

Adsorpsi Pb^{2+} Menggunakan Sodalit dari Kaolin Bangka Belitung

Meyga E. F. Sari,^{1,*} Suprpto Suprpto,² Didik Prasetyoko²

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang Jl. Semarang No. 5, Lowokwaru, Malang 65145, Indonesia

²Departemen Kimia, Insitut Teknologi Sepuluh Nopembet, ITS. Kampus ITS Sukolilo, Suarabaya

*Corresponding author: meyga.evi.fmipa@um.ac.id

Abstract

Sodalite is one kind of zeolite types and generally has composition $Na_8[Al_6Si_6O_{24}](X)_2$, where X is a monovalent anion. Synthesis of sodalite from Kaolin Bangka Belitung have been studied which composition of molar rasio $x Na_2O : 2 SiO_2 : Al_2O_3 : 128 H_2O$, where x is variation of alkalinity ratio are 10, 20, 30, and 40. Sodalite was produced at variation of alkalinity 10 (S-10), 20 (S-20), dan 30 (S-30) and tested adsorption activity on Pb^{2+} using batch method. The performance test of Pb^{2+} ion adsorption showed that the sodalite sample which smallest particle size has the highest adsorption capacity (S-10). The total of Pb^{2+} ion that can be absorbed in 1440 minute to the sodalite sample S-10, S-20 and S-30 were 651.10; 517.30; and 527.37 mg/g.

Keyword: Kaolin, sodalite, alkalinity, adsorption of Pb.

Abstrak

Sodalit merupakan salah satu jenis zeolit yang secara umum memiliki komposisi $Na_8[Al_6Si_6O_{24}](X)_2$, dimana X adalah anion monovalent. Sintesis sodalit dari kaolin Bangka Belitung telah dilakukan dengan menggunakan komposisi rasio molar $x Na_2O : 2 SiO_2 : Al_2O_3 : 128 H_2O$, dimana x merupakan variasi alkalinitas dengan rasio sebesar 10, 20, 30, dan 40. Produk sodalit dihasilkan pada variasi alkalinitas 10 (S-10), 20 (S-20), dan 30 (S-30) lalu diuji aktivitas adsorpsinya terhadap Pb^{2+} menggunakan metode batch. Berdasarkan hasil uji aktivitas adsorpsi untuk ion Pb^{2+} diketahui bahwa sampel dengan ukuran partikel yang paling kecil memiliki kapasitas adsorpsi paling tinggi (S-10). Jumlah Pb^{2+} yang teradsorp pada 1440 menit untuk sample S-10, S-20, dan S-30 berturut turut sebesar 651,10; 517,30; dan 527,30 mg/g.

Kata kunci : Kaolin, sodalit, adsorpsi Pb^{2+} , logam berat

I. Pendahuluan

Logam yang bobot unsurnya memiliki berat atom antara 63,4 s/d 200,5 dan bobot isi lebih dari 6 gcm^{-3} dikategorikan dalam logam berat [1]. Logam berat dikategorikan zat

pencemar karena sifatnya yang tidak dapat terurai (*non degradable*), dan tidak dapat diadsorpsi. Umumnya, pencemaran dalam konsentrasi rendah, logam berat beracun untuk makhluk hidup. Pencemaran logam

berat semakin banyak dengan meningkatnya berbagai macam aktivitas manusia, seperti aktivitas laboratorium [2], penggunaan *accu*, aktivitas industri, dan lain-lain.

Pencemaran logam berat bisa mengancam keseimbangan lingkungan dan kehidupan manusia, salah satunya melalui rantai makanan dan menimbulkan dampak yang buruk. Salah satu logam berat yang cukup berbahaya adalah ion timbal (Pb^{2+}). Berdasarkan data yang didapatkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, 71 lokasi lahan di Jabodetabek tercemar timbal akibat kegiatan daur ulang aki bekas hingga tahun 2012. Sebagai contoh, Desa Cinangka Kecamatan Ciampea, merupakan salah satu lokasi lahan yang tercemar logam berat timbal. Penelitian menyebutkan bahwa kadar timbal didalam tanah mencapai 270.000 ppm, sedangkan standar yang ditetapkan oleh WHO maksimal sebesar 400 ppm. Disamping itu, ditemukan kadar timbal dalam darah masyarakat di sekitar lokasi tersebut telah mencapai 65 $\mu g/dL$. Konsentrasi tersebut telah melebihi dari batas aman yang ditetapkan oleh WHO, yaitu 10 $\mu g/dL$. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem pernapasan, kontak langsung melalui permukaan kulit, atau oral [3]. Jika terakumulasi di dalam tubuh, timbal dapat menyebabkan terganggunanya fungsi ginjal, karsinogenik, dan menyebabkan keguguran pada ibu hamil [4]. Selain itu, keracunan timbal dapat menimbulkan

pembengkakan otak, demielinasi otak dan kematian sel-sel saraf. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi atau mengatasi pencemaran oleh timbal tersebut.

Penelitian pengurangan pencemaran logam berat, khususnya timbal, telah banyak dilakukan. Salah satu cara penanggulangan limbah Pb adalah dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi memiliki efisiensi yang baik, biaya yang lebih murah serta implementasi yang lebih mudah. Material yang biasanya digunakan sebagai adsorben adalah karbon teraktivasi. Kelemahan material ini yaitu memiliki kapasitas adsorpsi yang relatif rendah. Payne dkk [5], telah melakukan penelitian adsorpsi timbal menggunakan zeolit dan karbon aktif. Berdasarkan penelitiannya, dilaporkan bahwa zeolit memiliki daya adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif. Salah satu material yang mempunyai kapasitas adsorpsi yang baik untuk mengadsorpsi Pb^{2+} adalah sodalit [6]. Selain itu, sodalit memiliki pori sebesar 2,8 Å, sedangkan ukuran timbal sebesar 1,75 Å, sehingga memudahkan Pb untuk masuk dan teradsorpsi dalam kerangka sodalit.

Sodalit yang berhasil disintesis menggunakan kaolin Bangka Belitung melalui metode hidrotermal tanpa melalui metode kalsinasi terlebih dahulu. Pengaruh alkalinitas terhadap karakter zeolit yang diperoleh telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [7]. Hasil sodalit yang diperoleh

kemudian diaplikasikan untuk adsorpsi Pb^{2+} menggunakan metode adsorpsi. Tujuan penelitian adalah mengetahui kapasitas adsorpsi sodalit hasil sintesis dari kaolin Bangka Belitung.

II. Metodologi

Sodalit dari Bangka Belitung yang telah disintesis pada penelitian sebelumnya [7] dilakukan menggunakan metode hidrotermal tanpa kalsinasi terlebih dahulu. Pengaruh alkalinitas saat sintesis diteliti dengan variasi NaOH sebesar 10, 20, 30, dan 40. Hasil karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa sampel dengan variasi NaOH 10, 20, dan 30 yang membentuk produk sodalit, sedangkan yang 40 membentuk kuarsa (Sari, 2018). Masing-masing produk hasil sintesis digunakan untuk adsorpsi logam Pb^{2+} . Kinerja adsorpsi masing-masing produk akan dibandingkan dengan sodalit standar. Mula-mula dibuat larutan Pb^{2+} dengan konsentrasi 500 ppm melalui pelarutan padatan $Pb(NO_3)_2$ sebanyak 0,5 gram ke dalam 1 liter akuademineralisasi dan menjadi larutan Pb^{2+} induk. Larutan Pb^{2+} dikarakterisasi dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk mengetahui konsentrasi Pb^{2+} awal. Larutan Pb^{2+} induk diambil sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam beker gelas dan ditambah dengan 0,05 gram sodalit hasil sintesis. Campuran antara larutan Pb^{2+} dengan sodalit di aduk selama 24 jam dengan

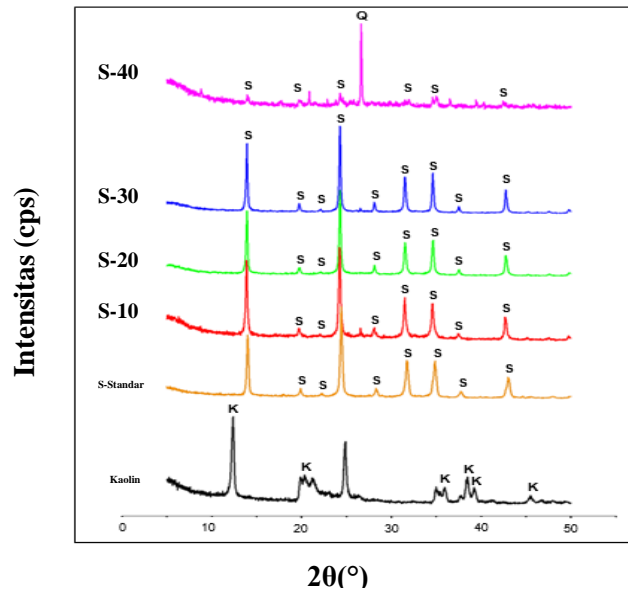
kecepatan 150 rpm pada suhu ruangan dan beaker gelas ditutup dengan aluminium foil. Pengambilan larutan sampel Pb^{2+} dilakukan pada selang waktu 20, 30, 50, 80, 120, 170, 230, 300, 480, 720, 1440 menit dan masing-masing sebanyak 5 mL. Larutan sampel Pb^{2+} yang telah diambil kemudian disaring dan dilakukan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*) pada filtratnya. Jumlah Pb teradsorp dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Pb teradsorp} = \frac{(Co - Ce) V}{m} \times 100 \quad (1)$$

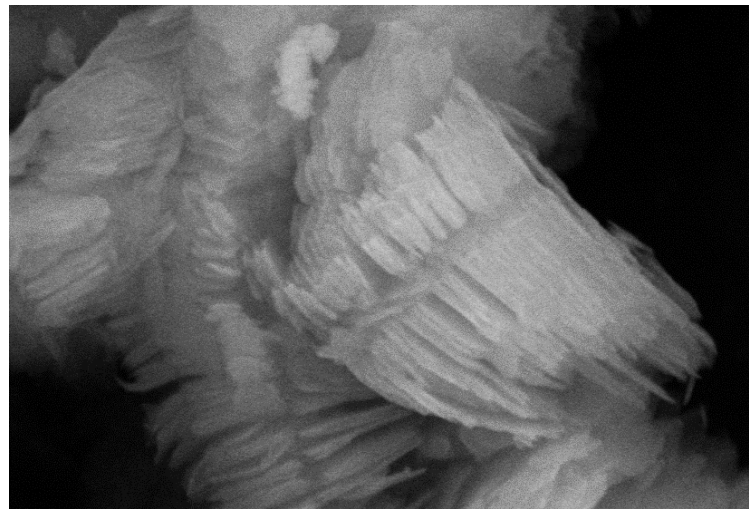
Nilai Co adalah konsentrasi Pb^{2+} awal dalam larutan (mg/L); Ce adalah konsentrasi Pb^{2+} akhir dalam larutan (mg/L), V adalah volume larutan Pb^{2+} (L), m adalah massa adsorben (gram).

III. Hasil dan Pembahasan

Sintesis sodalit menggunakan kaolin Bangka Belitung secara langsung (tanpa kalsinasi) menggunakan metode hidrotermal telah berhasil dilakukan pada penelitian sebelumnya. Alkalinitas berpengaruh dalam sintesis sodalit. Gambar 1 menunjukkan hasil karakterisasi XRD kaolin, sampel sodalit standar (S-standar), sampel variasi alkalinitas 10, 20, 30, dan 40 (S-10, S-20, S-30 dan S-40).



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X terhadap variasi alkalinitas 10, 20, 30, 40 (S-10, S-20, S-30, S-40); sodalit standar (S-standar); kaolin (K: kaolin, S: sodalit, Q: kuarsa)



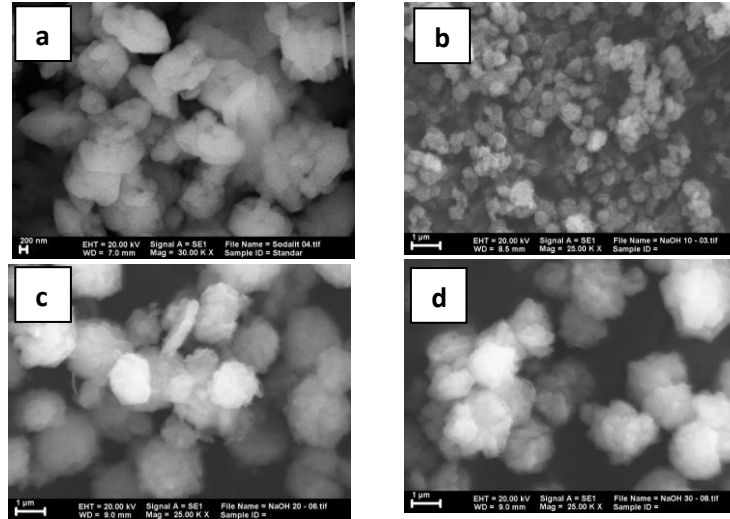
Gambar 2. Morfologi Kaolin

Berdasarkan hasil XRD, dibuktikan bahwa S-10, S-20, dan S-30 menghasilkan sodalit, sedangkan S-40 menghasilkan kuarsa. Gambar 3 merupakan morfologi kaolin, S-10, S-20, S-30- dan S-40. Kaolin memiliki morfologi berupa layer (lembaran). Sampel S-standar yang disintesis dari bahan komersil (ludox dan natrium aluminat) membentuk agregat dengan ukuran partikel

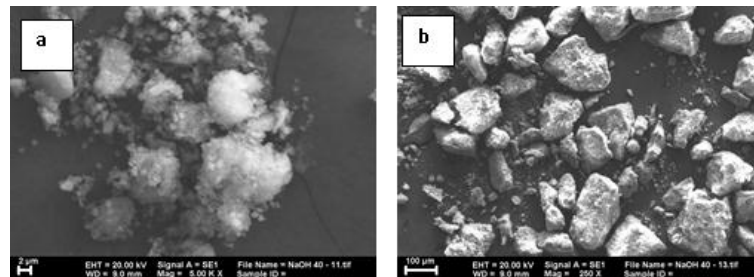
450-1000 nm. Morfologi sampel S-10, S-20, dan S-30 juga membentuk agregat dengan ukuran partikel berturut-turut sekitar 500-700 nm, 1000-1300 nm, dan 1500-1800 nm. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa morfologi S-40 tidak beraturan. Agregat berbentuk seperti kapas terlihat pada Gambar 4 (a), sedangkan morfologi tampak berupa bongkahan tampak pada Gambar 4 (b).

Ukuran partikel juga tidak beraturan dan besar, yaitu sekitar 1- 150 μ m (Sari, 2018). Sodalit hasil sintesis (S-10, S-20, dan S-30) diuji aktivitas adsorpsinya terhadap Pb²⁺.

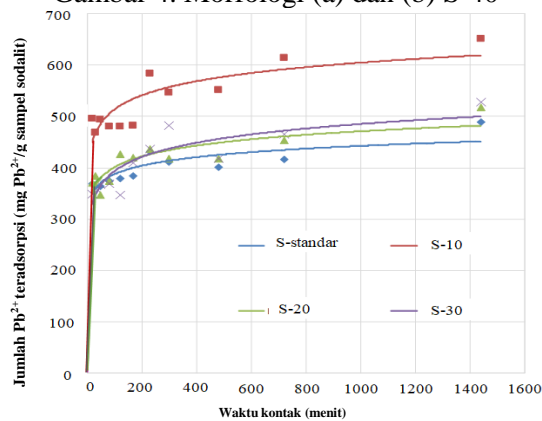
Sampel S-standar juga turut diuji sebagai pembanding aktivitas adsorpsinya. Uji aktivitas adsorpsi menggunakan metode *batch*.



Gambar 3. Morfologi (a) S-standar, (b) Sampel S-10, (c) S-20, dan (d) S-30



Gambar 4. Morfologi (a) dan (b) S-40



Berdasarkan hasil AAS, didapatkan data konsentrasi Pb²⁺ awal dan konsentrasi Pb²⁺ setiap waktu pengambilan pada waktu kontak

tertentu. Berdasarkan hasil konsentrasi Pb²⁺ tersebut dihitung jumlah Pb²⁺ yang teradsorp. Gambar 5 menunjukkan jumlah

Pb²⁺ yang teradsorb dari sampel S-standar, S-10, S-20, dan S-30. Nilai kapasitas adsorpsi masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Jumlah Pb yang teradsorp pada sampel S-standar, S-10, S-20, dan S-30

Perhitungan jumlah Pb²⁺ yang teradsorp menggunakan Persamaan 1. Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa jumlah Pb²⁺ yang teradsorp pada sampel S-10, S-20, S-30, dan S-standar memiliki pola yang serupa. Jumlah Pb²⁺ yang teradsorp mengalami kenaikan seiring dengan semakin lamanya waktu kontak antara adsorben dan adsorbat. Grafik terlihat tajam saat antara waktu kontak 0-20 menit. Kapasitas adsorpsi untuk S-standar, S-10, S-20, dan S-30 pada waktu kontak 20 menit berturut-turut sebesar 368,78; 496,44; 370,49; dan 347,91 mg/g dengan persentase adsorpsi 18,44; 24,82; 18,52; dan 17,40%. Hal ini mengindikasikan jumlah Pb²⁺ yang teradsorb banyak dan berlangsung dengan cepat. Jumlah Pb²⁺ yang teradsorp mengalami kenaikan yang cukup signifikan dari waktu kontak pada menit ke 20 hingga menit ke 300. Kapasitas adsorpsi untuk S-standar, S-10, S-20, dan S-30 pada waktu kontak 300 menit berturut-turut sebesar 411,74; 547,01; 418,37; dan 482,20 mg/g dengan persentase adsorpsi 20,59; 27,35; 20,92; dan 24,11%. Hal ini dapat dilihat pada grafiknya yang tidak terlalu landai. Jumlah Pb²⁺ yang teradsorp pada menit ke 480 hingga menit ke 1440 tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini

diindikasikan dengan grafik yang landai pada rentang menit tersebut. Hasil tersebut mengindikasikan jumlah Pb²⁺ yang teradsorp mulai berada pada kondisi yang konstan. Tipe isoterm adsorpsi Pb²⁺ pada sodalit ditentukan dengan model isoterm Langmuir (Persamaan 2) dan Freundlich (Persamaan 3).

$$X_m/m = k \cdot C^{1/n} \quad (2)$$

$$X_m/m = \frac{a \cdot C}{1 + b \cdot C} \quad (3)$$

X_m adalah berat zat yang diadsorpsi, m berat adsorben, dan C konsentrasi zat yang diadsorpsi. Harga masing-masing R^2 masing-masing sampel sodalit hasil sintesis dapat dalam Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, maka adsorpsi Pb²⁺ pada sodalit hasil sintesis memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich karena memiliki $R^2 \geq 0,9$ (mendekati 1). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada adsorpsi Pb²⁺ pada sodalit.

Tabel 1. Harga masing-masing R^2 masing-masing sampel sodalit hasil sintesis

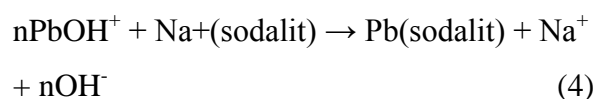
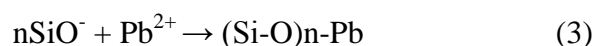
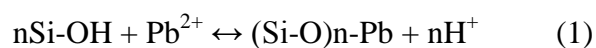
No.	Sampel sodalit	Harga R^2	
		Persamaan Langmuir	Persamaan Freundlich
1	S-10	0,99	0,99
2	S-20	0,98	0,99
3	S-30	0,99	0,99

Jumlah Pb²⁺ yang teradsorp meningkat dari S-standar, S-20, S-30, dan S-10. Namun, jumlah Pb²⁺ yang teradsorp pada S-standar, S-20, S-30 tidak berbeda secara signifikan. Hal ini karena ukuran partikel antara S-standar, S-20, dan S-30 relatif besar dan tidak

berbeda secara signifikan. Jumlah Pb^{2+} yang teradsorpsi pada S-10 paling tinggi dibandingkan dengan sampel S-standar, S-20, dan S-30. Hal ini karena ukuran partikel S-10 paling kecil diantara ketiga sampel lainnya. Semakin kecil partikel maka luas permukaan akan semakin besar sehingga kemungkinan kontak antara adsorben dan adsorbat juga semakin besar. Hal tersebut mengakibatkan Pb^{2+} dapat teradsorpsi lebih banyak pada adsorben. Hal ini didukung oleh data kristalinitas dari masing-masing sampel yang diperoleh dari perhitungan data XRD. Jika kristalinitas semakin tinggi, maka luas permukaan akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Sampel S-10 memiliki kristalinitas paling rendah, yaitu 53% (luas permukaan semakin besar), memiliki kapasitas adsorpsi paling tinggi dibanding S-standar (100%), S-20 (107%), dan S-30 (113%). Berdasarkan perhitungan kapasitas adsorpsi, dapat terlihat bahwa semua sodalit hasil sintesis memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Kapasitas adsorpsi untuk sampel S-standar, S-10, S-20, dan S-30 berturut-turut dapat mencapai 488,83; 517,30; dan 527,37 mg/g. Kapasitas adsorpsi paling tinggi dapat mencapai 651,10 mg/g untuk sampel S-10.

Pengambilan kation pada logam berat berkaitan dengan proses pertukaran kation antara kation pada logam dan kation pada kerangka zeolit [9]. Adsorpsi pada kation logam merupakan reaksi yang terjadi di permukaan antara muatan positif pada kation logam dengan muatan negatif pada

permukaan zeolit. Pada penelitian ini, logam berat yang digunakan adalah Pb^{2+} dan kation yang berperan pada kerangka sodalit adalah ion Na^+ . Berdasarkan pada penjelasan Qiu dan Zheng (2009), maka proses pertukaran kation yang terjadi antara ion Na^+ di kerangka sodalit dengan ion Pb^{2+} . Berdasarkan hasil perhitungan jumlah Pb^{2+} yang teradsorpsi menunjukkan bahwa ion Pb^{2+} mampu mengganti ion Na^+ di kerangka sodalit melalui proses pertukaran kation dan proses adsorpsi di permukaan sodalit. Adapun mekanisme pertukaran ion Na^+ dengan ion Pb^{2+} ditunjukkan melalui mekanisme seperti berikut:



Mekanisme reaksi pada persamaan (1-3) menunjukkan mekanisme reaksi di permukaan adsorben. Adapun persamaan (4) menunjukkan mekanisme reaksi pertukaran ion antara Na^+ dan Pb^{2+} [9]

IV. Kesimpulan

Sodalit hasil sintesis dari kaolin Bangka Belitung dapat digunakan untuk adsorpsi Pb^{2+} . Berdasarkan hasil uji aktivitas adsorpsi untuk ion Pb^{2+} diketahui bahwa sampel dengan ukuran partikel yang paling kecil memiliki kapasitas adsorpsi paling tinggi. Jumlah Pb^{2+} yang teradsorpsi untuk

sampel S-10, S-20, dan S-30 berturut turut sebesar 651,10; 517,30; dan 527,37 mg/g.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Perguruan Tinggi yang telah memberi dana hibah PUPT No. 003246.18/IT2.11/PN.08/2015.

Daftar Pustaka

- [1] M. Gosh and S.P. Singh, "A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its by Products," *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 3(1), pp. 1-18, 2005.
- [2] S.I. Yusiniyyah, "Adsorpsi Logam Cu, Fe, dan Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolite Alam Teraktivasi Asam sulfat (H_2SO_4) dengan Variasi Konsentrasi", UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2017.
- [3] E. Naria, "Mewaspada Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) di Lingkungan terhadap Kesehatan", *Jurnal Komunikasi Penelitian*, vol. 17(4), 2005.
- [4] R. Achmad. "Kimia Lingkungan", Andi, Yogyakarta, 2004.
- [5] K.B. Payne and T.M. Abdel-Fattah, "Adsorption of Divalent Lead ions by Zeolites and Activated Carbon: Effects of pH, Temperature, and Ionic Strength", *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 39(9), pp. 2275-2291, 2004.
- [6] H. Yu, J. Shen, J. Li, X. Sun , and W. Han, "Preparation, Characterization and Adsorption Properties of Sodalite Pellets", *Materials Letters*, vol. 132, 259-262, 2014.
- [7] M.E.F. Sari, "Direct Synthesis of Sodalite from Kaolin: the Influence of Alkalinity", *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 18(4), pp. 607-613, 2018.
- [8] T. Wahyuni, "Sintesis Sodalit Menggunakan Kaolin Secara Langsung", Kimia, FMIPA ITS, 2015.
- [9] W. Qiu and Y. Zheng, "Removal of Lead, Copper, Nickel, Cobalt, and Zinc from Water by a Cancrinite-type Zeolite Synthesized from Fly ash", *Chemical Engineering Journal*, vol. 145, pp. 483-488, 2009.