay. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, Vol.3. Hal: 353-361
- [14] Purnama, H., Musthofa, M., Akhwan, A.H., Dewi, I.K. 2014. Effect of ultrasound on zeolite preparation from rice husk ash. *Proceedings of the 3rd Applied Science for Technology Innovation*, Hal: 24-30
- [15] Shaban, M., W., Hassouna, N. E., Nasief, F. M., Abukhadra, M. R. 2017. Adsorption properties of kaolinite-based nanocomposites for Fe and Mn pollutants from aqueous solutions and raw groundwater: kinetics and equilibrium studies. *Environ SciPollut Res*
- [16] Sharifpour, E., Khafri, H. Z., Ghaedi, M., Asfaram, A., Jannesar, R. 2017. Isotherms and kinetic study of ultrasound-assisted adsorption of malachite green and pb<sup>2+</sup> ions from aqueous samples by copper sulfide nanorods loaded on activated carbon: experimental design optimization. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol.17
- [17] Zhang, Y., Liu, Q., Zhang, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Liang, P. 2016. Characterization of kaolinite/styrene butadiene rubber composite: Mechanical properties and thermal stability. *Applied Clay Science*, Hal: 167174