

Bayu Wiyantoko, dkk_Kimia Fisika

Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya

Bayu Wiyantoko, Pipit Novi Andri, Dyah Anggarini
Program Studi D III Analisis Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
Kampus Terpadu UII, Jl. Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta 55584
e-mail: bayuwiyantoko@uii.ac.id

Abstrak: Telah dilakukan aktivasi fisika pada mineral zeolit alam dan lempung alam melalui proses hidrotermal. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi mineral zeolit alam dan lempung alam teraktivasi terhadap zat warna metilen biru. Analisis kuantitatif pengujian menggunakan deret standar metilen biru yang dianalisis secara spektrofotometri UV-Visibel. Daya adsorpsi mineral zeolit alam dan lempung alam dilakukan pada variasi konsentrasi metilen biru 25, 50, 75, 100, dan 200 mg/L. Analisis kuantitatif menggunakan deret standar yang menghasilkan kurva kalibrasi $y = 0,2336x + 0,0044$ dengan nilai koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,997. Hasil pengujian menunjukkan terdapat perbedaan kemampuan adsorpsi zeolit alam dan lempung alam setelah proses aktivasi. Untuk zeolit alam dan lempung alam memiliki kapasitas adsorpsi masing-masing 71,49 mg/g dan 28,25 mg/g, sementara zeolit teraktivasi dan lempung teraktivasi masing-masing adalah 75,77 mg/g dan 69,78 mg/g.

Kata Kunci : adsorpsi, metilen biru, zeolit, lempung, dan aktivasi fisika

Abstract: Physical activation of natural zeolite minerals and natural clays by hydrothermal process has been performed. This test aims to determine the adsorption capacity of natural zeolite minerals and natural clay activated to blue methylene dyestuffs. The quantitative analysis of the test using a standard methylene blue series was analyzed by UV-Visible spectrophotometry. The adsorption capacity of natural zeolite minerals and natural clays was carried out on variations in the concentrations of methylene blue 25, 50, 75, 100, and 200 mg / L. Quantitative analysis using standard series yielding calibration curve $y = 0.2336x + 0.0044$ with value of coefficient of determination (r^2) equal to 0.997. The test results showed that there were differences in the ability of natural zeolite adsorption and natural clay after the activation process. Natural zeolites and natural clays had adsorption capacity of 71.49 mg/g and 28.25 mg/g, respectively, while activated zeolite and activated clays are 75.77 mg/g and 69.78 mg/g, respectively.

Keywords : adsorption, methylene blue, zeolite, clay, and physical activation

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Wijaya, dkk., 2006). Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah metilen biru, di industri sebagai pewarna kertas yang

dikombinasikan dengan zat warna lain, sedangkan di laboratorium digunakan sebagai pewarna indikator. Zat warna metilen biru menjadi perhatian besar dalam proses pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan atau didegradasi karena memiliki gugus benzena, toksik, menyebabkan mutasi genetik dan berpengaruh pada reproduksi (Christina, dkk., 2007)

Banyak metode digunakan untuk mengurangi dampak cemaran zat warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah zat cair salah satunya dengan adsorpsi. Pengolahan limbah zat warna seperti proses adsorpsi memiliki keefektifan tinggi dalam penghilangan pewarna pada limbah cair (Wanchanthuek & Thapol 2011), Dalam proses adsorpsi dibutuhkan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat. Salah satu kegunaan adsorben adalah untuk menyerap zat warna dalam pengolahan limbah industri tekstil (Lynch, 1990). Berkembangnya industri yang menghasilkan limbah zat warna diikuti dengan semakin tingginya kebutuhan adsorben. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu diupayakan keragaman sumber bahan baku adsorben sehingga dapat mengimbangi kebutuhan industri terhadap adsorben (Retnowati, 2005).

Beberapa tahun terakhir ini banyak dilakukan penelitian untuk pengembangan metode aktif yang murah dan sederhana serta cukup efektif untuk pengolahan limbah zat warna, yaitu menggunakan metode adsorpsi dengan pengembangan adsorbennya. Adsorben yang biasa digunakan adalah zeolit dan lempung alam karena mempunyai struktur pori terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penyerapan molekul-molekul zat warna semakin tinggi (Slamet, 2008). Adapun hasil pengujian dapat dianalisis dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Visibel. Dengan demikian penggunaan metode ini mampu memperoleh kemampuan maksimal dari adsorben zeolit alam dan lempung alam teraktivasi dalam mengadsorpsi zat warna.

METODE

Material dan Instrumen

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam, lempung alam, metilen biru dan akuades. Alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, alat-alat plastik, lumpang mortar, pengaduk magnetik (Thermolyne Cimarec 2), Neraca analitik (OHAUS), Pompa vakum (Buchi Var-V 500), Oven (Memmert), Spektrofotometer UV-Visibel (Hitachi U-2010), Shaker (Rotator shaker VRN-200 Gemmy), *Sentrifuge*.

Prosedur Penelitian

Preparasi Zeolit Alam dan Lempung Alam

Sampel batuan zeolit alam dihancurkan hingga menjadi bubuk zeolit kemudian dilarutkan dengan akuades. Larutan diaduk semalam kemudian disaring hingga diperoleh residu yang dikeringkan pada temperatur 110 °C hingga diperoleh berat konstan. Sementara sampel lempung alam dilarutkan dengan akuades, diaduk

semalam kemudian disaring hingga diperoleh residu yang dikeringkan pada temperatur 110 °C hingga diperoleh berat konstan.

Aktivasi Fisika Pada Zeolit Alam dan Lempung Alam

Sampel zeolit alam dan lempung alam dikalsinasi menggunakan tanur pada suhu 600°C selama 4 jam. Sampel zeolit alam dan lempung alam ditimbang selanjutnya disimpan dalam desikator.

Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru

Larutan metilen biru 100 ppm diencerkan dalam labu ukur 10 mL dengan akuades. Masing masing diambil 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mL larutan standar 10 ppm, diencerkan dalam labu ukur 10 mL menggunakan akuades sehingga diperoleh larutan standar metilen biru 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mg/L. Absorbansi larutan standar metilen biru diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang maksimum metilen biru.

Pengujian Daya Adsorpsi

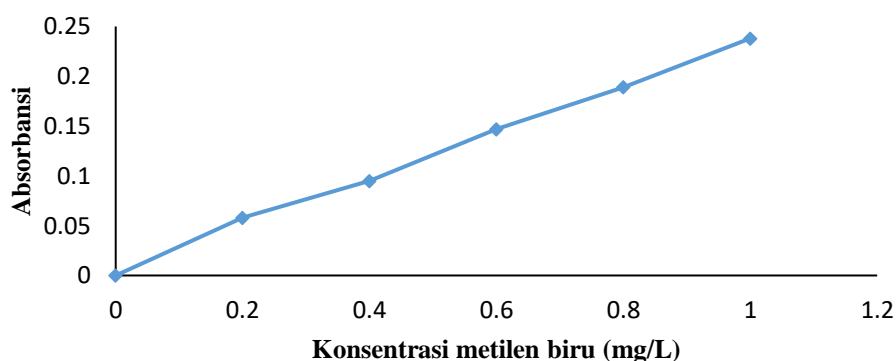
Sampel zeolit alam teraktivasi, lempung alam teraktivasi, zeolit alam, dan lempung alam masing-masing sejumlah 20 mg dikontakkan dengan larutan metilen biru pada variasi konsentrasi 25; 50; 75; 100 dan 200 mg/L. Larutan dishaker selama 24 jam kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 15 menit. Filtrat hasil pengujian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Visibel.

HASIL

Nilai absorbansi larutan standar metilen biru pada berbagai konsentrasi diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut diperoleh kurva kalibrasi standar metilen biru yang merupakan hubungan antara konsentrasi larutan standar metilen biru dengan absorbansi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Deret Standar Larutan Metilen Biru

Konsentrasi metilen biru (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,2	0,058
0,4	0,095
0,6	0,147
0,8	0,189
1	0,238

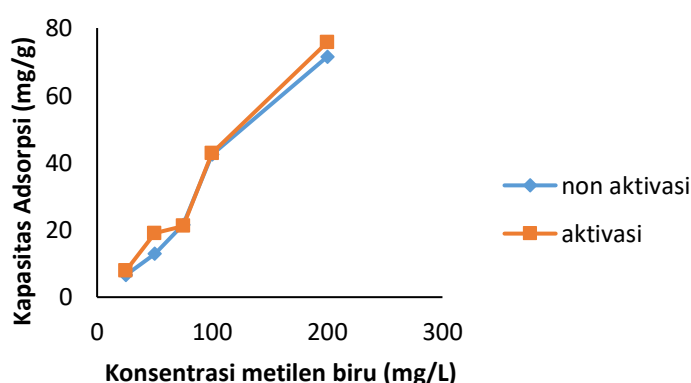


Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi Larutan Standar Metilen Biru dengan Absorbansi

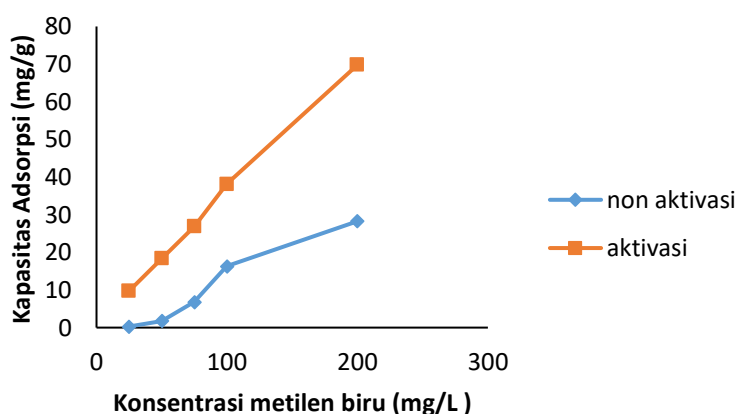
Hasil pengujian kapasitas adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben zeolit alam (non-aktivasi), zeolit alam teraktivasi, lempung alam (non-aktivasi), dan lempung alam teraktivasi dapat dilihat pada Tabel 2. Kapasitas adsorpsi zeolit alam non aktivasi dan zeolit alam teraktivasi disajikan pada Gambar 1. Kapasitas adsorpsi lempung alam non aktivasi dan lempung alam teraktivasi disajikan pada Gambar 2.

Tabel 2. Kapasitas Adsorpsi Sampel Uji

Konsentrasi metilen biru (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)			
	Zeolit alam	Zeolit alam teraktivasi	Lempung Alam	Lempung alam teraktivasi
25	6,58	7,86	0,30	9,74
50	12,90	18,98	1,78	18,34
75	21,55	21,12	6,78	26,83
100	42,38	42,81	16,27	38,10
200	71,49	75,77	28,25	69,78



Gambar 1. Kapasitas Adsorpsi Zeolit Alam Non Aktivasi dan Zeolit Alam Teraktivasi



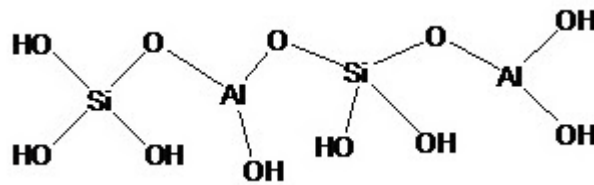
Gambar 2. Kapasitas Adsorpsi Lempung Alam Non Aktivasi dan Lempung Alam Teraktivasi

PEMBAHASAN

Penentuan kurva kalibrasi dilakukan dengan menganalisis serangkaian variasi konsentrasi larutan standar metilen biru yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 mg/L pada panjang gelombang maksimumnya, yaitu 664 nm. Kurva kalibrasi standar metilen biru yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk penentuan konsentrasi sampel larutan metilen biru setelah dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben zeolit dan lempung teraktivasi secara spektrofotometri UV-Visibel dengan variasi konsentrasi. Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi standar metilen biru yang diukur maka semakin besar pula absorbansi yang didapatkan. Hal ini karena pada konsentrasi semakin tinggi, tingkat kepekatan senyawa metilen biru juga semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan Hukum Lambert-Beer yang menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi suatu sampel tertentu akan mengubah absorbansi pada tiap panjang gelombang dengan suatu faktor yang konstan (Skoog, 1971).

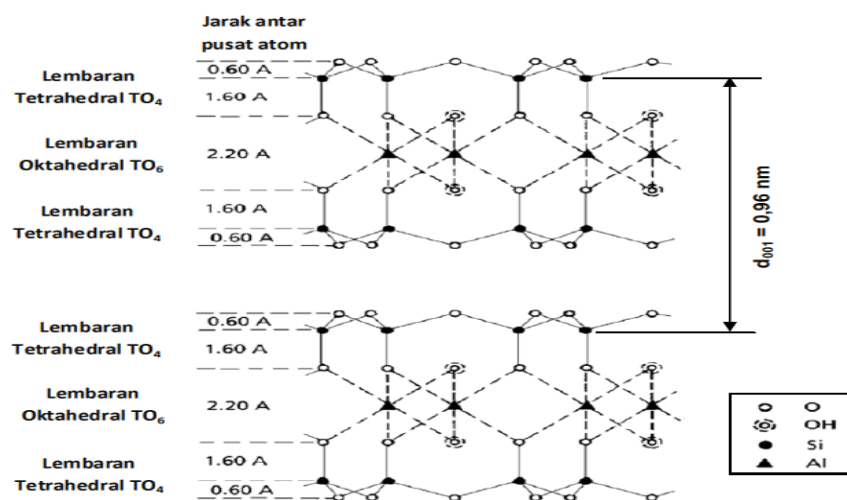
Persamaan garis kurva kalibrasi metilen biru diperoleh $y = 0,233x + 0,004$ dan koefisien korelasinya (r) adalah 0,998. Koefisien korelasi tersebut menunjukkan hubungan antara konsentrasi metilen biru dan nilai absorbansinya sudah linier. Koefisien determinasi (r^2) yang diperoleh sebesar 0,997 menunjukkan bahwa kurva kalibrasi tersebut baik untuk digunakan, karena masuk rentang nilai koefisien determinasi (r^2) yaitu nilai minimal 0,995. Persamaan garis tersebut dapat digunakan untuk menentukan senyawa metilen biru yang teradsorpsi oleh adsorben zeolit alam dan lempung alam berdasarkan pengaruh aktivasi.

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $(\text{SiO}_4)^{4-}$ dan $(\text{AlO}_4)^{5-}$ yang saling terikat oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, umumnya adalah ion logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Cheetham, 1992). Struktur zeolit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kimia Zeolit Alam (Cheetham, 1992)

Lempung merupakan salah satu komponen tanah yang tersusun atas senyawa alumina silikat dengan ukuran partikel yang lebih kecil dari 2 μm . Struktur dasarnya merupakan filosilikat atau lapisan silikat yang terdiri dari lembaran tetrahedral silisium-oksigen dan lembaran oktahedral aluminium-oksigen-hidroksida yang disebut sebagai montmorilonit. Struktur lempung alam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kimia Lempung Alam (Utracki, 2004)

Aktivasi zeolit alam dan lempung alam secara fisika melalui beragam cara seperti pengecilan ukuran butir, pengayakan, pemanasan pada suhu tinggi yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Aktivasi fisika dilakukan dengan cara pemanasan zeolit alam dan lempung alam pada suhu sekitar 300-400 $^{\circ}\text{C}$ baik secara kontak langsung (dengan udara panas) maupun secara kontak tidak langsung (*system vacuum exhauster*). Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit alam dan lempung alam sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah (Ertan & Akicioglu- Ozkan, 2005).

Aktivasi fisika melalui pemanasan pada lempung alam diawali dengan menghilangnya molekul air dan pengotor organik dengan disertai peningkatan permukaan dan terbentuknya situs-situs adsorpsi baru. Porositas-porositas baru dapat pula dihasilkan melalui delaminasi partikel lempung yang meningkatkan ketersediaan ruang antara lapis-lapis silikat untuk mengikat molekul-molekul adsorbat (Ghosh & Bhattacharyya, 2002). Penentuan adsorpsi metilen biru menggunakan zeolit alam teraktivasi dan zeolit alam tanpa aktivasi bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi yang mampu diadsorpsi oleh adsorben. Adsorpsi

dilakukan terhadap senyawa metilen biru pada pH 4 karena adsorben zeolit alam mampu mengadsorpsi secara maksimal pada pH optimum tersebut. Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan karakteristik adsorpsi dari adsorben tanpa aktivasi dan adsorben teraktivasi terhadap senyawa metilen biru pada masing masing variasi konsentrasi yang dikontakkan. Hasil ini dapat dilihat dengan adanya perubahan kapasitas adsorpsi sebelum dan setelah proses aktivasi yang nilainya senantiasa meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Pada konsentrasi metilen biru 100 ke 200 mg/L terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi yang cukup besar, mengindikasikan kemampuan adsorben yang cukup baik untuk adsorpsi zat warna metilen biru.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan perlakuan aktivasi fisika padatan zeolit alam lebih bersih dari pengotor sehingga pori-pori zeolit alam lebih terbuka dan kemampuannya dalam mengadsorpsi metilen biru juga besar. Secara umum pada setiap rentang konsentrasi metilen biru, kapasitas adsorpsi zeolit lebih besar dibanding dengan lempung baik untuk kategori non aktivasi maupun teraktivasi. Kapasitas adsorpsi maksimal yang diperoleh untuk zeolit non aktivasi dan zeolit teraktivasi masing-masing adalah 71,49 mg/g dan 75,77 mg/g dengan konsentrasi metilen biru 200 mg/L dan massa zeolit yang digunakan sebesar 20 mg. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada penelitian ini lebih baik dibandingkan oleh zeolit alam yang telah diaktivasi fisika dengan cara pemanasan mampu mengadsorpsi senyawa metilen biru sebesar 1,5718 mg/g dengan massa zeolit sebesar 8 mg (Sugiarti & Amiruddin, 2008).

Pada Tabel 2 juga diperlihatkan bahwa proses aktivasi memberikan perubahan karakter adsorpsi yang sangat baik pada adsorben lempung karena perbedaan kapasitas adsorpsi yang sangat mencolok dibandingkan adsorben zeolit. Lempung alam yang memiliki struktur berlapis silika alumina setelah melalui proses aktivasi dengan pemanasan pada temperatur 400 °C menjadikan jumlah kation yang dapat dipertukarkan pada ruang antar lapis lempung alam menjadi meningkat sehingga proses adsorpsi terhadap metilen menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Hasil penelitian melaporkan bahwa lempung alam yang telah diaktivasi fisika dengan cara pemanasan mampu mengadsorpsi senyawa metilen biru sebesar 2,02 mg/g dengan konsentrasi adsorbat 40 mg/L (Ramadhani, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan perlakuan aktivasi fisika padatan lempung alam lebih bersih dari pengotor sehingga pori-pori lempung alam lebih terbuka dan kemampuannya dalam mengadsorpsi metilen biru juga besar. Pada konsentrasi metilen biru yang tidak jauh berbeda, pada penelitian ini menggunakan konsentrasi 50 mg/L menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 18,34 mg/g. Hasil aktivasi lempung alam pada penelitian ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan yang telah dilaporkan sebelumnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut yaitu adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi dengan kapasitas adsorpsi maksimum masing masing adalah sebesar 71,49 mg/g dan 75,77 mg/g dan adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben lempung alam dan lempung alam teraktivasi dengan kapasitas adsorpsi masing masing adalah sebesar 28,25 mg/g dan 69,78 mg/g.

Berdasarkan hasil penelitian penentuan metilen biru hasil adsorpsi menggunakan zeolit alam dan lempung alam teraktivasi secara spektrofotometer UV-Visibel maka disarankan bahwa perlu dilakukan pengujian karakteristik mineral zeolit dan lempung meliputi sifat kristalinitas, gugus fungsional, luas permukaan, serta ukuran pori untuk memberikan informasi lebih lebih menyeluruh tentang sifat adsorben.

DAFTAR RUJUKAN

- Atkins. 1999. *Kimia Fisika Edisi Keempat jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Cheetham, D. 1992. *Solid State Compound*. London: Oxford University Press.
- Christina, P.M, Mu'nisatun, S., Saptaji, R., & Marjanto, D. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 340 ke V/10 mA. *JFN*: 1(1): 1978-8738.
- Ertan, A. & Akicioglu- Ozkan, F. 2005. CO₂ and N₂ Adsorption on the acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄ and H₃PO₄) Treated Zeolites A. *Adsorption*, 11: 151-156.
- Ghosh, D & Bhattacharyya, K.G. 2002. Adsorption of Methylene Blue on Kaolinite, *Appl. Clay. Sci.*, 20: 295-300.
- Lynch. 1990. *Practical Handbook of Material Science 2 th Edition*. New York: CRC Pr.
- Mahmood, T., Anwer, F., Mahmood, I., Kishwar, F., & Wahab, A. 2013. Solvatochromic Effect of Methylene Blue in Different Solvents with Different Polarity. *European Academic Research*, 1(6): 1100-1109.
- Nurmasari, R. 2014. *Kajian Adsorpsi Rhodamin B pada Humin*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Ramadhani, A. 2015. Kapasitas Adsorpsi Metilen Biru Oleh Lempung Cengar Teraktivasi Asam Sulfat. *JOM FMIPA*, 2(1): 1-2.
- Retnowati. 2005. *Efektivitas Ampas Sebagai Adsorben Alternatif Limbah Cair Industri Tekstil*. Bogor: FMIPA IPB.
- Skoog, D.D. 1971. *Principles of Instrumental Analysis*. New York: Holt, Rinerhart and Winston, Inc.

- Slamet, E.M. 2008. *Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol*. Universitas Indonesia: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik .
- Sugiarti & Amiruddin, S.Z. 2008. Pengaruh Jenis Aktivasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit pada Metilen Biru . *Jurnal Chemical*, 9: 20-25.
- Utracki, L.A. 2004. *Clay-Containing Polymeric Nanocomposites, Volume 1*. United Kingdom: Rapra Technology Limited.
- Wanchanthuek, R. & Thapol, A. 2011. Kinetic Study of Methylene Blue Adsorption Over MgO from PVA Template Preparation, *Journal of Environmental Science and Technology*, 4(5): 552-559.
- Widjajanti, E., Tutik, P.R., & Utomo, M.P. 2011. *Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*. Prosiding Semoinar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi TiO₂- Zeolit dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Teknoin* , 11(3):199-209.