

Kinerja *Organoclay* Bentonit Terinterkalasi Poli-DADMAC sebagai Flokulan Limbah Cair Tahu

Irwan Nugraha, Nurhayati Rohimah

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl.Laksda Adisucipto Yogyakarta 55281

Email: irwan.nugraha@uin-suka.ac.id

Received: November 2016; Revised: November 2016; Accepted: November 2016; Available Online: December 2016

Abstrak

Telah dilakukan kajian kinerja *organoclay* bentonit terinterkalasi poly-DADMAC sebagai flokulan limbah cair tahu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji efektifitas *organoclay* bentonit terinterkalasi poly-DADMAC sebagai flokulan limbah cair tahu. *Organoclay* bentonit terinterkalasi poly-DADMAC disintesis dengan mereaksikan 10 g bentonit dengan 100 mL poly-DADMAC 4%. Pergeseran yang terjadi pada spektra hasil analisis XRD dan FTIR menunjukkan keberhasilan proses interkalasi bentonit dengan poly-DADMAC. Koagulasi flokulasi dilakukan dengan metode jar test pada kecepatan pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 20 rpm. Kajian kinerja flokulan *organoclay* meliputi variasi jenis flokulan, massa flokulan, lama waktu kontak flokulasi dan variasi jenis pengenceran. Nilai efektifitas penurunan COD maksimum pada 35.7% terjadi pada penambahan jenis flokulan *organoclay* dengan massa 0.05 g dan waktu kontak flokulasi 40 menit. Proses koagulasi-flokulasi limbah cair tahu menggunakan flokulan *organoclay* mampu menghasilkan penurunan nilai COD limbah dari 1145.76 mg/L menjadi 833.28 mg/L. Akan tetapi, koagulasi-flokulasi limbah cair tahu pada penelitian ini tidak menurunkan pH limbah secara ekstrim, rentang penurunan pH adalah dari 3.836 menjadi 3.448.

Kata kunci : Flokulan, *organoclay*, bentonit-polyDADMAC, limbah cair tahu

Abstract

Studies of Bentonite intercalated organoclay performance poly-DADMAC as flocculants wastewater of tahu has been done. The purpose of this study was to examine the effectiveness of Bentonite intercalated organoclay poly-DADMAC as flocculants wastewater of Tahu. Bentonite intercalated organoclay poly-DADMAC are synthesized by reacting 10 g of bentonite with 100 mL of poly-DADMAC 4%. The shift in spectral analysis of XRD and FTIR results showed the success of the process of intercalation of bentonite with poly-DADMAC. Coagulation-flocculation using Jar test with the rapid stirring speed of 120 rpm for 1 minute and 20 rpm slow stirring. Organoclay flocculant performance review includes a variation type of flocculant, flocculant mass, contact time flocculation and variations in the type of dilution. Rated maximum effectiveness of COD reduction occurs at 35.7% in the type of flocculant addition of organoclay with a mass of 0.05 g and a contact time of 40 minutes flocculation. Coagulation-flocculation process of wastewater of Tahu using flocculants organoclay decrease COD from 1145.76 mg / L to 833.28 mg / L. However, coagulation-flocculation of wastewater of Tahu did not lower the pH of the waste significantly, decreasing pH occurs from 3.836 to 3.448.

Keywords: Flocculant, *organoclay*, bentonite-polyDADMAC, wastewater of Tahu

DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.4322>

1. PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan yang banyak diproduksi di Indonesia dan menjadi salah satu

makanan yang paling banyak diminati masyarakat. Produksi tahu menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Menurut Damayanti *et al.*, (2004) limbah tahu memiliki

nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) 5395 mg/L, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) 5395 mg/L, TSS (*Total Solid Suspended*) 4743 mg/L dan pH 4.11. Nilai tersebut sangat jauh dibandingkan dengan nilai yang diperbolehkan berada dilingkungan berdasarkan Buku Mutu Limbah Cair Tahu PERMENLH/15/2008 yaitu COD, BOD, TSS dan rentang pH masing-masing 150 mg/L, 300 mg/L, 200 mg/L, dan 6-9.

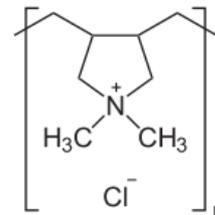
Bentuk limbah cair tahu adalah koloid yang pada dasarnya sulit terendapkan secara alami. Adapun kandungan limbah cair tahu 40-60% protein, 25-50% karbohidrat, dan 10% lemak (Nurhayati, 2010). Cara koagulasi umumnya berhasil menurunkan kadar bahan organik (COD, BOD) sebanyak 40-70 % (Risdiyanto, 2010). Bangun, dkk melakukan koagulasi flokulasi limbah cair tahu menggunakan serbuk biji kelor dengan hasil optimum yaitu waktu pengendapan 60 menit yang menghasilkan penurunan turbiditas 77.43%, TSS 90.32%, dan COD 63.26% pada dosis koagulan 5000 mg/200 ml.

Secara keseluruhan koagulasi flokulasi membutuhkan waktu lebih dari satu jam sampai koloid mengendap (Zouboulis *et al.*, 2008). Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan adanya flokulan yang lebih baik sehingga dapat membantu mengendapkan limbah tahu lebih cepat dan dapat menyatukan flok-flok yang terbentuk lebih banyak, salah satunya dengan menambahkan pemberat bentonit pada flokulan dalam bentuk *organoclay*. Dengan adanya *organoclay* diharapkan dapat mempercepat proses flokulasi dan meningkatkan penurunan COD dari limbah cair tahu.

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel. Proses destabilisasi partikel koloid dilakukan dengan penambahan bahan kimia yang bermuatan positif yang dapat menyelimuti permukaan partikel sehingga partikel tersebut dapat berikatan dengan partikel lainnya (Amoo *et al.*, 2006). Untuk memaksimalkan proses koagulasi maka perlu dilakukan proses flokulasi agar mempercepat proses penggabungan mikroflok. Flokulan memberikan efek induksi pada partikel yang telah terdestabilisasi sehingga dapat terikat secara bersamaan dan membentuk aglomerat yang besar dan mudah terendapkan (Zouboulis *et al.*, 2008). Salah satu flokulan yang sering digunakan adalah lempung dan polimer organik.

Kandungan utama bentonit adalah mineral monmorilonit (80%). Menurut Kaya *et al.*, (2005), bentonit alam memiliki luas permukaan 393.44 m²/g dengan kapasitas penukar kation 132.33 meq/100 g. Bentonit memiliki sifat hidrofilik dan mengalami *swelling* dalam air sehingga sulit untuk mengendap, maka dilakukan modifikasi agar bentonit bersifat sebaliknya yaitu mempercepat pengendapan. Modifikasi dapat dilakukan dengan penambahan polimer organik, dimana dapat merubah bentonit yang semula bersifat hidrofilik berubah menjadi organofilik. Bentonit hasil modifikasi ini disebut *organoclay* (Nurhayati, 2010).

Poly-DADMAC digunakan dalam pengelolaan limbah organik sebagai flokulan utama yang menetralkan koloid bermuatan negatif (flokulan kationik).



Gambar 1. Struktur poli-DADMAC

Proses modifikasi bentonit dengan poli-DADMAC dilakukan dengan metode interkalasi yaitu penyusupan suatu molekul kedalam layer bentonit tanpa merusak bentuk layer dari bentonit. Poli-DADMAC merupakan polimer kationik yang dapat berinteraksi dan mengalami pertukaran kation dengan bentonit (Rytwo, 2008). Rifa'i (2013) telah menggunakan bentonit sebagai adsorben *Linear Alkyl Benzene Sulphonate (LAS)* dan menunjukkan hasil adsorpsi yang baik.

COD adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam 1 mL sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen terlarut. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts, 1984).

FTIR adalah alat yang menggunakan gelombang inframerah untuk mengidentifikasi struktur senyawa organik maupun anorganik (Fessenden, 1986). Apabila sinar infrared dilewatkan melalui suatu sampel yang

mengandung ikatan kovalen dan momen dipol, maka sebagian energi akan diserap sehingga terjadi transisi vibrasi dan energi rendah menuju ke energi yang lebih tinggi (Sastrohamidjojo, 2007). Instrumen FTIR menggunakan sumber radiasi inframerah yang berkisar antara $4000-400\text{ cm}^{-1}$. Instrumen ini terdiri dari sumber cahaya, monokromator, detektor, dan sistem pengolahan data atau komputer (Khopkar, 2008).

XRD adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Nelson, 2010). Jika seberkas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut (Nelson 2010).

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Pengaduk magnet, gelas beaker 50 mL, gelas beaker 500 mL, gelas beaker 1000 mL, pipet ukur 10 mL, gelas ukur 50 mL, gelas ukur 10 mL, kertas saring, cawan, lumpang, alu, statif, alat flokulasi, penangas, neraca analitik, oven, XRD dan FTIR.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit, poli-DADMAC, alumunium sulfat, limbah cair tahu, H_2SO_4 P.A, kalium dikromat 0.25 N, H_2SO_4 , indikator ferroin, Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0.1 N.

Preparasi Bentonit

Bentonit alam yang telah dikeringkan kemudian disaring dengan ukuran 102 mikron.

Preparasi Limbah Cair Tahu

Sebanyak 8 L limbah cair tahu disimpan didalam pendingin pada suhu $4\text{ }^\circ\text{C}$. Uji nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dilakukan untuk 500 mL limbah cair tahu.

Preparasi poli-DADMAC

Sebanyak 10 mL poli-DADMAC 40% diencerkan 10 kali, kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 5 menit.

Modifikasi Bentonit dengan Poli-DADMAC

Sebanyak 20 g bentonit dilarutkan dalam 250 mL akuades dan diaduk dengan magnetik

stirrer selama 30 menit. Kemudian larutan bentonit ditambahkan dengan 100 mL poli-DADMAC 4% dengan cara ditetes-teteskan kedalam larutan bentonit. Suspensi tersebut kemudian diaduk dengan magnetik stirrer selama 3 jam pada suhu $65\text{ }^\circ\text{C}$. Pasta *organoclay* dikeringkan dalam oven dengan suhu $80\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Setelah pengeringan, *organoclay* diaktivasi dengan dipanaskan dalam oven pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. *Organoclay* kemudian digerus halus dan disaring dengan saringan 400 mesh.

Kajian Kinerja Koagulasi Flokulasi

Metode Pengujian Koagulasi Flokulasi dengan Cara Jar Berdasarkan SNI 19-6449-2000

Sebanyak 500 mL sampel limbah cair tahu dimasukkan kedalam gelas beaker 1 L. Kemudian koagulan Alumunium Sulfat 10 g dan 0.01 g flokulan ditambahkan kedalam gelas beaker berisi limbah. Operasikan pengaduk pada pengadukan cepat dengan kecepatan sekitar 120 rpm selama 1 menit. Pengadukan ini dilakukan pada dasar gelas beaker. Setelah itu flokulasi dilakukan dengan kecepatan 20 rpm dengan posisi *stirrer* dibawah permukaan limbah selama 20 menit. Setelah proses flokulasi selesai, sampel limbah cair tahu diendapkan selama 1 malam kemudian dilakukan uji COD.

Variasi Jenis Flokulan

Variasi flokulan meliputi flokulan bentonit-poli DADMAC (*organoclay*), flokulan bentonit, dan flokulan poli-DADMAC dengan dosis yang sama yaitu 0.01 g.

Variasi Dosis Flokulan

Variasi dosis flokulan meliputi flokulan bentonit-poli DADMAC (*organoclay*) dan flokulan bentonit dengan variasi 0.01 g; 0.03 g; 0.05 g; 0.07 g; 0.09 g.

Variasi Waktu Flokulasi

Variasi waktu flokulasi meliputi flokulasi menggunakan bentonit-poli DADMAC (*organoclay*) dengan variasi waktu 20; 40; 60; 80; 100 menit.

Uji Efektifitas Pengenceran Limbah

Pengenceran dilakukan pada limbah dengan dua macam perlakuan. Limbah pertama adalah pengenceran limbah yang telah dilakukan koagulasi-flokulasi dengan jenis flokulan, dosis flokulan dan waktu flokulasi yang menghasilkan penurunan COD maksimum. Sampel kedua adalah limbah yang

dilakukan pengenceran diawal sebelum diolah dengan dosis dan jenis perlakuan yang sama. Pengenceran dilakukan 10 kali dari volume limbah. COD dari kedua sampel kemudian dihitung dan dibandingkan.

Uji Pengaruh Koagulasi-Flokulasi Terhadap Perubahan Keasaman Limbah

Sebanyak 50 mL limbah cair tahu dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan pH meter. pH diukur untuk seluruh variasi sampel.

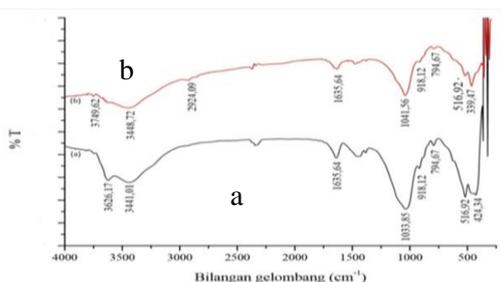
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Organoclay (Bentonit-poli DADMAC)

Organoclay bentonit-poli DADMAC telah berhasil disintesis dengan metode sintesis Dazhong Shen *et al.*, (2009). Dispersi bentonit menggunakan aquades agar terjadinya *swelling* antar *layer* pada bentonit. Luas permukaan bentonit yang spesifik akan terbuka pada dispersi dalam air, karena kemampuan mengembang yang tinggi menyebabkan bentonit dapat menerima ion-ion logam dan senyawa organik, termasuk poli-DADMAC (Nurhayati, 2010). Gugus kation N dari poli-DADMAC pada akhirnya bertukar dengan gugus kation Ca bentonit. Pengeringan pasta organoclay dilakukan pada suhu 80° C untuk menguapkan aquades (H₂O) yang terdispersi bersama organoclay.

Karakterisasi FTIR (Fourier Transform-Infrared Spectroscopy)

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada pada bentonit dan organoclay. Identifikasi ini berdasarkan analisis besaran bilangan gelombang infra merah yang menunjukkan energi vibrasi spesifik untuk setiap gugus fungsi.

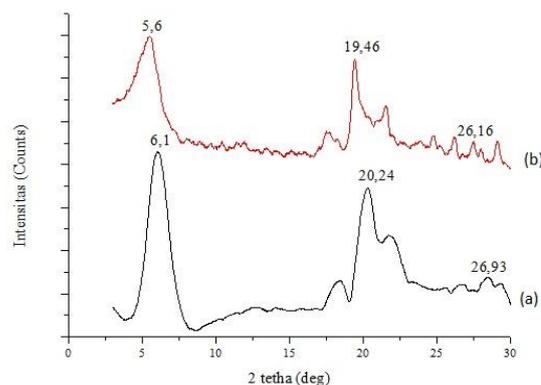


Gambar 2. Spektra FTIR Bentonit (a) dan Organoclay (b)

Tabel 1. Perbandingan bilangan gelombang FTIR bentonit dan organoclay

Bilangan Gelombang		Jenis Serapan
Bentonit	Organoclay	
3626.17	3749.62	Vibrasi ulur OH dari Mg-Al-OH
3441.01	3448.72	Vibrasi ulur OH dari H ₂ O
2924.09	-	Vibrasi ulur CH ₂ dari bahan organik
		Vibrasi tekuk gugus OH dari H ₂ O
1635.85	1635.85	Vibrasi tekuk metilen dari CH ₃
1033.85	1041.56	Vibrasi ulur Si-O-Si
918.12	918.12	Vibrasi tekuk Al-O-H
794.67	794.67	Vibrasi ulur Si-O
516.92	516.92	Vibrasi tekuk Si-O-Al
424.34	339.47	Vibrasi tekuk Si-O-Si

Pergeseran-pergeseran tersebut menunjukkan bahwa adanya perbedaan tingkat energi vibrasi akibat adanya reaksi dengan poli-DADMAC (Anna, dkk., 2010). Vibrasi tekuk Si-O-Si pada organoclay serapan vibrasi tekuk Si-O-Si muncul pada 339.47 cm⁻¹. Pengujian dengan XRD berfungsi untuk mengetahui bentuk kristal dari bentonit dan organoclay. Jarak antar bidang yang dimiliki bentonit dan organoclay berbeda akibat adanya interaksi dengan poli-DADMAC.



Gambar 3. Difraktogram XRD Bentonit (a) dan Organoclay (b)

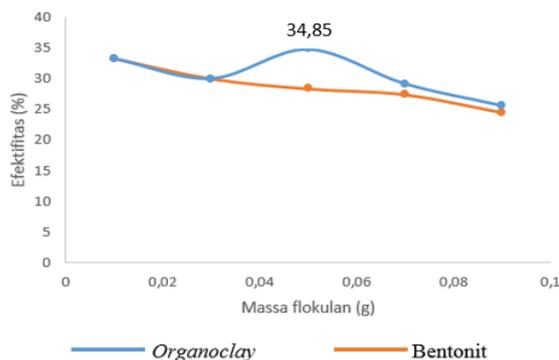
Pergeseran pita ini menunjukkan masuknya kation poli-DADMAC menggantikan muatan kation Ca bentonit menyebabkan ekspansi jarak antar lapis silikat montmorilonit (ruang d₀₀₁). Pergeseran 2θ ke arah yang lebih kecil yang berarti jarak antar lapis pada bentonit meningkat menunjukkan adanya interkalasi

pada bentonit oleh poli DADMAC (Widihati, 2009).

Tabel 2. Efektifitas penurunan COD berdasarkan variasi jenis flokulan

Jenis Flokulan	Nilai COD (mg/L)	Efektifitas (%)
Organoclay	7372.8	33.33
Bentonit	7372.8	33.33
Poli-DADMAC	7987.2	27.78

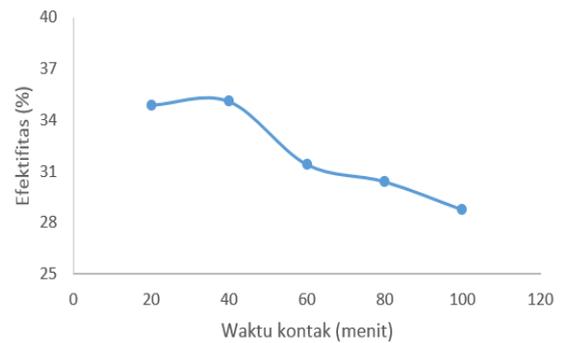
Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan flokulan bentonit dan *organoclay* memberikan hasil yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penggantian flokulan umum (polimer) dengan flokulan lainnya memberi nilai efektifitas yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik pengaruh massa flokulan dengan efektifitas penyerapan COD

Pembentukan flok maksimum terjadi pada jumlah flokulan maksimum pada proses flokulasi. Berdasarkan grafik diatas efektifitas penurunan nilai COD maksimum adalah pada penambahan 0.05 g flokulan *organoclay* dan terlihat flokulan *organoclay* lebih baik daripada flokulan bentonit dalam menurunkan nilai COD limbah. Penambahan *organoclay* diatas 0.05 g menurunkan nilai efektifitas karena terjadi deflokulasi atau restabilisasi partikel koloid (Risdianto, 2007).

Waktu kontak adalah waktu yang dibutuhkan flok dengan flokulan untuk bertumbukan satu sama lain sehingga dapat terbentuk makroflok yang paling baik (Ravina,1993).



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu kontak flokulasi dengan efektifitas penyerapan COD

Tabel 3. Rincian perbandingan efektifitas pengenceran

Parameter	Limbah Pengenceran Awal	Limbah Pengenceran Akhir
Biaya Koagulan	3000	300
Nilai COD (mg/L)	1145.76	833.28
Endapan Limbah (10 g/L)	1000	100

Tabel 4. Nilai pH limbah dengan berbagai jenis perlakuan

Jenis Perlakuan	pH
Limbah Tahu Murni	3.836
Limbah Tahu Murni pengenceran 10 kali	3.827
Waktu kontak 20 menit	3.082
Waktu kontak 40 menit	3.080
Waktu kontak 60 menit	3.021
Waktu kontak 80 menit	3.019
Waktu kontak 100 menit	3.042
Pengenceran sebelum <i>treatment</i>	3.413
Pengenceran setelah <i>treatment</i>	3.448

Pengenceran dilakukan sebagai upaya meminimalisir efek pencemaran limbah dan dikatakan sebagai pengolahan limbah primer. Pada penelitian ini dilakukan dua jenis pengenceran, yaitu pengenceran sebelum koagulasi-flokulasi (pengenceran awal) dan pengenceran setelah koagulasi-flokulasi (pengenceran akhir).

Limbah yang telah diolah dengan koagulasi-flokulasi akan mengalami penurunan pH. Hal ini terjadi karena koagulan alum bersifat asam sehingga menurunkan pH air limbah yang diolah (Sugiarto, 2007). Penurunan pH terjadi tidak signifikan yaitu masih pada rentang pH 3.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Flokulan bentonit termodifikasi poli-DADMAC terbukti efektif sebagai flokulan limbah cair tahu dengan penurunan COD limbah cair tahu dari 1145.76 mg/L menjadi 833.28 mg/L
2. Hasil optimum koagulasi-flokulasi dengan efektifitas penurunan COD 35.7% terjadi pada penambahan jenis flokulan *organoclay* dengan massa 0,05 g dan waktu kontak flokulasi 40 menit
3. Koagulasi-flokulasi tidak menurunkan pH limbah secara ekstrim, rentang penurunan pH dari 3.836 menjadi 3.448.

DAFTAR PUSTAKA

- A Kaya, Ali Hakan O. 2005. Adsorption of zinc from aqueous solutions to bentonite. *Journal of Hazardous Materials B125*:183-189.
- Allaerts G. 1984. *Metode penelitian air*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Anna Wiwi Irnawati. 2010. Uji kinerja kitosan-bentonite terhadap logam berat dan diazinon secara simultan. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*. 1(2): 121-134.
- Bangun R, Siti Ayu Aminah, Anas Hutapean Ritonga, M Yusuf. 2013. Pengaruh kadar air, dosis dan lama pengendapan koagulan serbuk biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(1).
- Damayanti Alia, Joni Hermana, Ali Masduqi. 2004. Analisis resiko lingkungan dari pengolahan limbah pabrik tahu dengan kayu apu. *Jurnal Purifikasi*. 5(4): 151-156.
- Desviani Amanda P. 2012. Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan di Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Krakatau Tirta Industri. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Khopkar SM. 1990. *Konsep dasar kimia analitik*. Jakarta: UI Press.
- Nurhayati Hani. 2010. Pemanfaatan Bentonit Teraktifasi dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret.
- Pulungan Amanda Desviani. 2012. Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair dan Bubuk pada Sistem Dosing Koagulan di Instalasi Pengolahan Air Minum Pt. Krakatau Tirta Industri. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Rifa'i Miftah. 2013. Kajian Adsorpsi Linier Alkyl Benzene Sulpjonate (LAS) dengan Bentonit Alam. [Skripsi]. Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Risdianto Dian. 2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul). [Tesis]. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.
- Rytwo Gioria. 2008. The use of clay-polymernanocomposites in wastewater pretreatment. *The Scientific World Journal*. DOI: 498503.
- Shen Dazhong. 2009. Adsorption kinetik and isotherm of anionic dyes onto organo-bentonite from single and multisolute systems. *Journal of Hazardous Materials*. 172: 99-107.
- Sastrohamidjojo Hardjono. 2007. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Simpenn PP, Suarya. 2009. Interkalasi benzalkonium klorida kedalam montmorillonit teraktivasi asam dan pemanfaatannya untuk meningkatkan kualitas minyak daun cengkeh. *Jurnal Kimia*. 3(1): 41-46.
- Zouboulis AI, Tzoupanous ND. 2008. Coagulation-flocculation processes in water/wastewater reagents. *Journal 6th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (Hte'08)* Rhodes, Greece.