

**BENTONIT TERPILARISASI SENYAWA OKSIDA LOGAM
Cr/Al DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENYERAP ZAT
WARNA *CONGO RED* DAN *DIRECT BLUE***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



AFIFAH RAHMA DIAN

08031181419004

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

**BENTONIT TERPILARISASI SENYAWA OKSIDA LOGAM
Cr/Al DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENYERAP ZAT
WARNA CONGO RED DAN DIRECT BLUE**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

AFIFAH RAHMA DIAN

08031181419004

Indralaya, 1 Agustus 2018

Pembimbing I



Dr. Muhammad Said, M.T.
NIP. 197407212001121001

Pembimbing II



Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.
NIP. 197711272005011003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhac Iskandar, M.Sc

NIP. 197210041997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Bentonit Terpillarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Zat Warna *Congo Red* dan *Direct Blue*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 30 Juli 2018 telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Pembimbing :

1. Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

()

2. Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si
NIP. 197711272005011003

()

Penguji :

1. Dr. Ferlinahayati, M.Si
NIP. 197402052000032001

()

2. Nurlisa Hidayati, M.Si
NIP. 197211092000032001

()

3. Widia Purwaningrum, M.Si
NIP. 197304031999032001

()

Indralaya, 1 Agustus 2018

Mengetahui,

Dekan FMIPA


Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

Ketua Jurusan Kimia


Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Afifah Rahma Dian

NIM : 08031181419004

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis. Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 1 Agustus 2018

Penulis,

A Afifah Rahma Dian
NIM. 08031181419004



**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Afifah Rahma Dian

NIM : 08031181419004

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Bentonit Terpilarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Zat Warna *Congo Red* dan *Direct Blue*”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 1 Agustus 2018

Yang Menyatakan,



Afifah Rahma Dian

NIM. 08031181419004

MOTTO

- Jika kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus menahan perihnya kebodohan –Imam Syafi’i-
- Barang siapa yang hari ini sama dengan hari kemarin, maka ia termasuk orang yang merugi. Dan barang siapa yang hari ini lebih baik dari hari kemarin, maka ia termasuk orang yang beruntung –HR. Bukhari-
- Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan -QS. Al-Insyirah: 5-
- Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving –Albert Einstein-

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT

**2. Bapak, Ibu, Ayuk dan Adek
Tercinta**

**3. Dosen Pembimbing I Dr. Muhammad
Said, M.T dan Pembimbing II Dr. rer.
nat. Risfidian Mohadi, M.Si**

4. Sahabat-sahabat terbaikku

**5. Almamaterku (Universitas
Sriwijaya)**

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala nikmat iman, islam, kesempatan, serta kekuatan yang telah diberikan Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul : “Bentonit Terpillarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Zat Warna *Congo Red* dan *Direct Blue*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Muhammad Said, M.T dan Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat, kasih dan hidayah-Nya yang tak pernah henti terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orangtua tercinta (Bapak Awan Sarmadi S.Kom dan Ibu Rosdiana) yang tak henti-hentinya mendo'akan, memberi dukungan materi maupun tenaga serta motivasi selama menempuh pendidikan hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T. selaku ketua jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc sebagai dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D selaku Kepala Laboratorium Terpadu Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya yang telah membimbing, memberikan ilmu dan motivasinya saya selama saya mengerjakan penelitian.
6. Ibu Nurlisa Hidayati M.Si, Ibu Dr. Ferlinahati, M.Si dan Ibu Widia Purwaningrum M.Si selaku penguji sidang sarjana yang telah banyak memberikan banyak ilmu serta saran yang sangat bermanfaat.
7. Mbak Novi, Kak Roni, Kak Iin, Kak Nanda dan seluruh staf dosen dan analis yang telah membantu melancarkan segala urusan selama dikampus.

8. Saudara-saudariku (Wulan Aprida Choirunnisa, S.Pd Kons., Syifa Aulia Ramadhona dan Muhammad Farhan Al-Hadi) yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan serta pengertiannya selama saya mengerjakan skripsi.
9. M. Harry Al-Fatahillah sebagai pendengar keluh kesah terbaik dan selalu menyempatkan waktunya menemani pulang-pergi Palembang-Indralaya dan sebaliknya selama saya bimbingan skripsi.
10. Sahabatku "Chubby Squad" (Firda Rahmania Putri dan Putri Agustina) my moodbooster everywhere, kalian selalu mendengarkan keluh-kesah saya yang hampir setiap hari curhat dan kalian tidak bosan-bosan ada untuk saya selama saya terpuruk, how lucky I'm to have you guys.
11. "Pengar Squad" (Robbi, Dayat, Anggun, Jaya dan Maman) terimakasih karena telah menghibur dan men-support saya dengan cara kalian masing-masing.
12. Yuni Marcelina dan Retno Wulandari teman dari awal masuk kuliah sampe sekarang semoga dimudahkan skripsinya dan untuk Sandra Viani Aseri semoga cepet dapat kerja amin.
13. Meiliza Yulianingsih wanita kuat yang hobi drama, tetep sabar jadikan semua cerita itu sebagai pelajaran dan pengalaman agar lebih baik lagi dalam bertindak kedepannya.
14. Resto Haryana, teman yang selalu bersedia menemani dan mengurus kebutuhan syarat-syarat seminar dan sidang selama ini.
15. "Bentonite Squad" (Riza Antini dan Lavini Indwi Saputri) terimakasih sudah menjadi team yang baik selama penelitian.
16. "The Bodats" (Memei, Vrysa, Marini, Cia, Nunik, Sandra, Retno, Vini dan Riza) terimakasih karna selalu bekerja sama dengan baik selama dikelas genap.
17. Kak Tarmizi Taher 2011, Kak Neza Rahayu Palapa, Kak Dedi (Analisis Laboratorium Terpadu Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya) terimakasih karena telah menyempatkan waktu luangnya untuk memberikan saya ilmu pengetahuan, motivasi dan pelajaran yang sangat berharga untuk saya kedepannya.
18. Para Personil Lab Cantiks (Ade, Dwi, Friska, Helda, Leni, Lidya, Mia, Nyayu, Rijak, Tirta, Vini, Wini dan Yuri) semangat terus sampe titik darah penghabisan dan terimakasih telah menjadi permen nano-nano (tawa bahagia,

- sedih, suka-duka) selama penelitian ini.
19. Bang Donny Marihot Siburian yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan yang sangat berguna selama saya penelitian.
20. Teman-teman seperjuangan angkatan 2014 (MIKI 2014): (Ade, Aan, Aria, Annisya Zul, Anisa Rachma, Apeh, Ariyanti, Ayu Putri, Bella, Claudia Nour, Claudia Kartika, Della, Dwi, Eka, Helda, Faisal, Friska, Galuh, Getari, Hani, Hensen, Ikhsan, Leny, Lavini, Lisa, Lucia, Marini, Maulid, Mei, Mia Tri, Mikha, Dewi, Fiul, Hengki, Lulu, Tirta, Uswa, Vrysa, Winda, Mirae, Musda, Najmatul, Ninu, Nunik, Putri Agustina, Putri Andani, Ratih, Retno, Riska, Riski, Riza, Roby, Rio, Sandra, Sari, Rama, Ulfa Nadia, Wini, Yunita, dan Yuriska) semangat dan sukses untuk kita semua. Coming soon REUNIAN.
21. Dan semua pihak yang telah berperan dalam pembuatan skripsi ini yang tak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Wassalammu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Indralaya, 1 Agustus 2018



Afifah Rahma Dian

NIM. 08031181419004

SUMMARY

PILLARIZATION OF BENTONITE WITH METAL OXIDE COMPOUNDS Cr/Al AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENTS OF CONGO RED AND DIRECT BLUE DYES

Afifah Rahma Dian : Adviser by Dr. Muhammad Said, M.T and Dr.rer.nat
Risfidian Mohadi, M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University

xxi + 119 pages, 11 tables, 22 pictures, 40 attachments

Pillarization of bentonite with metal oxide compounds Cr/Al by comparison 2:1 and 1:2 has been done. The result of bentonite pillarization with metal oxide Cr/Al was characterized with XRD and FT-IR Spectrophotometer. The result of characterization with XRD has shown the optimal pillarization process with comparison 2:1 with diffraction peak (2θ) $5,3^\circ$ is $16,4 \text{ \AA}$. While comparison 1:2 has just shown diffraction peak (2θ) $6,4^\circ$ is $13,7 \text{ \AA}$. The research result of the characterization with FT-IR Spectrophotometer has not shown the optimal result. The result of optimal bentonite pillarization with comparison 2:1 was applied as adsorbent for congo red and direct blue. The process of adsorption was used Freundlich type. At congo red showed the adsorption rate (k) was $0,0017 \text{ min}^{-1}$ and $0,0007 \text{ min}^{-1}$ for direct blue adsorption. The largest adsorption capacity for congo red at 70°C was $48,31 \text{ mol/g}$ and $69,4 \text{ mol/g}$ for direct blue. The largest adsorption energy for congo red at 70°C is $63,98 \text{ kJ/mol}$ and $30,88 \text{ kJ/mol}$ for direct blue. The enthalpy value (ΔH) and the entropy (ΔS) increased with increasing the concentration of congo red and direct blue. The pH effect on adsorption had best affected on pH 2. The amount of adsorption level at pH 2 was $75,15 \text{ mg/L}$ for natural bentonite and $88,9 \text{ mg/L}$ for pillarization of bentonite Cr/Al for each adsorption congo red. The amount of adsorption level at pH 2 was $39,22 \text{ mg/L}$ for natural bentonite and $89,05 \text{ mg/L}$ for pillarization of bentonite Cr/Al for each adsorption direct blue.

Keywords: Bentonite, pillarization, Cr/Al, congo red, direct blue.

Library : 46 (1982-2018)

RINGKASAN

BENTONIT TERPILARISASI SENYAWA OKSIDA LOGAM Cr/Al DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENYERAP ZAT WARNA *CONGO RED* DAN *DIRECT BLUE*

Afifah Rahma Dian: Dibimbing oleh Dr. Muhammad Said, M.T dan Dr.rer.nat
Risfidian Mohadi, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xxi + 119 halaman, 11 tabel, 22 gambar, 40 lampiran

Telah dilakukan pilarisasi bentonit dengan senyawa oksida logam Cr/Al dengan perbandingan oksida logam 2:1 dan 1:2. Hasil pilarisasi bentonit dengan oksida logam Cr/Al dikarakterisasi menggunakan XRD dan Spektrofotometer FT-IR. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan proses pilarisasi yang optimal pada perbandingan oksida logam 2:1 dengan puncak difraksi sudut (2θ) $5,3^\circ$ sebesar $16,4 \text{ \AA}$, sedangkan perbandingan 1:2 hanya menunjukkan puncak difraksi sudut (2θ) $6,4^\circ$ sebesar $13,7 \text{ \AA}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR tidak menunjukkan hasil yang optimal. Hasil pilarisasi bentonit yang optimal dengan perbandingan 2:1 diaplikasikan sebagai adsorben zat warna *congo red* dan *direct blue*. Proses adsorpsi digunakan model Freundlich, untuk *congo red* menunjukkan besarnya laju adsorpsi (k) sebesar $0,0017 \text{ menit}^{-1}$ dan $0,0007 \text{ menit}^{-1}$ untuk adsorpsi *direct blue*. Kapasitas adsorpsi *congo red* terbesar pada temperatur 70°C sebesar $48,31 \text{ mol/g}$ dan $69,4 \text{ mol/g}$ untuk *direct blue*. Energi adsorpsi *congo red* terbesar pada temperatur 70°C yakni $63,98 \text{ kJ/mol}$ dan $30,88 \text{ kJ/mol}$ untuk *direct blue*. Nilai entalpi (ΔH) dan entropi (ΔS) mengalami kenaikan ketidakteraturan seiring meningkatnya konsentrasi zat warna *congo red* dan *direct blue*. Pengaruh pH terhadap adsorpsi pada pH 2 jumlah *congo red* teradsorpsi terhadap bentonit alam terbesar yakni $75,15 \text{ mg/L}$ dan untuk bentonit terpilarisasi Cr/Al terbesar $88,9 \text{ mg/L}$. Pada pH 2 jumlah *direct blue* teradsorpsi terhadap bentonit alam terbesar yakni $39,22 \text{ mg/L}$ dan untuk bentonit terpilarisasi Cr/Al sebesar $89,05 \text{ mg/L}$.

Kata kunci : Bentonit, pilarisasi, Cr/Al, *congo red*, *direct blue*.

Kutipan : 46 (1982-2018)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Zat Warna.....	5
2.1.1 Zat Warna Congo Red.....	5
2.1.2 Zat Warna <i>Direct Blue</i>	5
2.1.3 Zat Warna Campuran (Biner)	6
2.1.4 Adsorpsi Zat Warna	7
2.2 Bentonit.....	7
2.2.1 Karakteristik Bentonit	8
2.2.2 Jenis-Jenis Bentonit.....	8
2.2.3 Komposisi Bentonit.....	9

2.3 Modifikasi Bentonit	10
2.3.1 Bentonit Teraktivasi	10
2.3.2 Bentonit Terpilarisasi	11
2.3.3 Agen Pemilar Bentonit	12
2.4 Adsorpsi	14
2.4.1 Jenis-Jenis Adsorpsi	14
2.4.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi	15
2.4.3 Kinetika Adsorpsi	15
2.4.4 Isoterm Adsorpsi	16
2.4.5 Termodinamika Adsorpsi	16
2.5 Karakterisasi	17
2.5.1 Spektrofotometer FT-IR	17
2.5.2 Spektrofotometer UV-Vis	17
2.5.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.3 Prosedur Kerja	20
3.3.1 Preparasi dan Aktivasi Bentonit	20
3.3.2 Preparasi Larutan Pemilar Polihidroksi Cr/Al	21
3.3.3 Pilarisasi Bentonit dengan Senyawa Oksida Logam Cr/Al	21
3.3.4 Penentuan Stabilitas Bentonit Terpilarisasi Senyawa Oksida Logam Terhadap pH Melalui Metode <i>pH Point Zero of Charge</i> (PZC)	22
3.3.5 Aplikasi Bentonit Terpilarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al sebagai Zat Warna <i>Congo Red</i> dan <i>Direct Blue</i>	22
3.3.5.1 Pembuatan Larutan Stok dan Standar <i>Congo Red</i>	22
3.3.5.2 Pembuatan Larutan Stok dan Standar <i>Direct Blue</i>	22
3.3.6 Pengaruh pH	23
3.3.7 Pengaruh Berat Adsorben	23

3.3.8 Pengaruh Waktu Adsorpsi	23
3.3.9 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> , <i>Direct Blue</i> dan Campuran (Biner) dan Temperatur Adsorpsi	24
3.3.10 Analisa Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Identifikasi Bentonit Alam dan Bentonit Terpilarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al dengan Spektrofotometer FT-IR	27
4.2 Karakterisasi Bentonit Alam dan Bentonit Terpilarisasi Senyawa Oksida Logam Cr/Al dengan XRD	29
4.3 Analisis Point Zero Charge (PZC)	30
4.4 Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> , <i>Direct Blue</i> dan Campuran (Biner) Menggunakan Bentonit Alam Dan Bentonit Terpilarisasi Oksida Logam Cr/Al	31
4.4.1 Pengaruh pH	31
4.4.2 Pengaruh Berat Adsorben	35
4.4.3 Pengaruh Waktu	37
4.4.4 Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Senyawa Kimia di dalam Bentonit	9
Tabel 2. Sifat-sifat Lempung Berpilar.	12
Tabel 3. Agen Pemilar Bentonit.	13
Tabel 4. Data isoterm adsorpsi menggunakan isoterm Freundlich pada adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al	45
Tabel 5. Data isoterm adsorpsi menggunakan model isoterm Freundlich pada adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al	45
Tabel 6. Data isoterm adsorpsi menggunakan model isoterm Langmuir pada adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al	46
Tabel 7. Data isoterm adsorpsi menggunakan model isoterm Langmuir pada adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al	46
Tabel 8. Data energi adsorpsi (E), entropi (ΔS), entalpi (ΔH), dan kapasitas adsorpsi (q_e) pada adsorpsi <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol) terhadap pengaruh temperatur	47
Tabel 9. Data energi adsorpsi (E), entropi (ΔS), entalpi (ΔH), dan kapasitas adsorpsi (q_e) pada adsorpsi <i>congo red</i> oleh bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al terhadap pengaruh temperatur	47
Tabel 10. Data energi adsorpsi (E), entropi (ΔS), entalpi (ΔH), dan kapasitas adsorpsi (q_e) pada adsorpsi <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol) terhadap pengaruh temperatur	49

Tabel 11. Data energi adsorpsi (E), entropi (ΔS), entalpi (ΔH), dan kapasitas adsorpsi (q_e) pada adsorpsi <i>direct blue</i> oleh bentonit terpoliarisasi senyawa oksida logam Cr/Al terhadap pengaruh temperatur.....	49
---	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Zat Warna <i>Congo Red</i>	5
Gambar 2. Stuktur Zat Warna <i>Direct Blue</i>	6
Gambar 3. Struktur Bentonit.....	10
Gambar 4. Bentonit Terpillar.....	11
Gambar 5. Spekturm FT-IR Bentonit Alam.....	27
Gambar 6. Spekturm FT-IR (a). bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al, (b). bentonit hasil menyerap <i>congo red</i> , (c). bentonit hasil menyerap <i>direct blue</i> dan (d). bentonit hasil menyerap campuran (biner).....	28
Gambar 7. Spektrum XRD Bentonit Alam (A), Bentonit terpillarisasi oksida logam Cr/Al dengan Perbandingan 2:1 (B) dan 1:2 (C).....	30
Gambar 8. pH _{pzc} bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al.....	31
Gambar 9. Pengaruh pH adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al.....	32
Gambar 10. Pengaruh pH adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al.....	33
Gambar 11. Pengaruh pH adsorpsi zat warna campuran (biner) oleh bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al.....	34
Gambar 12. Pengaruh berat adsorben bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al terhadap zat warna <i>congo red</i>	35
Gambar 13. Pengaruh berat adsorben bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al terhadap zat warna <i>direct blue</i>	36

Gambar 14. Pengaruh berat adsorben bentonit terpilarisasi senyawa oksida logam Cr/Al terhadap zat warna campuran (biner)	37
Gambar 15. Pengaruh waktu adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpilarisasi senyawa oksida logam Cr/Al.....	38
Gambar 16. Pengaruh waktu adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol) dan bentonit terpilarisasi senyawa oksida logam Cr/Al.....	38
Gambar 17. Pengaruh waktu adsorpsi zat warna gabungan (biner) oleh bentonit terpilarisasi senyawa oksida logam Cr/Al.....	39
Gambar 18. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol).....	41
Gambar 19. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh bentonit terpilar senyawa oksida logam Cr/Al	42
Gambar 20. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol).....	43
Gambar 21. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> oleh bentonit terpilarisasi senyawa oksida logam Cr/Al.....	43
Gambar 22. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi bentonit terpilar senyawa oksida logam Cr/Al terhadap jumlah zat warna campuran (biner) teradsorpsi	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Penelitian	58
Lampiran 2. Data digital hasil pengukuran bentonit alam menggunakan FT-IR	59
Lampiran 3. Data digital hasil pengukuran bentonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al (2:1) menggunakan FT-IR	60
Lampiran 4. Data digital hasil pengukuran benonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al yang telah menyerap <i>congo red</i> menggunakan FT-IR.....	61
Lampiran 5. Data digital hasil pengukuran benonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al yang telah menyerap <i>direct blue</i> menggunakan FT-IR.....	62
Lampiran 6. Data digital hasil pengukuran benonit terpillar senyawa oksida logam Cr/Al yang telah menyerap campuran (biner) menggunakan FT-IR.....	63
Lampiran 7. Data digital hasil pengukuran bentonit alam menggunakan XRD.....	63
Lampiran 8. Data digital hasil pengukuran bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al (1:2) menggunakan XRD....	64
Lampiran 9. Data digital pengukuran bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al (2:1) menggunakan XRD.....	65
Lampiran 10. Data <i>Point Zero Charge</i> (PZC)	65
Lampiran 11. Kurva kalibrasi larutan standar zat warna <i>congo red</i>	66
Lampiran 12. Kurva kalibrasi larutan standar zat warna <i>direct blue</i>	66
Lampiran 13. Pengaruh pH <i>congo red</i> (kontrol).....	67
Lampiran 14. Pengaruh pH <i>congo red</i> (terpillar).....	67
Lampiran 15. Pengaruh pH <i>direct blue</i> (kontrol).....	67
Lampiran 16. Pengaruh pH <i>direct blue</i> (terpillar).....	68
Lampiran 17. Pengaruh pH biner	68
Lampiran 18. Pengaruh berat <i>congo red</i> (kontrol).....	69

Lampiran 19. Pengaruh berat <i>congo red</i> (terpilar).....	70
Lampiran 20. Pengaruh berat <i>direct blue</i> (kontrol).....	71
Lampiran 21. Pengaruh berat <i>direct blue</i> (terpilar).....	72
Lampiran 22. Pengaruh berat biner	73
Lampiran 23. Pengaruh waktu adsorpsi <i>congo red</i> (kontrol).....	75
Lampiran 24. Pengaruh waktu adsorpsi <i>congo red</i> (terpilar).....	75
Lampiran 25. Pengaruh waktu adsorpsi <i>direct blue</i> (kontrol).....	76
Lampiran 26. Pengaruh waktu adsorpsi <i>direct blue</i> (terpilar).....	77
Lampiran 27. Pengaruh waktu adsorpsi zat warna campuran (biner)	78
Lampiran 28. Parameter kinetik adsorpsi <i>congo red</i> oleh bentonit alam (kontrol).....	79
Lampiran 29. Parameter kinetik adsorpsi <i>congo red</i> oleh bentonit terpilar	80
Lampiran 30. Parameter kinetik adsorpsi <i>direct blue</i> oleh bentonit alam (kontrol).....	82
Lampiran 31. Parameter kinetik adsorpsi <i>direct blue</i> bentonit terpilar.....	83
Lampiran 32. Pengaruh konsentrasi dan temperatur <i>congo red</i> (kontrol) ..	85
Lampiran 33. Pengaruh konsentrasi dan temperatur <i>congo red</i> (terpilar) ..	89
Lampiran 34. Pengaruh konsentrasi dan temperatur <i>direct blue</i> (kontrol) .	94
Lampiran 35. Pengaruh konsentrasi dan temperatur <i>direct blue</i> (terpilar) .	98
Lampiran 36. Pengaruh konsnetrasi dan temperatur biner.....	103
Lampiran 37. Parameter termodinamika adsorpsi zat warna <i>congo red</i> dengan variasi konsentrasi dan temperatur oleh adsorben bentonit alam (kontrol).....	104
Lampiran 38. Parameter termodinamika adsorpsi zat warna <i>congo red</i> dengan variasi konsentrasi dan temperatur oleh adsorben bentonit terpilar Cr/Al	108
Lampiran 39. Parameter termodinamika adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> dengan variasi konsentrasi dan temperatur oleh adsorben bentonit alam (kontrol).....	112
Lampiran 40. Parameter termodinamika adsorpsi zat warna <i>direct blue</i> dengan variasi konsentrasi dan temperatur oleh adsorben bentonit alam terpilar Cr/Al.....	116

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini aktivitas perindustrian di Indonesia sangat berkembang pesat. Akan tetapi, maraknya perkembangan industri juga memiliki berbagai dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Dampak negatifnya adalah menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan kerusakan alam. (Setiyanto dkk, 2015). Salah satu industrinya adalah industri tekstil. Dalam industri tekstil, zat warna merupakan salah satu bahan baku utama yang bersifat *non biodegradable* yang membahayakan karena bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker pada makhluk hidup dan zat warna ini sulit diuraikan oleh panas dan bakteri (Sugiharto, 1987).

Zat pewarna dari industri tersebut merupakan zat pewarna senyawa organik dari jenis *procion, congo, direct, auramine* maupun *rhodamin* beserta zat warna campuran lain yang ada didalamnya yang diketahui sangat sulit untuk didegradasi secara alami (Dawood and San, 2012). Sehingga pada penelitian ini digunakan zat warna *congo red* dan *direct blue* karena sangat sulit didegradasi karena keduanya memiliki gugus azo. *Congo red* sendiri memiliki gugus azo (R-N=N-R) yang kompleks, sedangkan *direct blue* memiliki gugus azo metin (-C=N-) yang berikatan dengan gugus aromatik. Biasanya zat pewarna alami maupun campuran yang sulit didegradasi secara alami membutuhkan perlakuan awal baik secara fisika maupun kimia, seperti degradasi, *photochemical degradation, electrochemical removal* dan oksidasi. Akan tetapi, proses tersebut cukup mahal untuk digunakan sehingga beberapa penelitian mengembangkan proses adsorpsi sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair industri tekstil menggunakan adsorben yang lebih ekonomis seperti, zeolite, limbah pupuk, bentonit dan lain-lain (Reddy dkk, 2012). Sehingga pada penelitian ini akan digunakan bentonit karena keberadaannya yang sangat berlimpah, mudah didapatkan, murah dan kapasitas tukar kation yang tinggi (Hao *et al*, 2014).

Bentonit merupakan salah satu contoh lempung yang banyak ditemui di alam (Abderrazek *et al*, 2006). Bentonit merupakan lempung *smektit* yang

memiliki struktur lembaran yang banyak mengandung monmorilonit lebih dari 85% (Larosa, 2007). Bentonit memiliki rumus kimia $[(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O]$ (Hao *et al*, 2014). Bentonit biasanya dimanfaatkan sebagai adsorben (Santos *et al*, 2016) dan katalis (Li *et al*, 2015). Namun dalam pemanfaatannya bentonit masih memiliki kekurangan. Kekurangan bentonit adalah memiliki jarak antar lapisan yang sangat sempit. Hal ini dikarenakan adanya ion-ion penukar yang berukuran kecil yang menyebabkan kecilnya jarak antar lapisan pada bentonit sehingga kurang efektif apabila digunakan sebagai adsorben dan katalis (Goodarzi *et al*, 2016). Oleh karena itu untuk mengoptimalkan penyerapan dari bentonit perlu dilakukan modifikasi melalui proses pilarisasi (Suarya, 2012). Tujuan proses pilarisasi ini diharapkan dapat membuat bentonit yang terpilarisasi oksida logam memiliki jarak antar lapisan yang ikut membesar dan kuat untuk digunakan sebagai adsorben maupun katalis. Sementara untuk meningkatkan penyerapan mineral pengotor pada bentonit agar lebih optimal perlu dilakukan proses aktivasi baik secara kimia maupun fisika (Suarya, 2012).

Sebagaimana yang telah dilakukan oleh Widjaya (2012) pada bentonit pilarisasi Cr dan zeolit HZSM-5 sebagai katalis pada proses konversi etanol menjadi biogasolin dapat diketahui bahwa bentonit alam mempunyai luas permukaan spesifik sekitar 79,44 m²/gr. Setelah dilakukan pilarisasi dengan polikation Cr, terjadi peningkatan yang signifikan, sehingga luas permukaan spesifik menjadi 153,03 m²/gr untuk bentonit-Cr. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Zhao *et al* (1995) proses pilarisasi yang dilakukan dengan menggunakan hidroksi Cr/Al (HCA) yang dibandingkan dengan menggunakan Cr/Al-PILC. Hasilnya menunjukkan bahwa jarak antar lempung yang terpilarisasi dengan Cr/Al memiliki rasio < 1 atau berada pada kisaran 1,90-1,95 nm dan lebih sedikit dari pada Al-PILC. Berdasarkan kemampuan agen pemilar Cr dan Al yang digunakan pada penelitian tersebut, maka pada penelitian ini agen pemilar akan digabungkan menjadi Cr/Al dengan tujuan agar bentonit yang terpilarisasi memiliki jarak antar lapisan yang besar dan kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Pada penelitian ini akan dilakukan aktivasi pada bentonit alam dengan cara fisika (pemanasan) dan kimia (pengasaman) sehingga dihasilkan Bentonit. Kemudian Bentonit dipilarisasi menggunakan senyawa oksida logam Cr/Al

dengan variasi oksida logam 2:1 dan 1:2. Produk yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui hasil yang optimal. Bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al yang telah optimal digunakan untuk mengadsorpsi zat warna *congo red*, *direct blue* dan campuran (biner). Variabel adsorpsi yang akan diuji yaitu, pengaruh pH, berat, waktu, konsentrasi dan temperatur adsorpsi (Ozcan *et al*, 2004).

1.2 Rumusan Masalah

Bentonit merupakan lempung yang memiliki struktur berlapis. Bentonit masih memiliki kelemahan yaitu memiliki jarak antar lapisan yang sangat sempit. Oleh karena itu dilakukan modifikasi dengan metode pilarisasi terhadap bentonit dengan menggunakan senyawa oksida logam Cr/Al. Bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al 2:1 dan 1:2 dikarakterisasi dengan XRD dan spektrofotometer FT-IR. Berdasarkan data XRD bentonit terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al yang terbaik digunakan untuk mengadsorpsi zat warna *congo red*, *direct blue* dan campuran (biner). Konsentrasi zat warna yang teradsorpsi dianalisa dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mensintesis dan menentukan karakteristik bentonit terpillar senyawa oksida logam dengan Cr/Al dengan perbandingan Cr/Al 2:1 dan 1:2 yang dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR dan XRD.
2. Mengetahui laju adsorpsi berdasarkan data kinetika adsorpsi
3. Menentukan adsorpsi yang berlangsung secara adsorpsi kimia atau adsorpsi fisika berdasarkan data termodinamika adsorpsi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang proses pilarisasi pada bentonit yang terpillarisasi senyawa oksida logam Cr/Al dengan perbandingan senyawa oksida logam Cr/Al sebanyak 2:1 dan 1:2

yang diaplikasikan sebagai penyerap zat warna *congo red*, *direct blue* dan campuran (biner) dalam upaya mengatasi pencemaran zat warna di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abderrazek, K., Najoua, F. S., and Srasra, E. 2016. Synthesis and Characterization of [Zn–Al] LDH: Study of The Effect of Calcination on The Photocatalytic Activity. *Applied Clay Science*. 119: 229–235.
- Ali, I., Asim, M., Khan, T. A. 2011. Low Cost Adsorbents For The Removal of Organic Pollutants From Wastewater. *Journal of Environmental Management*. 113: 170-183.
- Andarwulan, N., dan Faradilla, RH Fitri. 2013. Senyawa Fenolik Pada Beberapa Sayuran Indigenous Dari Indonesia. Bogor: South East Asian Food and Agricultural Science and Technology. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Arita, S., Sari, Risa Purnama., dan Liony, Ivoni. 2015. Purifikasi Limbah Spent Acid Dengan Proses Adsorpsimenggunakan Zeolit Dan Bentonit. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(21): 65-72.
- Bahri, S., Muhdarina., Nurhayati., Andiyani, F. 2011. Isotherma dan Termodinamika Adsorpsi Kation Cu^{2+} Fasa Berair pada Lempung Cengar Terpillar. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(1): 7-13.
- Baroroh, Umi, L.U. 2004. Diktat Kimia Dasar 1. Banjar Baru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Bentahar, S., Abdellah, D., Mohammed, E.L., and Noureddine, E.M. 2017. Adsorption Of Methylene Blue, Crystal Violet and Congo Red From Binary and Ternary Systems With Natural Clay: Kinetic, Isotherm, and Thermodynamic. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 5: 5921-5932.
- Bhoi, K, S. 2010. Adsorption Charecteristics of Congo Red Dye onto Pac and Gac Based on S/N Ratio: A Taguchi Approach. Skripsi. India: National Institute of Technology Rourkela.
- Chinoune, K., Bentaleb, K., Bouberka, Z., Nadim, A., Maschke, U. 2016. Adsorpsi Of Reactive Dyes From Aqueous Solution By Dirty Bentonite. *Applied Clay Science*. 132: 64-75.
- Cretescu, I., Lupascu, T., Buciscanu, I., Mindru, B, T., and Soreanu, G. 2016. Low-Cost Sorbents for Removal of Acid Dyes from Aqueous Solutions. *Process Safety and Enviromental Protection*. 778: 1-10.
- Cool, P., and Vansant, E. P. 1998. Pillared Clays: Preparation, Characterization and Applications. Belgium: University of Antwerp.
- Dachriyanus, 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektrofotometri. Padang: CV. Trianida Anugrah Pratama. 1-2.

- Dalvand, A., Nabizadeh, R., Reza, G. M., Khoobi, M., Nazmara, S., and Hossein Mahvi, A. 2016. Modeling of Reactive Blue 19 Azo Dye Removal From Colored Textile Wastewater using L-arginine-Functionalized Fe₃O₄ Nanoparticles: Optimization, Reusability, Kinetic and Equilibrium studies. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 404: 179–189.
- Fabryanty, R., Valencia, C., Soetaredjo, F.E., Putro, J.N., Santoso, S.P., Kurniawan, A., Ju, Y.H., and Ismadji, S. 2017. Removal of Crystal Violet Dye by Adsorption Using Bentonite – Alginate Composite. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 22: 3-37.
- Faghihian, H., Mohammadi, M.H. 2014. Acid activation effect on the catalytic performance of Al-pillared bentonite in alkylation of benzene with olefins. *Apply Clay Science*. 1(7): 93-94.
- Fatimah, I. 2008. Pilarisasi Monmorilonit dengan Sol Silika: Peranan Variabel Rasio Mol Si terhadap Karakter Fisikokimiawi Material. Prosiding Seminar Nasional MIPA dan Pendidikan MIPA. ISBN: 978-979-99314-3-6 diselenggarakan oleh Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fisli, A., dan Hery, H. 2002. Pembuatan Karakterisasi Katalis Oksida Mangan dengan Pendukung Bentonit Terpillar Alumina untuk Oksidasi Gas CO. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002. ISBN: 1441-221 diselenggarakan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Iptek Bahan-BATAN.
- Georgescu, Ana-Maria., Nardou, Françoise., Zichila, Valentin., Nistor, Ileana Denisa. 2017. Adsorption Of Lead(II) Ions From Aqueous Solutions Onto Cr-Pillared Clays. *Journal of Applied Clay Science*. 0-1.
- Goodarzi, A. R., Najafi, F. S., and Shekary, H. 2016. Impact of Organic Pollutants on The Macro and Micro Structure Responses of Na-Bentonite. *Applied Clay Science*. 121: 17-28.
- Haerudin, H., and Nino R., 2002. Characterization of Modified Bentonite Using Aluminium Polycation. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2(3); 173-176.
- Hao, Y., Yan, L., Yu, H., Yang, K., Yu, S., Shan, R., dan Du, B. 2014. Comparative Study on Adsorption of Basic and Acid Dyes by Hydroxy-Alumunium Pillared Bentonite. *Journal of Molecular Liquids*. 199: 202.
- Henry, A., Suryadi., dan Yanuar, A. 2002. Analisis Spektrofotometri UV-Vis pada Obat Influenza dengan menggunakan Aplikasi Sistem Persamaan Linier. Prosiding Komputer dan Sistem Intelijen 2002 diselenggarakan oleh KOMMIT.
- Huang, Z., Li, Y., Chen, W., Shi, J., Zhang, N., Wang, X., Zhang, Y. 2017. Modified Bentonite Adsorption of Organic Pollutants of Dye

- Wastewater. *Journal Of Materials Chemistry And Physics*. 1-57.
- Indriyani, Y., Sutanto, H., dan Nurhasanah, I. 2017. Analisis Sifat Optis Lapisan Tipis Tio₂:N Untuk Fotodegradasi Direct Blue 71. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. 3(2): 98-103.
- Iwan, S. 2002. Uji Stabilitas Struktur Na-Monmorillonit terhadap Perlakuan Asam Sulfat dan Asam Klorida. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- Kumararaja, P., Manjaiah, K M., Datta, S C and Sarkar, B. 2017. Applied Clay Science Remediation Of Metal Contaminated Soil By Aluminium Pillared Bentonite : Synthesis , Characterisation , Equilibrium Study And Plant Growth Experiment. *Applied Clay Science*. 137:115-122.
- Larosa, Y, N. 2007. Studi Pengetsaan Bentonit Terpillar-Fe₂O₃. Skripsi. Medan: FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padavon, M., Petrini, G., Bordiga, S., and Zeechina, A. 1997. Catalyst Characterization: Characterization Techniques. *Catalysis Today*. 34: 307-327.
- Lequin, S., Chassagne, D., Karbowiak, T., Gougeon, R., Brachais, L., and Bellat, J. 2010. Adsorption Equilibria of Water Vapor on Cork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3438– 3445.
- Li, Q., Su, Y., and Gao, B, A. 2015. Recent Advances for Layered Double Hydroxides (LDHs) Materials as Catalysts Applied in Green Aqueous Media. *Catalysis Today*. 247: 163–169.
- Mahmoud, M.E., Nabil, G., El-Mallah, N., El-Mallah, N., Bassiouny, H., Kumar, S., Abdel-Fattah, T., 2016. Kinetics, isotherm, and thermodynamic studies of the adsorption of reactive red 195 A dye from water by modified Switchgrass Biochar adsorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 34: 321-330.
- Mulyono, P dan Kusuma, W, M.. 2010. Kinetika Adsorpsi Phenol Dalam Air Dengan Arang Tempurung Kelapa. *Forum Teknik*. 33(2): 103-110.
- Ozcan, S, A., and Ozcan, A. 2004. Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solutions onto Acid-Activated Bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 276: 39-46
- Perelomov, L., Sarkar, B., Rahman, M, M., Garyacheva, A., Naidu, R. 2016. Uptake of Lead by Na-Exchanged and Al-Pillared Bentonite in The Presence of Organic Acids with Different Functional Groups. *Applied Clay Science*. 119: 417-423.
- Pinnavaia, T.J., 2016. Pillared Clays. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. 61: 178-194.

- Reza, S. 2014. Preparasi dan Karakterisasi Bentonit Tapanuli Terinterkalasi Surfaktan Kationik ODTMABr dan Aplikasinya sebagai Adsorben Paraklorofenol. Skripsi. FMIPA: Universitas Indonesia.
- Richardson, J, T. 1989. Principles of Catalyst Development. New York: Plenum Press.
- Santos, S.C.R., Oliveira, Á.F.M. and Boaventura, R.A.R., 2016. Bentonitic clay as adsorbent for the decolourisation of dyehouse effluents. *Journal of Cleaner Production*, 126, 667–676.
- Sartono, A. A. 2006. Difraksi sinar-X (X-RD). Tugas Akhir Mata Kuliah Proyek Laboratorium. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.
- Scoonheydt, R.A., Pinnavaia, T., Lagaly, G., and Ganga, N. 1999. Pillared Clays and Pillared Layered Solids. Belgium.
- Slamet, R. Arbianti, dan Daryanto. 2005. Pengolahan Limbah Organik (Fenol) Dan Logam Berat (Cr^{6+} Atau Pt^{4+}) Secara Simultan Dengan Fotokatalis TiO_2 , ZnO-TiO_2 , dan CdS-TiO_2 . *Jurnal Makara, Teknologi*. 9(2): 66–71.
- Suarya, P. 2012. Karakterisasi Adsorben Komposit Aluminium Oksida pada Lempung Teraktivasi Asam. *Jurnal Kimia*. 6(1): 93-100.
- Supeno, M., 2009. Bentonit Terpillar dan Aplikasinya. Medan : Universitas Sumatra Utara : Uu Press.
- Syuhada., Rachmat, W., Jayatin, dan Saeful, R., 2009. Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1): 48-51.
- Toor, M., Jin, B., Dai, S., Vimonses, V. 2014. Activating natural bentonite as a cost-effective adsorbent for removal of Congo-red in wastewater. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 21: 653-661.
- Unuabonah, E, I., Adebawale, K, O., and Dawodu, F, A. 2008. Equilibrium, Kinetic and Sorber Design Studies on The Adsorption of Aniline Blue Dye by Sodium Tetraborate-Modified Kaolinite Clay Adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*. 157: 397-409.
- Utami, G.S., Theresia, M dan Juliet, G.M., 2016. Pengaruh Penambahan Bentonite dan Semen dalam Proses Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade). *Jurnal Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*. 5: 1-10.
- Wijaya, K., Ani S P., Sri S., dan Emi N. 2002. Studi Stabilitas Termal Dan Asm Lempung Bentonit. *Indonesia Journal of Chemistry*. 2(2): 20-25.

- Windasari, Rina. 2009. Adsorpsi Zat Warna Direct Blue 86 Oleh Kulit Kacang Tanah. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Xu, J., Gu, X., Guo, Y., Tong, F., and Chen, L. 2016. Adsorption Behavior and Mechanism of Glufosinate onto Goethite. *Science of The Total Environment*. 560: 123–130.
- Zhao, D., Yang, Y., Guo, X. 1995. Synthesis and Characterization of Hydroxy-CrAl Pillared Clays. *Elsivier Sains*. 15:58-66.
- Zaimahwati., Yuniati., Jalal, R., Shafiri, S., and Yetri, Y. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bentonit Alam Menjadi Nanopartikel Monmorillonit. *Jurnal Katalisator*. 3 (1): 12-18.