

# PENYERAPAN ION TIMBAL DALAM AIR DENGAN MENGGUNAKAN MODIFIKASI KAOLIN-SURFAKTAN SEBAGAI MEDIA PENYERAP

(Adsorption of Lead Ion in Water Solutions using Kaolin-Surfactant Modified as Adsorben)

Alfian Putra<sup>1)</sup>, Novia Lestari<sup>1)</sup> dan Hesti Meilina<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Politeknik Negeri Lhokseumawe, Prodi Teknologi Kimia Industri, Lhokseumawe, NAD, Indonesia

<sup>2)</sup> Universitas Syiah Kuala, Jurusan Teknik Kimia Unsyiah, Darussalam, NAD, Indonesia  
e-mail: putraalf@yahoo.com

Naskah diterima 1 September 2015, revisi akhir 16 Oktober 2015 dan disetujui untuk diterbitkan 19 Oktober 2015

**ABSTRAK.** Kaolin adalah salah satu adsorben yang berasal dari bahan alam. Daya serap kaolin masih rendah sehingga perlu adanya modifikasi dengan senyawa organik seperti surfaktan. Tujuan penelitian ini adalah mencari optimalisasi penyerapan logam Pb menggunakan kaolin yang telah dimodifikasi sehingga didapatkan hasil yang paling efektif dalam meningkatkan kualitas air yang mengandung logam berat terutama Pb. Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi adsorben kaolin dengan surfaktan kationik yang telah diaktifkan dengan suhu 300°C menggunakan furnace selama 3 jam. Perbandingan kaolin dan surfaktan yang digunakan berturut-turut 1:0, 1:2, 1:3 dan 2:1 dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit. Limbah yang digunakan adalah Pb<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 100 mg/L sebagai limbah artifisial. Sebagai perbandingan dan aplikasinya digunakan limbah yang berasal dari buangan kota yang berasal dari waduk penampungan air limbah kota Lhokseumawe. Sampel dianalisa dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometers (AAS), sedangkan karakteristiknya menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Modifikasi adsorben kaolin:surfaktan sebesar 1:2 menunjukkan efisiensi penurunan tertinggi yaitu 78%, sedangkan untuk limbah kota dengan konsentrasi Pb<sup>2+</sup> sebesar 4,65 mg/L dapat diturunkan menjadi 2,67 mg/L.

**Kata kunci:** adsorben, adsorpsi, kaolin, modifikasi, surfaktan

**ABSTRACT.** Kaolin is one of the natural adsorbent materials. The adsorption ability of kaolin is still low and need to be modified with organic compounds such as surfactants. This research aimed to optimize the lead adsorption in a waste water using modified kaolin. This study modified kaolin adsorben with cationic surfactants which have activated on temperature 300°C during 3 hours in a furnace. The comparison of kaolin and surfactant were 1:0, 1:2, 1:3 and 2:1, respectively while adsorption time were 30, 60 and 90 minute. Lead was used as the artificial waste at a concentration of 100 ppm. The waste from municipal reservoir water storage of Lhokseumawe was used as a benchmark and application. The sample was analyzed by using AAS and characterized by FTIR. The modified adsorben kaolin-surfactant 1:2 gained the highest reduction of efficiency 78% while the lead ion of municipal waste decreased from 4.65 ppm into 2.67 ppm.

**Keywords:** adsorben, adsorption, kaolinite, modify, surfactant

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu adsorben yang berasal dari bahan alam adalah kaolin yang banyak terdapat di Provinsi Aceh. Kaolin

merupakan polimer anorganik yang mengandung mineral seperti Ca, Mg, Fe, Si, Al dan beberapa mineral lainnya yang juga dapat berfungsi sebagai penukar ion

anorganik sehingga secara alami dapat melakukan proses pertukaran ion yang berasal dari luar dengan bantuan air (Murdarina dan Linggarwati, 2003). Ion bermuatan negatif berasal dari rasio silika dan alumina (Si/Al) yang biasanya perbandingannya relatif kecil dibandingkan dengan yang bermuatan positif, hal inilah yang menimbulkan gugus hidroksil berdampak terhadap munculnya muatan negatif (Tan, 1995). Muatan ini berpotensi untuk mengikat kation yang dapat dipertukarkan oleh kation lain. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya pertukaran ion. Muatan positif yang ada akibat adanya modifikasi dan sifat hidrofobik pada kaolin dapat meningkatkan efisiensi kaolin dalam mengadsorpsi anion dan kation lain serta sebagai adsorben molekul non polar. Namun, daya serap kaolin masih rendah jika dibandingkan dengan zeolit, bentonit dan arang sehingga perlu adanya upaya untuk meningkatkan daya serap adsorben, salah satunya dengan melakukan modifikasi dengan senyawa organik seperti surfaktan.

Surfaktan memiliki beberapa jenis yaitu surfaktan anionik dan kationik. Surfaktan kation merupakan senyawa organik rantai panjang yang terdiri dari dua bagian yaitu kepala dan ekor. Bagian kepala bermuatan positif dan bersifat hidrofilik sedangkan bagian ekor tidak bermuatan dan bersifat hidrofobik. Surfaktan dapat membentuk misel, monolayer atau bilayer pada permukaan kaolin modifikasi tergantung dari konsentrasi surfaktan yang digunakan. Kaolin sendiri telah banyak digunakan sebagai adsorben seperti adsorpsi timbal, seng dan kadmium dengan memodifikasi kaolin dan polipospat (Mohammad, dkk., 2010), penyerapan pada pengotor gas (Abdul, 2013), pemodifikasian permukaan mineral dengan surfaktan (Li and Bowman, 1997; Sullivan, *et.al.*, 1997) dan zeolit-A (Kumar, *et.al.*, 2007). Kaolin juga digunakan sebagai penghilang logam seperti Pb, Fe, Ca, Cd dan berpotensi dalam mengurangi warna dan bau dalam air dan penyerapan gas SO<sub>2</sub> dari gas Residu (Rudi, 2006).

Pada penelitian ini akan dilakukan studi tentang optimalisasi daya serap kaolin dengan cara modifikasi kaolin dengan surfaktan dalam menyerap logam Pb dalam air. Penelitian ini juga mempelajari mekanisme peningkatan daya serap kaolin yang akan dimodifikasi dengan surfaktan serta bagaimana mekanisme peningkatan daya aktif dan peningkatan kemampuan daya serap logam Pb dalam air. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari optimalisasi penyerapan logam Pb menggunakan kaolin yang telah dimodifikasi sehingga didapatkan hasil yang paling efektif dalam meningkatkan kualitas air yang mengandung logam berat terutama Pb.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini bahan-bahan yang digunakan antara lain surfaktan alkil sulfonat (ABS) yang bermuatan positif dan negatif, digunakan untuk proses modifikasi pengaktifan kaolin sebagai adsorben. Akuades, KOH dan HNO<sub>3</sub> digunakan pada proses aktivasi menggunakan basa dan asam untuk menghilangkan kadar logam dan senyawa organik yang terdapat pada kaolin untuk meningkatkan daya serapnya. Semua bahan kimia yang digunakan diperoleh secara komersial dari *Waco ltd.* dan *Aldrich*.

Untuk menunjang pelaksanaan analisis pengukuran partikel dilakukan dengan ayakan 100 mesh. Sarana penunjang analisa terdiri dari gelas erlenmeyer 250 ml, pyrex, neraca analitik, *Ohaus-Carat Series*, pipet *pyrex-iwaki* 5 mL dan 10 mL, gelas ukur *pyrex-iwaki* 25 dan 50 mL, kertas saring *Whatman*  $\phi$  125 mm, beker gelas *pyrex-iwaki* 250 mL. Pemanasan dan aktivasi menggunakan pemanas oven *cole-parmer*. Penentuan Konsentrasi awal dan akhir untuk komponen Pb menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) *Shimadzu UV-1800* sedangkan penentuan karakteristik untuk panjang gelombang sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)-IR Prestige-2*. Kadar pH menggunakan pH meter Hanna

Instrumen sedangkan kecepatan pengadukan digunakan *Shacker* Inkubator Pyrex.

#### **Aktivasi Kaolin**

Aktivasi dilakukan dengan menggunakan kaolin ukuran 100 mesh. Kaolin didispersikan ke dalam 1,25 L  $\text{HNO}_3$  0,1N dalam beker gelas selama 4 jam. Pencucian dilakukan dengan akuades sampai pH netral. Pemanasan dilakukan menggunakan oven pada suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Sebelum dilakukan aktivasi dengan KOH, kaolin didiamkan selama 1 jam. Selanjutnya kaolin kembali didispersikan ke dalam KOH 0,1 N selama 4 jam dan dilanjutkan dengan pencucian dengan akuades sampai pH nitrat netral (Wahyuni, 2010). Pengeringan kembali dilakukan pada suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Kinerja adsorben kaolin diuji dengan menggunakan FTIR.

#### **Modifikasi Kaolin dengan Surfaktan**

Modifikasi dilakukan dengan mencampurkan kaolin dan surfaktan (organokalin). Berat total organokaolin adalah 5 g. Modifikasi dilakukan dengan perbandingan persen berat antara kaolin dan surfaktan yaitu 0%, 30%, 50% dan 75% dari berat total organokaolin. Pencampuran dilakukan dengan shaker inkubator dengan kecepatan 15 rpm selama 3 jam. Pengendapan dilakukan selama 4 jam sebelum disimpan dalam desikator sebelum digunakan.

#### **Proses Adsorpsi**

Adsorpsi dilakukan menggunakan 2 g organokaolin dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Sebanyak 250 mL sampel (limbah artifisial Pb dan limbah kota) ditutup dengan *aluminium foil*. Untuk pengadukan pada sampel digunakan *shaker incubator* dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan dianalisa menggunakan AAS dan adsorben diperiksa dengan FTIR.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Serap Logam Pb**

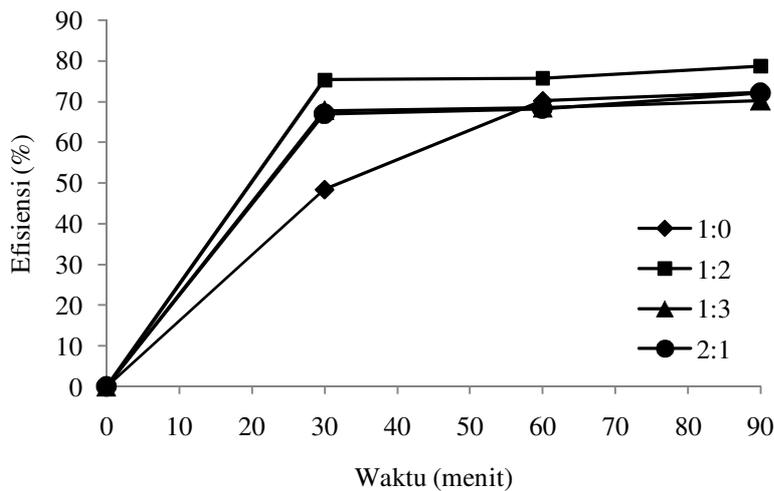
Hasil analisa dari penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan

kemampuan adsorben kaolin yang dimodifikasi dengan surfaktan dalam menurunkan konsentrasi ion timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ) dalam larutan air dengan konsentrasi awal sebesar 100 mg/L. Untuk melihat pengaruh waktu kontak antara pada proses adsorpsi dengan melakukan modifikasi kaolin-surfaktan dan kaolin-polipospat dapat dilihat pada Gambar 1.

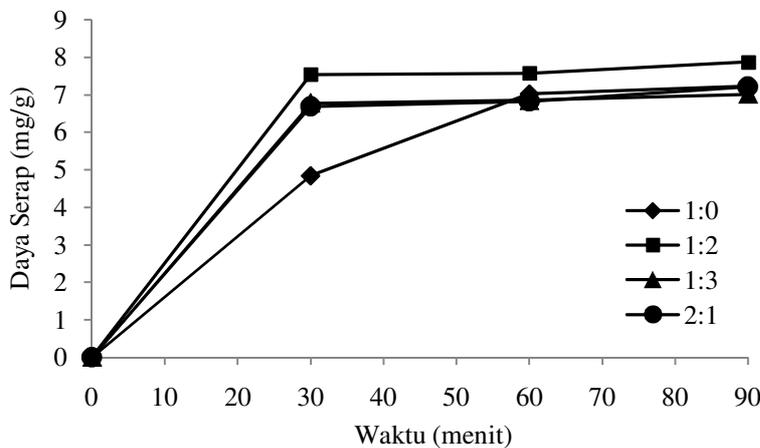
Peningkatan efisiensi penurunan logam  $\text{Pb}^{2+}$  meningkat seiring dengan penambahan waktu kontak untuk ke semua modifikasi dengan perbandingan yang berbeda. Peningkatan paling signifikan terjadi pada waktu kontak 30 menit antara adsorben kaolin yang belum dimodifikasi dengan kaolin yang telah dimodifikasi dengan surfaktan. Pada adsorben yang dimodifikasi dengan surfaktan terlihat penurunan logam timbal yang sangat signifikan pada adsorben organokaolin dengan komposisi surfaktan 50% dengan kapasitas penurunan sampai 78,72% dengan waktu pengontakan selama 90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan kinerja adsorben akibat adanya kaolin anionik yang memberikan penambahan jumlah ion negatif (anion) pada adsorben sehingga lebih banyak menangkap logam  $\text{Pb}^{2+}$  alam air.

#### **Pengaruh Perbandingan Kaolin dan Surfaktan terhadap Kinerja Adsorben**

Kemampuan kaolin yang dimodifikasi dengan surfaktan dalam mengadsorpsi logam timbal diukur dengan satuan miligram logam timbal per gram kaolin organokaolin. Gambar 2 menunjukkan bahwa kapasitas terbesar terdapat pada adsorben dengan rasio perbandingan 1:2. Pada menit ke-30 kapasitas adsorpsinya adalah 7,5368 mg/g, pada menit ke-60 kapasitas adsorpsinya adalah 7,5759 mg/g dan pada menit ke-90 kapasitas adsorpsinya adalah 7,8715 mg/g. Peningkatan yang paling signifikan terjadi pada waktu kontak 30 menit dimana kaolin tanpa modifikasi, daya serapnya masih rendah namun seiring dengan penambahan surfaktan daya serapnya meningkat.



Gambar 1. Peningkatan efisiensi penurunan logam Pb<sup>2+</sup> terhadap waktu kontak



Gambar 2. Kapasitas adsorpsi dengan menggunakan adsorben organokaolin

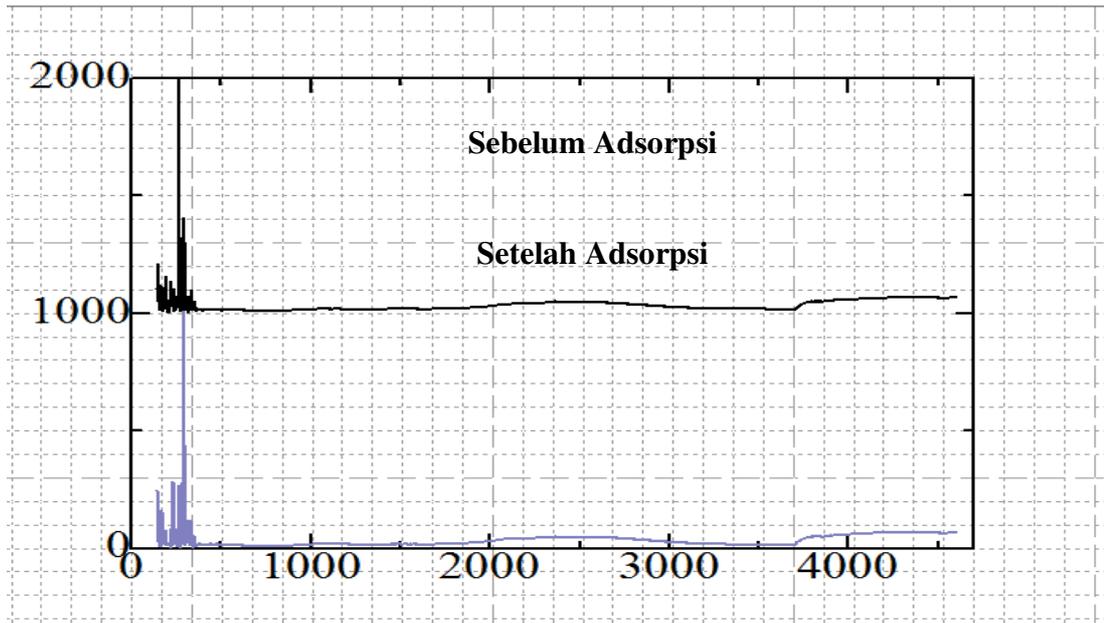
Hal ini terjadi karena surfaktan pada permukaan kaolin bersifat hidrofobik yang mengikutsertakan interaksi molekul dengan permukaan antar molekul. Interaksi tersebut dapat mempengaruhi material surfaktan yang terbentuk dan sangat ditentukan oleh kesetimbangan konsentrasi surfaktan. Perbandingan yang terbaik terjadi pada rasio adsorben 1:2 (kaolin:surfaktan), hal ini dimungkinkan penggunaan surfaktan dengan jumlah yang sesuai dengan kaolin yang digunakan dalam mereduksi logam Pb<sup>2+</sup> dalam air.

#### Near Infrared Spectroscopy (NIR) dalam Penentuan Karakteristik Adsorben

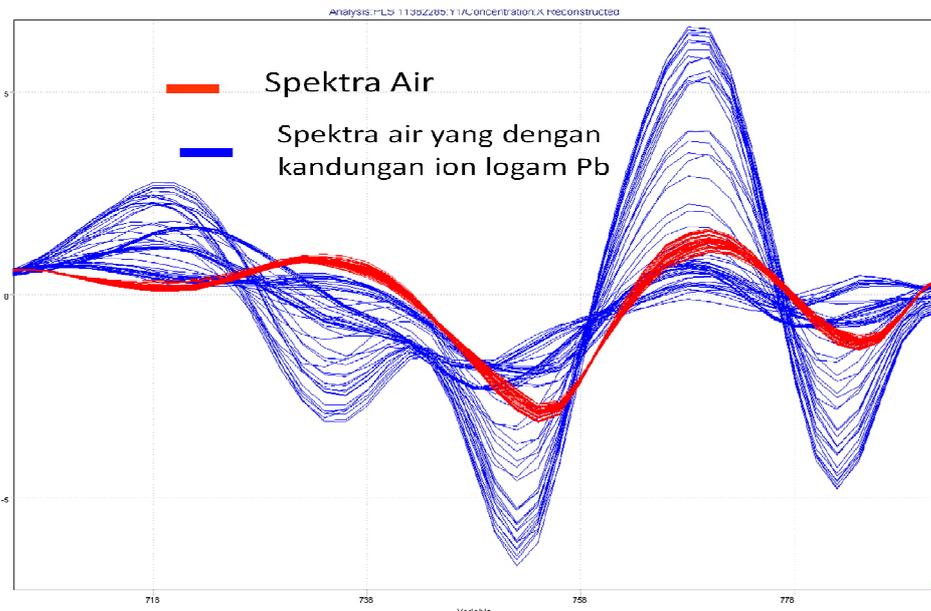
Analisis data NIR dapat dimanfaatkan dengan mempelajari hubungannya dengan sifat bahan yang

diukur dalam hal ini adalah logam dalam air. *Absorbance range* yang digunakan adalah 600-2500 nm atau 4000 menjadi 400 cm<sup>-1</sup> dengan beberapa *absorbance band* yang diabaikan terutama beberapa bagian yang spektrumnya sangat tidak bagus (*noisy*). Pada wilayah *Near Infrared* (400-2500 nm<sup>-1</sup>), banyak didapat senyawa organik dan tidak terdapat logam. Kurva perbandingan kaolin yang dimodifikasi oleh surfaktan sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menerangkan bahwa pada puncak pertama di dalam kurva kaolin dimodifikasi dengan surfaktan sebelum proses adsorpsi terdapat gugus Si-O-Al dengan panjang gelombang 493,78 cm<sup>-1</sup>



Gambar 3. Kurva perbandingan kaolin yang dimodifikasi oleh surfaktan sebelum dan setelah adsorpsi



Gambar 4. Perubahan Spektra air murni akibat pengaruh keberadaan logam Pb

dan pada puncak pertama di dalam kurva kaolin modifikasi setelah proses adsorpsi tersebut tidak berubah namun dengan panjang gelombang yang berbeda yaitu  $489,92 \text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak selanjutnya untuk kaolin sebelum adsorpsi terdapat gugus fungsi Si-O dengan panjang gelombang  $1112,93 \text{ cm}^{-1}$  namun pada kaolin setelah adsorpsi berubah menjadi gugus C-O rentangan dengan panjang gelombang  $1182,36 \text{ cm}^{-1}$ . Hal tersebut

dikarenakan kaolin telah dikontakkan dengan ion timbal sehingga gugus fungsinya berubah. Namun pada puncak terakhir dari kedua kurva ini menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi yang sama yaitu O-H Oktahedral dengan panjang gelombang yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu perubahan spektra air akibat keberadaan logam Pb yang diserap oleh adsorben kaolin

sehingga terlihat air yang mengandung Pb spektranya lebih tersebar.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Kadar timbal dalam air dapat diturunkan dengan menggunakan media penyerap kaolin yang dimodifikasi dengan surfaktan sampai dengan 78,71% dengan komposisi terbaik pada perbandingan kaolin surfaktan 1:2 dan waktu kontak selama 90 menit. (2) Kaolin sebagai media penyerap logam timbal (adsorben) mampu meningkatkan kinerjanya dengan kondisi awal tanpa modifikasi dengan kaolin sebesar 44% menjadi 78,71% setelah dilakukan modifikasi dengan surfaktan. (3) Perubahan pada spektra air akibat kehadiran timbal dapat dilihat dari perbandingan spektra sebelum dan setelah terjadinya penyerapan logam pada wilayah *Near Infrared Spectroscopy* (NIR). Konsep ini mempertegas bahwa pada wilayah NIR tidak hanya diamati pada senyawa organik saja namun dengan melihat perubahan spektra pada air dapat terdeteksi kehadiran senyawa lain dalam hal ini ion logam timbal sehingga terjadi perubahan spektra.

Disarankan perlu adanya pengujian untuk logam lain dengan penggunaan komposisi terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini dan menggunakan ion pengganggu guna melihat konsistensi dari kinerja adsorben sebelum dilanjutkan pada tahap aplikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amer, W., Fawwas, I. & Awwad, A. (2010). Adsorption of Lead, Zinc and Cadmium ions on Polyphosphate-Modified Kaolinite Clay. *Journal of Environment Chemistry and Ecotoxicology*. 2(1), 1-8.
- Babu, B.V. & Gupta, S. (2006). *Modelling and simulation of Fixed Bed Adsorption Column, Effect of Velocity Variation*. Departement of Chemical Engineering Birla Institute of Technology and Science. India.
- Bajda, T. & Klapyta, Z. (2006). Sorption of Chromate by Clinoptilolite Modified with Alkylammonium Surfactants. *Journal of Mineralogy*. 37(2), 93-98.
- Budi, E. (2013). Modifikasi Zeolit Alam dengan Surfaktan Heksadesil Trimetilammonium Klorida sebagai adsorben ion nitrat. *Chemical Info Journal*. 1(1), 108-113.
- Berrichi, F. & Zen, S. (2014). Removal of Anionic Dyes from Aqueous Solutions using Local Activated Kaolins as Adsorbers. *Proceedings of the 2014 International Conference on Power Systems, Energy, Environment*. Chimie Physique, University Guelma, Algeria.
- Inglezakis, V. & Pouloupoulos, S. G. (2006). *Adsorption ion exchange and catalysis, design of operations and environmental applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Jalaluddin, T. (2005). Pemanfaatan Kaolin sebagai Bahan Baku Pembuatan Aluminium sulfat dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6(5), 71-74.
- Khopkar, S.M. (2002). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Mahmud. (2008). Pengolahan Air Gambut Menggunakan Proses Hibrid Adsorpsi - Cross flow ultrafiltrasi dengan Tanah lempung Gambut (TLG) sebagai adsorben. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 14(1), 11-21.
- Nasruddin. (2005). *Dynamic Modelling and Simulation of a Two-Bed Silicagel-Water Adsorption Chiller*. Unpublished Doctoral Dissertation. Rwth Aachen University, Germany.
- Yavuz, O. & Aydin, A. (2006). Removal of Direct Dyes from Aqueous Solution Using Various Adsorbents Polish. *Journal of Environmental Studies*. 15(1), 155-161.
- Peye, M., Barel, A. & Misbach, H. (2001). *Hand Book of Cosmeceutical Science and Technology*. 151-152.
- Radiansono. (2008). Interkalasi Oligomer Hidroksi-Kromium pada kaolin Alam Tatakan. *Jurnal Kimia Indonesia*. 1(8), 31-36.

- Suryawan, B. (2004). *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Disertasi. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sullivan, Hunter & Browman. (1997). Topological and Thermal Properties of Surfactant-Modified Clinoptilolite Studied by Tapping-mode-atomic Force Microscopy and High Resolution Thermografimetri Analysis. *Journal Chemical*. 45(1), 42-53.
- Tsenkova, R. (2007). Aquaphotomics: Extended water mirror approach reveals peculiarities of prion protein alloforms. *NIR News*. 18(6), 14-17.
- Vujakovic, A. & Dacovic. (2003). Adsorption of Anorganic Contaminant on Surfactant and Modified Minerals. *Journal of Chemistry*. 68(11), 833-841.
- Wahyuni, N. (2010). Modifikasi Kaolin dengan Surfaktan Benzalkonium Klorida dan Karakteristiknya menggunakan Spektrofotometer Infrared. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. 1(4), 1-14.
- Wijaya, K., Mudasir, Tahir, I. & Asean, F. (2003). Inklusi Senyawa P-Nitroanilin ke dalam Pori-pori Montmorillonit Terpillar TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Kimia*. 2(6), 84-94.
- Yusnimar, A. & Yenie, E. Drastinawati. (2010). Pengolahan Air Gambut Dengan Bentonit. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 9(2), 77-81.