

## MODIFIKASI ZEOLIT ALAM DENGAN SURFAKTAN HEKSADESILTRIMETILAMMONIUM KLORIDA SEBAGAI ADSORBEN ION NITRAT

**Eko Setyo Budi, Ahmad Suseno, Bambang Cahyono**

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275, Telepon (024) 7474754

**Abstrak** : Telah dilakukan penelitian tentang modifikasi zeolit alam dengan surfaktan heksadesiltrimetilammonium klorida sebagai adsorben ion nitrat. Penelitian ini bertujuan untuk modifikasi zeolit alam dengan surfaktan heksadesiltrimetilammonium klorida, melakukan uji adsorpsi terhadap ion nitrat dengan variasi konsentrasi serta menentukan kapasitas adsorpsi maksimumnya. Penelitian ini dilakukan dengan aktivasi zeolit dengan tahapan menambahkan larutan HF 1% selama 10 menit dan dikeringkan pada suhu 120 C selama 4 jam, kemudian ditambahkan larutan NH<sub>4</sub>Cl 2M selama 4 jam dan dikeringkan pada suhu 250 C selama 4 jam. Tahap selanjutnya zeolit aktif dimodifikasi dengan HDTMA-Cl menggunakan sistem kolom dengan laju alir 0,5 mL/menit. Hasil modifikasi dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR sedangkan uji adsorpsi ion nitrat terhadap zeolit alam dan zeolit modifikasi surfaktan dilakukan dengan metode *batch* selama 24 jam. Pengukuran konsentrasi nitrat yang teradsorpsi dengan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang 220 nm. Hasil spektra FTIR menunjukkan bahwa modifikasi zeolit aktif dengan HDTMA-Cl telah berhasil dilakukan dengan munculnya pita 1404,18 cm<sup>-1</sup>, yang menunjukkan adanya N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> serta munculnya pita 2854,65 cm<sup>-1</sup> dan 2924,09 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan rentangan simetris dan asimetris CH<sub>2</sub> dari amina. Uji adsorpsi pada nitrat juga menunjukkan bahwa kapasitas maksimum dengan persamaan Isoterm Langmuir dari zeolit alam sebesar 0,502 mg/g serta zeolit modifikasi surfaktan sebesar 5,128 mg/g.

**Kata Kunci** : Zeolit Alam, Zeolit Modifikasi Surfaktan, Adsorpsi Nitrat

**Abstract** : A study on modification of natural zeolite with surfactant hexadecyltrimethylammonium chloride as nitrate ion adsorbent. This study aims to modification of natural zeolite with hexadecyltrimethylammonium chloride, to test the nitrate ion adsorption on the variation of the concentration and determine the maximum adsorption capacity. The research was conducted with zeolite activation stages adding HF 1% solution for 10 minutes and dried at 120 C for 4 hours, then added a solution of 2M NH<sub>4</sub>Cl for 4 hours and dried at a temperature of 250 C for 4 hours. The next stage is active zeolite modified with HDTMA-Cl using column system with a flow rate of 0.5 mL/min. Modification characterized by FTIR spectrophotometer while the nitrate ion adsorption tests on natural zeolite and surfactant modified zeolite done using batch for 24 hours. Measuring nitrate concentrations were adsorbed by UV-Vis spectroscopy at a wavelength 220 nm. The results of FTIR spectra showed that the active zeolite modification with HDTMA-Cl has been successfully carried out with the advent of tape 1404,18 cm<sup>-1</sup>, which shows the N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> as well as the emergence of the tape 2854.65 cm<sup>-1</sup> and 2924.09 cm<sup>-1</sup> shows the range of symmetric and asymmetric CH<sub>2</sub> of amine. Adsorption on the nitrate test also showed that the maximum capacity of the Langmuir Isotherm equation of natural zeolite at 0.502 mg/g and the surfactant modified zeolite at 5.128 mg/g.

**Keywords** : Natural Zeolite, Surfactants Modified Zeolite, Adsorption of Nitrate

## PENDAHULUAN

Nitrogen sebagai ion nitrat merupakan salah satu unsur penting yang banyak digunakan dalam pertanian sebagai pupuk [1]. Namun, penggunaannya menimbulkan banyak masalah, terutama eutrofikasi ketika dilepaskan ke lingkungan perairan [2,3]. Sekitar 40-70% dari nitrogen yang diaplikasikan ke pupuk normal, nitrogen hilang ke lingkungan dan tidak dapat diserap oleh tanaman, yang menyebabkan kerugian ekonomi dan sumber daya besar, di samping juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius [4]. Dilain pihak, dosis yang berlebih tentu menimbulkan dampak lebih besar pada kualitas air di lingkungan, yang dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi nitrat dalam air tanah [5]. Dengan demikian, perlu kondisi dimana nutrisi yang berasal dari pemupukan pertanian harus dikontrol sebelum di lepaskan ke air sehingga nutrisi yang ada di air dapat terjaga [1].

Zeolit alam khususnya jenis Klinoptilolit sering digunakan dalam produksi pertanian karena (KTK) kapasitas kation tukar tinggi dan afinitas  $\text{NH}_4^+$  tinggi [6]. Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation internal sebesar 800 meq/kg dan kapasitas tukar kation eksternal sebesar 90-110 meq/kg [7]. Pertukaran kation pada zeolit alam dapat dimanfaatkan untuk memodifikasi permukaan sehingga senyawa, terutama anion dan non-organik polar, juga akan dipertahankan [8].

Zeolit alam bermuatan negatif dengan mempunyai gugus aktif penukar kation berupa kation alkali atau alkali tanah misalnya  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , atau  $\text{Ca}^{2+}$ . Gugus aktif ini berperan sebagai penyeimbang muatannya yang dapat dipertukarkan dengan kation lain misalnya surfaktan kationik [9].

Modifikasi menggunakan surfaktan kationik heksadesiltrimetilammonium ( $\text{HDTMA}^+$ ) telah berhasil dilakukan oleh Rubai [10], yaitu berhasil untuk mengadsorpsi ion bikromat yang bermuatan negatif dan hasil penelitian yang lain permukaan yang bermuatan positif dapat

digunakan sebagai penukar anion As (V) [11,12].

Berdasarkan fakta ini, dapat mengindikasikan terjadi perubahan permukaan yang semula negatif menjadi positif. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Rubai [10], yaitu modifikasi zeolit alam dengan surfaktan  $\text{HDTMA}^+$  untuk mengadsorpsi ion bikromat yang digunakan untuk mengurangi polutan pada *elektroplating*. Namun penelitian ini melakukan modifikasi zeolit alam dengan surfaktan heksadesiltrimetilammonium klorida yang digunakan untuk mengadsorpsi ion nitrat. Selanjutnya dilakukan variasi konsentrasi nitrat yang diharapkan didapatkan kapasitas maksimum adsorpsi ion nitrat.

## METODE PENELITIAN

### 1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah zeolit alam yang diambil dari daerah kecamatan Bayat Kabupaten Klaten Jawa Tengah, HF 1% (p.a, 40%),  $\text{NH}_4\text{Cl}$  2M (p.a, Merck),  $\text{KNO}_3$  (p.a, Merck) Hexadecyltrimethylammonium chloride (Merck 50% dalam 2-propanol-air 3:2), 2-propanol (p.a, Merck) akuades. Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas standar laboratorium, statif, kolom, ayakan -60/+100 mesh, furnace, kertas saring watchmen 42, Spektrofotometer FTIR (Shimadzu Prestige 21) dan Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1601).

### 2. Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam Bayat dihancurkan dan diayak pada ukuran lolos 60 mesh dan tertahan 100 mesh (-60/+100 mesh). Zeolit dicuci dengan akuades dan direndam dalam larutan HF 1% selama 10 menit. Zeolit dicuci dengan akuades hingga pH filtrat netral. Zeolit kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Zeolit yang telah kering, direndam dalam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  2M selama 4 jam, dilanjutkan pencucian

dengan akuades sampai pH filtrat netral. Kemudian dikeringkan pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam.

### 3. Modifikasi Zeolit dengan Surfaktan Heksadesiltrimetilammonium Klorida

Modifikasi dilakukan pada zeolit aktif. Kolom diisi dengan 5 gram zeolit aktif. Zeolit aktif tersebut kemudian ditambah larutan surfaktan heksadesiltrimetilammonium klorida dengan konsentrasi 0,2 M. Selanjutnya ditambah 25 mL larutan surfaktan heksadesiltrimetilammonium klorida dengan laju aliran 0,5 mL/menit.

### 4. Uji Adsorpsi terhadap Ion Nitrat

Uji adsorpsi ion nitrat dilakukan dengan massa adsorben 0,1 gram zeolit alam (ZA) dan zeolit modifikasi surfaktan (ZMS) pada variasi konsentrasi nitrat (400, 425, 450, 475 dan 500 mg/L) ke dalam labu erlenmeyer ditambahkan 10 mL larutan  $\text{KNO}_3$  dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian disaring dan filtratnya dilakukan analisis konsentrasi ion nitrat dengan spektrofotometer UV/Vis pada panjang gelombang 220 nm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam dilakukan penghancuran dan pengayakan berukuran -60/ +100 mesh, dengan tujuan menghomogenitaskan ukuran pada permukaan zeolit alam dan untuk memperbesar luas permukaan zeolit alam sehingga kemampuan adsorpsi dapat lebih optimal. Kemudian zeolit direndam dalam larutan HF 1% selama 10 menit. Hal ini dilakukan untuk melarutkan oksida-oksida pengotor. Zeolit yang sudah direndam dengan larutan HF 1% selanjutnya pH zeolit dinetralkan sampai pH 7 dengan cara pencucian menggunakan akuades dan dikeringkan pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$ .

Setelah itu, zeolit yang sudah aktif dilakukan proses pertukaran ion dengan ion ammonium. Pertukaran ion ini bertujuan untuk membentuk zeolit  $\text{NH}_4^+$ . Pertukaran

mula-mula terjadi antara kation-kation dalam zeolit dengan  $\text{NH}_4^+$  dari ammonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Pertukaran ion antara kation-kation dalam zeolit dengan  $\text{NH}_4^+$  bertujuan untuk mengganti semua kation didalam zeolit karena didalam zeolit masih terdapat kation alkali atau alkali tanah seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  yang berperan sebagai penyeimbang zeolit yang dapat dipertukarkan dengan kation lain sehingga semua kation-kation tersebut akan tertukar menjadi  $\text{NH}_4^+$ . Menurut selektivitasnya  $\text{NH}_4^+$  mempunyai nilai selektivitas yang tinggi  $\text{NH}_4^+ > \text{Ag} > \text{Ba} > \text{Na} > \text{Sr} > \text{Ca} > \text{Li} > \text{Cu}$  [13]. Kemudian untuk membentuk zeolit-H, setelah proses pertukaran ion kemudian dilakukan pemanasan pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  dikarenakan pada suhu tersebut diharapkan  $\text{NH}_3$  akan lepas dan terbentuk zeolit-H.

### 2. Modifikasi Zeolit Aktif dengan Surfaktan Kation ( $\text{HDTMA}^+$ )

Pertukaran kation zeolit aktif dengan molekul surfaktan dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kolom. Penggunaan kolom diharapkan dapat menyebabkan kontak antara permukaan zeolit dengan molekul ( $\text{HDTMA}^+$ ) lebih menyeluruh, sehingga terjadi pertukaran kation antara molekul surfaktan ( $\text{HDTMA}^+$ ) dengan kation-kation penyeimbang yang berada pada permukaan zeolit. Larutan ( $\text{HDTMA}^+$ ) yang digunakan untuk merendam zeolit aktif sebanyak 25 mL dengan laju aliran 0,5 mL/menit. Perendaman zeolit dan pengaturan laju aliran larutan ( $\text{HDTMA}^+$ ) masih mampu untuk mengeluarkan filtrat larutan ( $\text{HDTMA}^+$ ) dari dalam kolom. Sedangkan pengaliran yang terlalu cepat menyebabkan pertukaran kation antara zeolit dengan surfaktan kurang maksimal.

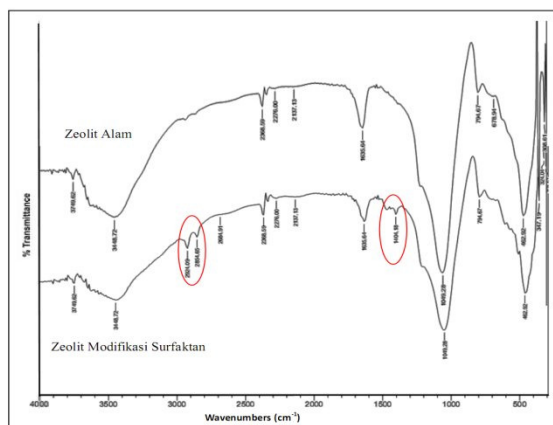
Mekanisme yang terjadi pada modifikasi tersebut secara umum penyerapan surfaktan ionik pada permukaan padat adalah pembentukan monolayer atau *hemimicelle* dan pembentukan tersebut terjadi pada konsentrasi dibawah CMC (*critical micelle concentration*). berlangsung melalui tahapan pertukaran kation surfaktan

sehingga terbentuk monolayer antara zeolit dan surfaktan pada permukaan zeolit. Apabila konsentrasi surfaktan telah melebihi CMC maka akan terjadi interaksi antara ujung-ujung surfaktan yang bersifat hidrofob berikatan dengan ujung hidrofob lain sehingga terbentuk lapisan ganda (bilayer) atau *admicelle* [14].

Hasil analisis menggunakan EDX juga memperlihatkan bahwa proses modifikasi dengan pertukaran kation menggunakan surfaktan telah berhasil dilakukan, yang ditandai oleh adanya unsur C (karbon) sebanyak 13,90% yang berasal dari surfaktan, serta hilangnya sebagian kation –kation penyeimbang seperti Na dan Mg pada zeolit hasil modifikasi [15].

### 3. Karakterisasi Zeolit Alam dan Zeolit Modifikasi Surfaktan dengan FTIR

Pada umumnya rentang bilangan gelombang 300-1300  $\text{cm}^{-1}$  berbentuk ikatan tetrahedral yaitu  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  dan  $(\text{AlO}_4)^{5-}$ . Pada pita 900-1250  $\text{cm}^{-1}$  merupakan rentangan asimetris, rentangan simetris ditunjukkan pada pita 650-850  $\text{cm}^{-1}$ , tekukan Si-O/Al-O (T-O) pada internal muncul pada daerah 420-500  $\text{cm}^{-1}$  sedangkan untuk eksternal akan muncul pada 700-780  $\text{cm}^{-1}$  [16].



**Gambar 1.** Spektra FTIR Zeolit Alam (ZA) dan Zeolit Modifikasi Surfaktan HDTMA<sup>+</sup> (ZMS)

Pada zeolit modifikasi HDTMA muncul pita 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan rentangan simetris dan asimetris CH<sub>2</sub> dari amina [17]. Pada zeolit aktif yang

dimodifikasi dengan surfaktan menunjukkan bahwa zeolit telah berhasil dimodifikasi dengan HDTMA<sup>+</sup> yaitu dengan munculnya pita 2854,65  $\text{cm}^{-1}$  dan 2924,09  $\text{cm}^{-1}$ . Menurut Hongping [17], frekuensi dan lebar pita simetris dan asimetris CH<sub>2</sub> untuk amina tergantung pada konsentrasi amina. Munculnya pita 2854,65  $\text{cm}^{-1}$  dan 2924,09  $\text{cm}^{-1}$  merupakan rentangan simetris dan asimetris uluran CH<sub>2</sub> amina dari surfaktan HDTMA. Menurut Li dkk [18], zeolit aktif yang dimodifikasi dengan surfaktan HDTMA diperkuat dengan munculnya bilangan gelombang 1404,18  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya N<sup>+</sup>-(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> tekuk, dengan adanya bilangan gelombang tersebut menunjukkan bahwa zeolit tersebut telah berhasil dimodifikasi.

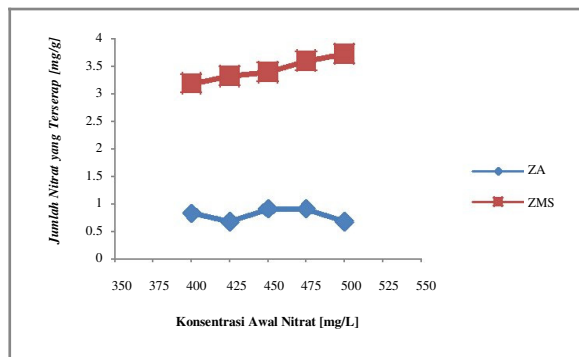
### 4. Uji Adsorpsi Ion Nitrat pada Variasi Konsentrasi Nitrat

Uji adsorpsi ion nitrat terhadap pengaruh variasi konsentrasi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) menggunakan zeolit alam (ZA) dan dibandingkan dengan zeolit modifikasi surfaktan (ZMS). Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan sistem *batch* selama 24 jam. Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum ion nitrat terhadap zeolit alam dan zeolit modifikasi surfaktan dihitung menggunakan persamaan *Isotherm Langmuir* :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0} C_e + \frac{1}{bQ_0}$$

Dimana  $q_e$  adalah berat sampel yang teradsorpsi (mg/g),  $Q_0$  adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g),  $b$  adalah konstanta dan  $C_e$  adalah konsentrasi yang tidak teradsorpsi (mg/L).

Hasil adsorpsi ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) mengalami peningkatan adsorpsi sehubungan dengan peningkatan konsentrasi nitrat. Semakin besar konsentrasi nitrat maka kemampuan adsorpsi ion nitrat juga semakin besar. Hasil adsorpsi ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oleh ZA dan ZMS dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.** Perbandingan antara adsorpsi nitrat oleh zeolit alam (ZA) dengan zeolit modifikasi surfaktan (ZMS)

Dari hasil perhitungan dari kedua grafik tersebut diperoleh kapasitas maksimum adsorpsi ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oleh ZA sebesar 0,502 mg/g sedangkan kapasitas maksimum adsorpsi ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oleh ZMS sebesar 5,128 mg/g. Hal ini bisa terjadi dikarenakan dipengaruhi oleh sifat permukaan pada zeolit alam dan zeolit modifikasi surfaktan. Penyerapan pada zeolit alam juga mengalami penyerapan ion nitrat, itu terjadi tidak karena hasil dari interaksi muatan akan tetapi zeolit yang mempunyai pori-pori, dimana ion nitrat yang terserap terjebak melalui pori-pori zeolit baik secara *external surface* maupun *internal surface*. Sedangkan pada zeolit modifikasi surfaktan HDTMA<sup>+</sup> penyerapan ion nitrat tidak hanya terjadi pada pori zeolit akan tetapi juga dikarenakan adanya interaksi elektrostatis pada permukaan zeolit hasil modifikasi. Hasil penelitian ini membuktikan sesuai hipotesa bahwa zeolit yang dimodifikasi dengan surfaktan HDTMA<sup>+</sup> kemampuannya untuk menyerap ion nitrat lebih signifikan dari pada zeolit alam.

## KESIMPULAN

Modifikasi zeolit dengan surfaktan HDTMA<sup>+</sup> telah berhasil dilakukan dan ditunjukkan oleh spektra FTIR pada bilangan gelombang  $1404,18 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2854,65 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ , uji adsorpsi nitrat terhadap zeolit alam, konsentrasi nitrat

semakin bertambah kemampuan adsorpsinya tetap, akan tetapi adsorpsi terhadap zeolit modifikasi surfaktan apabila konsentrasi nitrat bertambah kemampuan adsorpsinya juga semakin banyak serta kapasitas adsorpsi maksimum nitrat pada zeolit modifikasi surfaktan (ZMS) lebih besar dari pada kapasitas adsorpsi maksimum nitrat pada zeolit alam (ZA) yaitu sebesar 5,128 mg/g dan 0,502 mg/g.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ma, Z., Qian, L., Qinyan, Y., Baoyu, G., Wenhong, L, Xing, X., dan Qianqian, Z., 2011, Adsorption Removal of Ammonium and Phosphate from Water by Fertilizer Controlled Release Agent Prepared from Wheat Straw, *Chemical Engineering Journal*, 171, 1209-1217
- [2]. Nijboer, R.C., dan Verdonschot, P.F.M., 2004, Variable Selection for Modelling Effects of Eutrophication on Stream and River Ecosystems, *Ecol. Model*, 177, 17-39
- [3]. Meyer-Reil, L.A., dan Koster, M., 2000, Eutrophication of Marine Waters: Effects on Benthic Microbial Communities, *Mar. Pollut.* 41, 255-263
- [4]. Wu, L., dan Liu, M.Z., 2008, Preparation and Properties of Chitosan-Coated NPK Compound Fertilizer with Controlled-Release and Water-Retention, *Carbohydr.Polym.* 72, 240-247
- [5]. Kraft, G.J., Stites, W., dan Mechenich, D.J., 1999, Impacts of Irrigated Vegetable Agriculture on a Humid North-Central US Sand Plain Aquifer, *Ground Water*, 37, 572-280
- [6]. Jha, V.K., dan Hayashi, S., 2009, Modification on Natural Clinoptilolite Zeolite for its  $\text{NH}_4^+$  Retention Capacity, *J. Hazard. Mater.*, 169, 29-35

- [7]. Ranck, J.M., Weeber, J.L., Tan, G., Sullivan, E.J., Katz, L.E., dan Bowman, R.S., 2005, Removal of BTEX from Produced Waters Using Surfactant-Modified Zeolite, *Journal of Environmental Engineering*, 131, 434-442
- [8]. Bowman, R.S., 2003, Applications of Surfactant-Modified Zeolites to Environmental Remediation, *Microporous Mesoporous Mater*, 61, 43-56
- [9]. Zhan, Y., Lin, J., dan Zhu, Z., 2011, Removal of Nitrate from Aqueous Solution Using Cetylpyridinium Bromide (CPB) Modified Zeolite as Adsorbent, *J. Hazard. Mater*, 186, 1972-1978
- [10]. Rubai, M., 2010, Modifikasi Zeolit Alam Dengan Surfaktan Hexadecyl-trimethylammonium (HDTMA<sup>+</sup>) Sebagai Adsorben Bakteri Escherichia coli Dan Staphylococcus aureus, *Skripsi*, Universitas Diponegoro, Semarang
- [11]. Zhang, P.F., Avudzeaga, D.M., dan Bowman, R.S., 2007, Removal of Perchlorate from Contaminated Waters Using Surfactant-Modified Zeolite, *J. Environ. Qual*, 36, 1069-1075
- [12]. Chutia, P., Kato, S., Kojima, T., dan Satokawa, S., 2009, Adsorption of As (V) on Surfactant-Modified Natural Zeolite, *J. Hazard. Mater*, 162, 204-211
- [13]. Tsitsishvili, G. V., Andronikashvili, T.G., Kirov, G.N., dan Filizova, L.D., 1992, *Natural Zeolites*, Ellis Horwood Ltd, England
- [14]. Wang, S., dan Peng Y., 2010, Natural Zeolites as Effective Adsorbents in Water and Wastewater Treatment, *Chemical Engineering Journal*, 156, 11-24
- [15]. Suseno, A., Gunawan., dan Hanudin, E., 2012, Modifikasi Zeolit Alam Sebagai Slow Release Substances (SRS) Pupuk Phospat (P) dan Nitrogen (N) pada Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung, *Laporan Penelitian Hibah Kompetitif UNDIP*, Semarang
- [16]. Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites : Synthesis, Characterization and Modification*, UTM, Malaysia
- [17]. Hongping, H., Ray, F.L., dan Jianxi, Z., 2004, Infrared Study of HDTMA<sup>+</sup> Intercalated Montmorillonite, *Spectrochimica Acta Part A*, 60, 2853-2859
- [18]. Li, Z., Jiang, W.T., dan Hong, H., 2008, An FTIR Investigation of Hexadecyl-trimethylammonium Intercalation into Rectorite, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 71, 1525-1534