

**ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU OLEH
KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-Al/BIOCHAR**

Skripsi



Oleh :

PATIMAH MEGA SYAH BAHAR NUR SIREGAR

08031281621078

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

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU OLEH KOMPOSIT
HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-Al/BIOCHAR**

SKRIPSI

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

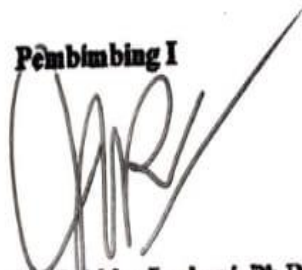
Oleh :

PATIMAH MEGA SB NUR

08031281621078

Indralaya, 4 Agustus 2020

Pembimbing I



**Prof. Aides Lerbani, Ph.D
NIP. 197408121998021001**

Pembimbing II



**Fakhra Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc

NIP. 197210041997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 Juli 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 4 Agustus 2020

Ketua :

1. Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
NIP. 197408121998021001

()

Anggota :

2. Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001

()

3. Dr.rer.nat.Risfidian Mohadi.
NIP. 197711272005011003

()

4. Dr. Desnelli, M.Si.
NIP. 196912251997022001

()

5. Dra. Julinar, M.Si.
NIP. 196507251993032002


()

Mengetahui,

Dekan FMIPA


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

Ketua Jurusan Kimia


Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP. 197205151997021003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Patimah Mega SB Nur
NIM : 08031281621078
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, 4 Agustus 2020

Penulis,



Patimah Mega SB Nur

NIM. 08031281621078

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Patimah Mega SB Nur

NIM : 08031281621078

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif 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, 4 Agustus 2020

Yang menyatakan,

Patimah Mega SB Nur

NIM. 08031281621078

SUMMARY

ADSORPTION OF METHYLENE BLUE BY LAYERED DOUBLE HYDROXIDE Zn-Al / BIOCHAR COMPOSITE

Patimah Mega SB Nur: Supervised by Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
and Fahma Riyanti, M. Si.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University xiv + 144
pages, 35 pictures, 14 tables, 30 appendices

Zn-Al layered double hydroxide and Zn-Al/Biochar have been Synthesized. Synthesized material was characterized using XRD, FT-IR, SEM, BET and TG-DTA. The material is used as an adsorbent for methylene blue dyes. The results of the XRD analysis showed that the Zn-Al layered double hydroxide and its composites have diffraction at $10,150^\circ$. The results of the FT-IR analysis showed that the vibration peak appeared at the wave number 1381 cm^{-1} . BET analysis results showed an increased surface area of Zn-Al layered double hydroxide and its composite from $9,621\text{ m}^2/\text{g}$ to $58,461\text{ m}^2/\text{g}$. TG-DTA analysis showed that Zn-Al layered double layer hydroxide was decomposed into oxide at 720°C while its composites at 400°C without energy for decomposition. In SEM analysis, Zn-Al layered double hydroxide has slabs surface while the composites has smoother surface. The adsorption process of methylene blue dyes uses a variety of variations namely in pH, time, temperature and concentration as well as the desorption and regeneration processes. Kinetic data of methylene blue dyes adsorption is more suitable to use the pseudo second order model. The effect of concentration and the higher temperature used so that greater the adsorption capacity. The suitable solvents in the desorption process for Zn-Al layered double hydroxide adsorbents using HCl, biochar and 1:5 composites namely acetone. For 1:1 composites is sodium ethylenediamine and 1:3 composites is NaOH. The yield regeneration using composite adsorbents is more stable than layered double hydroxide adsorbents and biochar where in the regeneration process using composite adsorbents in the first regeneration process was able to adsorb dyes of 59.78%, second 56.11% and third 53.96%.

Keywords : layered double hydroxide, biochar, adsorption, methylene blue
Quote : 35 (1943-2020)

Indralaya, Juni 2020

Pembimbing I,



Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.
NIP. 197408121998021001

Pembimbing II



Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001



RINGKASAN

ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU OLEH KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Zn-Al/BIOCHAR

Patimah Mega SB Nur : Dibimbing oleh Prof. Aldes Lesbani, Ph.D
dan Fahma Riyanti, M. Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xiv + 144
halaman, 35 gambar, 14 tabel, 30 lampiran

Telah dilakukan karakterisasi hidroksi lapis ganda Zn-Al dan komposit hidroksi lapis ganda Zn-Al/Biochar. Material hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, SEM, BET dan TG-DTA. Material tersebut digunakan sebagai adsorben zat warna metilen biru. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa hidroksi lapis ganda Zn-Al dan kompositnya muncul sudut difraksi pada $10,150^\circ$. Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahwa puncak vibrasi muncul pada bilangan gelombang 1381 cm^{-1} . Hasil Analisis BET menunjukkan terjadinya peningkatan luas permukaan pada hidroksi lapis ganda Zn-Al dan kompositnya dari $9,621\text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $58,461\text{ m}^2/\text{g}$. Analisis TG-DTA menunjukkan hidroksi lapis ganda Zn-Al terdekomposisi menjadi oksida pada temperatur 720°C sedangkan komposit pada temperatur 400°C sudah tidak membutuhkan energi untuk mengalami dekomposisi. Analisis SEM menunjukkan bahwa permukaan berbentuk lempengan sedangkan komposit menunjukkan permukaan yang lebih halus. Proses adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan berbagai variasi yakni variasi pH, waktu, temperatur dan konsentrasi serta dilakukan proses desorpsi dan regenerasi. Data kinetik adsorpsi zat warna metilen biru lebih cocok menggunakan model *pseudo second order*. Pada pengaruh konsentrasi dan temperatur pada proses adsorpsi zat warna metilen biru menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat dan semakin tinggi temperatur yang digunakan maka kapasitas adsorpsi juga semakin besar. Pelarut yang cocok pada proses desorpsi menggunakan adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al yakni HCl, biochar dan komposit 1:5 yaitu aseton. Pada komposit 1:1 menggunakan natrium etilendiamin dan komposit 1:3 menggunakan pelarut NaOH dan hasil regenerasi menggunakan adsorben komposit lebih stabil dibandingkan adsorben hidroksi lapis ganda dan biochar dimana pada proses regenerasi menggunakan adsorben komposit pada proses regenerasi pertama mampu mengadsorpsi zat warna sebesar 59,78%, kedua 56,11% dan ketiga 53,96%.

Kata Kunci : Hidroksi lapis ganda, biochar, adsorpsi, metilen biru
Kutipan : 35 (1943-2020)

Pembimbing I

Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.
NIP. 197408121998021001

Indralaya, Juni 2020

Pembimbing II

Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP. 197205151997021003

HALAMAN PERSEMBAHAN

- Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamu orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman (QS. Ali Imran : 139).
- Dunia hanya mimpi dan kau akan terbangun ketika engkau mati (Ali bin Abi Thalib).
- Bersyukurlah karena dirimu lebih, bukan karena orang lain kurang (Penghujung cerita).
- Keep Calm, hari ini pasti berlalu (Patimah Mega Syah Bahar Nur Siregar).

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

- Allah SWT.
- Nabi Muhammad SAW.

Dan kupersembahkan kepada :

1. Almh. Mama dan alm. ayah yang senantiasa menyayangi dan mencintai.
2. Seluruh keluarga tercinta.
3. Pembimbing dan sahabatku tersayang.
4. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril selesai sudah penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Ibu **Fahma Riyanti, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dana PNBH Hibah Profesi Universitas Sriwijaya Tahun 2017 selaku pihak yang mendanai penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr.rer.nat.Risfidian Mohadi, Ibu Dr. Desnelli, M.Si dan ibu Dra. Julinar, M.Si selaku penguji sidang sarjana.

6. Ibu Ferlina Hayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.
7. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. Kepada almh. mama dan alm. ayahku yang saaaangat kucintai, duniaku, malaikat tanpa sayapku. Terimakasih untuk kasih sayang yang sampai saat ini masih bisa ku rasakan, segala pengorbanan yang sampai sekarang masih bisa ku nikmati, segala pelajaran hidup yang sangat dan amat menguatkan aku.
9. Kepada Bujing, udak dan nenek terimakasih sudah bersedia merawat, menyayangi, mendukung, menasehati dan selalu menjadi “pagogo tondikki”.
10. Kepada Kakakku yang paling goodgood/cerewet (Patma Yani Syah Bahar Nur Siregar), terimakasih sudah menjadi sayap pelindungku, penguat saat aku melemah, penopang saat aku terjatuh, senantiasa mendukung dan memberi semangat dalam setiap langkahku.
11. Kepada Kak Isty, bang Madi dan adikku Reny yang senantiasa mendukung, memarahi dan menasehatiku.
12. Kepada anakku tersayang Yahya Abdul Rahman Harahap yang selalu menjadi penyejuk hati bujing.
13. Kepada keluarga kecilku IMATABAGSEL SUMSEL yang senantiasa ada untuk membantu, mengarahkan, menasehati dan menghibur disegala keadaan.
14. Kepada Kak Neza dan Kak Tarmizi terimakasih telah mengajari, berbagi ilmu dan membantu selama penelitian.
15. Kepada naks basecamp 2 fiko sibaik hati, aldi yang paling ngeringam dengan suara khasnya, erni yang selalu galau dengan semua cowok-cowoknya dan rabel (zemangats), terimakasih telah menjadi penghibur, penasehat, teman berbagi suka duka.
16. Kepada vir dan maknor yang selalu menjadi pendingin saat semuanya terasa panas hiyaaa.

17. Kepada naks basecamp 3 (Alfan, Shahibul dan Redo), terimakasih telah menghibur disaat suka maupun duka dengan segala kegaringannya.
18. Kepada adikku “yustika lubis” yang bisa menjelma menjadi pendengar, penasehat, pengacara, kakak, adik, orangtua. Makasih sambal terong penguatnya dan tumis kangkung penghiburnya, lawakan garingnya, kekanjiannya, keunikannya, kasih sayang dan perhatiannya. Tengkyu sebanyak banyaknya adikku.
19. Kepada sahabat kecilku (Mekgong, Landong, Kitong, Korakun, Usay) terimakasih untuk kegilaannya selama ini.
20. Kepada penakluk “madam” (Bontet dan Vainahanku), terimakasih untuk selalu selalu dan selalu ada saat aku butuh, support system, kawan ghibah, bebala, makan, belajar. Makasih udah selalu buat aku percaya kalau “aku tidak selemah apa yang aku pikirkan”, terimakasih untuk kenangan nano-nano nya dan semangat untuk kalian, kita “pasti” bisa menjadi penakluk itu.
21. Kepada adikku cici, sicho, manda yang selalu memberi semangat.
22. Teman-teman seperjuangan Chemist Korsa Uhuy, Kebesol 2016 terima kasih atas kebersamaan selama menempuh perkuliahan.
23. Mbak Novi dan kak Cosiin yang baik hati selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran proses perkuliahan hingga tugas akhirku.

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

Indralaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Summary	iv
Ringkasan	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Hidroksi Lapis Ganda	4
2.1.1. Struktur Hidroksi Lapis Ganda	4
2.1.2. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda	5
2.2. Biochar	5
2.3. Komposit	6
2.4. Metilen Biru	7
2.5. Adsorpsi	8
2.6. Desorpsi	8
2.7. Regenerasi	8
2.8. Karakterisasi.....	9
2.8.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	9
2.8.2. <i>Fourier Transform-Infra Red</i> (FTIR)	10
2.8.3. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	11

2.8.4. <i>Brunauer Emmet Teller (BET)</i>	12
2.8.5. <i>Thermogravimetry Differential Thermal Analysis (TG-DTA)</i>	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	14
3.2. Alat dan Bahan	14
3.2.1. Alat	14
3.2.2. Bahan	14
3.3. Prosedur Penelitian	15
3.3.1. Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	15
3.3.2. Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	15
3.3.3. Pembuatan Larutan Stok Zat Warna Metilen Biru 1000 mg/L.....	16
3.3.4. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Metilen Biru	16
3.3.5. Pembuatan Deret Larutan Standar Zat Warna Metilen Biru	16
3.3.6. Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar serta Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	16
3.3.6.1. Pengaruh pH Adsorpsi	16
3.3.6.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi	17
3.3.6.3. Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Adsorpsi	17
3.3.7. Desorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar serta Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	18
3.3.8. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar Terhadap Zat Warna Metilen Biru.....	18
3.4. Analisis Data	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Komposisi Biochar Menggunakan Analisis EDX	22
4.2. Analisis <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	23
4.3. Analisis <i>Fourier Transform-Infra Red (FTIR)</i> Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	24

4.4	Karakterisasi Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5 Menggunakan Analisis BET	26
4.5.	Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5 Menggunakan Analisis TG-DTA.....	29
4.6.	Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	30
4.7.	Pengaruh pH Adsorpsi	32
4.8.	Penentuan Panjang Gelombang Metilen Biru.....	33
4.9.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	34
4.9.1	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	34
4.9.2.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Biochar....	36
4.9.3.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:1	37
4.9.4.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:3	39
4.9.5.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru pada Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:5	40
4.10.	Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Metilen Biru oleh Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5	42
4.11.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru	51
4.11.1.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	51
4.11.2.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Biochar	52
4.11.3.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:1.....	52
4.11.4.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:3.....	53
4.11.5.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:5.....	53
4.12.	Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5 Terhadap Zat Warna Metilen Biru ..	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema Struktur Hidroksi Lapis Ganda	4
Gambar 2.	Struktur Zat Warna metilen biru	7
Gambar 3.	Pola XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu/Biochar.....	10
Gambar 4.	Pola FTIR Material Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Fecu/Biochar.....	11
Gambar 5.	Pola SEM Material Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu/Biochar	12
Gambar 6.	Kurva Isoterm Adsorpsi-Desorpsi Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu, Biochar Dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Fe-Cu/Biochar	13
Gambar 7.	Termogravimetri Komposit Fe ₃ O ₄	13
Gambar 8.	Spektra EDX Biochar	22
Gambar 9.	Pola Difraktogram a) Hidroksi Lapis Ganda ZnAl b) Biochar c) Komposit 1:1 d) Komposit 1:3 e) Komposit 1:5	24
Gambar10.	Spektrum FTIR a) Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al b) Biochar c) Komposit 1:1 d) Komposit 1:3 e) Komposit 1:5	26
Gambar 11.	Profil Adsorpsi-Desorpsi Nitrogen Pada a) Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al b) Biochar dan c) Komposit 1:1 d) Komposit 1:3 dan e) Komposit 1:5	27
Gambar12.	Pola TG-DTA a) Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al b) Biochar c) Komposit 1:1 d) Komposit 1:3 e) Komposit 1:5	29
Gambar 13.	Hasil Analisis SEM a) Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al b) Biochar c) Komposit 1:1	31
Gambar 14.	Pengaruh pH Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5.....	32
Gambar 15.	Spektrum UV-Vis Metilen Biru.....	33
Gambar 16.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Metilen Biru Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	34
Gambar 17.	Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Metilen Biru oleh Adsorben Biochar	36
Gambar 18.	Pengaruh Waktu Waktu Adsorpsi Terhadap Zat Warna Metilen Biru Oleh Adsorben Komposit 1:1 Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar	38

Gambar 19. Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Metilen Biru oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:3	39
Gambar 20. Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Metilen Biru Oleh Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:5	41
Gambar 21. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	42
Gambar 22. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Menggunakan Adsorben Biochar	42
Gambar 23. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Menggunakan Adsorben Komposit 1:1	43
Gambar 24. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Menggunakan Adsorben Komposit 1:3	43
Gambar 25. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Menggunakan Adsorben Komposit 1:5	44
Gambar 26. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	51
Gambar 27. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Biochar	52
Gambar 28. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:1	53
Gambar 29. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:3	53
Gambar 30. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Proses Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Komposit 1:5	54
Gambar 31. Regenerasi Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al Terhadap Zat Warna Metilen Biru	55
Gambar 32. Regenerasi Adsorben Biochar Terhadap Zat Warna Metilen Biru...	55
Gambar 33. Regenerasi Adsorben Komposit 1:1 Terhadap Zat Warna Metilen Biru	56
Gambar 34. Regenerasi Adsorben Komposit 1:3 Terhadap Zat Warna Metilen Biru	56
Gambar 35. Regenerasi Adsorben Komposit 1:5 Terhadap Zat Warna Metilen Biru	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data EDX biochar	22
Tabel 2.	Data hasil pengukuran BET adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al, biochar dan kompositnya	28
Tabel 3.	Data EDX Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar Dan Komposit 1:1	31
Tabel 4.	Model Kinetik Adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	35
Tabel 5.	Model Kinetik Adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Biochar	37
Tabel 6.	Model Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:1	38
Tabel 7.	Model Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:3	40
Tabel 8.	Data Kinetik Adsorpsi Metilen Biru Oleh Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:5	41
Tabel 9.	Data Isoterm Metilen Biru Menggunakan Isoterm Langmuir dan Freundlich dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 Dan Komposit 1:5	45
Tabel 10.	Data Entalpi (ΔH), Entropi (ΔS), Energi Bebas Gibbs (ΔG), Kapasitas (Q_e) pada Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al.....	46
Tabel 11.	Data Entalpi (ΔH), Entropi (ΔS), Energi Bebas Gibbs (ΔG), Kapasitas (Q_e) pada Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Biochar	47
Tabel 12.	Data Entalpi (ΔH), Entropi (ΔS), Energi Bebas Gibbs (ΔG), Kapasitas (Q_e) pada Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Komposit 1:1 ...	48
Tabel 13.	Data Entalpi (ΔH), Entropi (ΔS), Energi Bebas Gibbs (ΔG), Kapasitas (Q_e) pada Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Komposit 1:3 ...	49
Tabel 14.	Data Entalpi (ΔH), Entropi (ΔS), Energi Bebas Gibbs (ΔG), Kapasitas (Q_e) pada Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Komposit 1:5 ...	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	64
Lampiran 2. Data Digital XRD Biochar	65
Lampiran 3. Data Digital XRD Komposit 1:1	66
Lampiran 4. Data Digital XRD Komposit 1:3	67
Lampiran 5. Data Digital XRD Komposit 1:5	68
Lampiran 6. Data Digital FTIR Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	69
Lampiran 7. Data Digital FTIR Biochar	70
Lampiran 8. Data Digital FTIR Komposit 1:1	71
Lampiran 9. Data Digital FTIR Komposit 1:3	72
Lampiran 10. Data Digital FTIR Komposit 1:5	73
Lampiran 11. Perhitungan Rumus Empiris dan Jumlah Mol Air Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	74
Lampiran 12. Perhitungan Rumus Empiris dan Jumlah Mol Air Biochar	75
Lampiran 13. Profil BET Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	76
Lampiran 14. Profil BET Biochar	77
Lampiran 15. Profil BET Komposit 1:1	78
Lampiran 16. Profil BET Komposit 1:3	79
Lampiran 17. Profil BET Komposit 1:5	80
Lampiran 18. Profil Data TG-DTA Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al	81
Lampiran 19. Profil Data TG-DTA Biochar	82
Lampiran 20. Profil Data TG-DTA Komposit 1:1	83
Lampiran 21. Profil Data TG-DTA Komposit 1:3	84
Lampiran 22. Profil Data TG-DTA Komposit 1:5	85

Lampiran 23. Data Panjang Gelombang Metilen Biru	86
Lampiran 24. Kurva Kalibrasi Larutan Standar	87
Lampiran 25. Data Variasi pH a) Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al b) Biochar c) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:1 d) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:3 e) Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar 1:5.....	88
Lampiran 26. Perhitungan Parameter Kinetik Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 da Komposit 1:5	90
Lampiran 27. Data Pengaruh Konsentrasi Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5	93
Lampiran 28. Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Metilen Biru dengan Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar, Komposit 1:1, Komposit 1:3 dan Komposit 1:5	103
Lampiran 29. Perhitungan Desorpsi Zat Warna Metilen Biru pada Adsorben Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar.....	126
Lampiran 30. Perhitungan Regenerasi Zat Warna Metilen Biru pada Adsorben Hidroksi Lapi Ganda Zn-Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Zn-Al/Biochar.....	129

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil dikenal sebagai salah satu industri yang berkembang sangat pesat di Indonesia. Penggunaan zat warna sintetis pada industri tekstil dikarenakan harganya yang relatif murah, memiliki tahan luntur yang lebih baik dibanding zat warna alami serta memiliki variasi warna yang lebih banyak. Dampak negatif dari penggunaan zat warna sintetis seperti terganggunya kesehatan, ancaman kanker serta bersifat *non-degradable* (tidak dapat terdegradasi) sehingga tidak baik terhadap lingkungan (Azizah & Alex, 2018). Pewarna sintetis banyak ditemukan seperti metil jingga, kongo merah, metilen biru dan lain sebagainya. Salah satu pewarna yang sering digunakan adalah metilen biru. Metilen biru dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, masalah ginjal dan hati, alergi pada kulit serta dermatitis. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi limbah zat warna berupa oksidasi kimia, koagulasi-flokulasi, pengolahan biologis serta adsorpsi. Adsorpsi memiliki keunggulan berupa prosesnya yang sederhana, murah serta ramah terhadap lingkungan (Aichour *et al.*, 2019).

Lempung dapat dikatakan sebagai partikel mineral dengan struktur yang lunak. Hidroksi lapis ganda merupakan jenis lempung anionik memiliki struktur dua dimensi yang mengandung lapisan seperti *brucite* bermuatan positif dengan anion penyeimbang muatan dan air di daerah antar lapisan. Hidroksi lapis ganda dibedakan karena karakteristik khusus seperti stabilitas yang tinggi, biokompatibilitas yang baik, kapasitas pertukaran anion serta kelarutan yang bergantung pada pH sehingga cocok dijadikan sebagai adsorben (Dinari *et al.*, 2019).

Pengaplikasian material hidroksi lapis ganda sebagai adsorben memiliki kekurangan berupa efektifitas sebagai adsorben masih kecil dikarenakan permukaan dari hidroksi lapis ganda yang tidak terlalu besar, oleh karena itu banyak peneliti yang telah melakukan modifikasi terhadap material hidroksi lapis ganda dengan menggunakan biochar. Biochar merupakan karbon yang dihasilkan melalui sintesis pirolisis biomassa (Zhang *et al.*, 2020). Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biochar berupa sampah biomassa yang tidak dapat digunakan lagi

seperti, kulit kopi, kulit buah cokelat, tongkol jagung, cangkang kemiri, limbah gergaji kayu serta sekam padi (Widiastuti & Lantang, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* (2013) melaporkan bahwa hidroksi lapis ganda Zn-Al dapat mengadsorpsi zat warna metil jingga dengan kapasitas maksimumnya 181,9 mg/g dalam kondisi setimbang. Menurut Starukh. (2017) hidroksi lapis ganda dapat digunakan untuk penyerapan pewarna anionik tetapi tidak dapat diterapkan pada pewarna kationik, sehingga dilakukan modifikasi hidroksi lapis ganda dengan menggunakan komposit yang mampu menyerap berbagai jenis zat warna. Hidroksi lapis ganda yang dimodifikasi dapat mengadsorpsi pewarna kationik seperti safranin dan metilen biru.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis material hidroksi lapis ganda Zn-Al, biochar, komposit 1:1, komposit 1:3 dan komposit 1:5. Proses modifikasi adsorben menggunakan hidroksi lapis ganda Zn-Al dan biochar yang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan adsorben agar dapat menyerap zat warna metilen biru lebih banyak lagi. Proses desorpsi dan regenerasi juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi adsorben yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan hidroksi lapis ganda sebagai adsorben pada proses adsorpsi zat warna metilen biru yang terkandung pada limbah masih belum efektif dikarenakan struktur dari hidroksi lapis ganda tidak stabil dan rapuh sehingga tidak dapat digunakan secara berulang dalam proses adsorpsi. Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi dengan biochar yang menghasilkan komposit agar didapatkan adsorben yang lebih stabil, dapat digunakan secara berulang serta kapasitas adsorpsinya yang lebih besar pada saat proses adsorpsi. Adsorben hidroksi lapis ganda, biochar, komposit hidroksi lapis ganda Zn-Al tersebut dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, FT-IR, BET dan TG-DTA serta dilakukan variasi beberapa variabel yakni pengaruh pH, waktu, konsentrasi dan temperatur adsorpsi. Pada penelitian ini dilakukan juga proses desorpsi dan regenerasi agar diketahui adsorben yang dapat digunakan secara berulang pada proses adsorpsi terjadi.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis material hidroksi lapis ganda Zn-Al dan komposit hidroksi lapis ganda Zn-Al/biochar yang dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, SEM, BET dan TG-DTA.
2. Mempelajari adsorpsi dari zat warna metilen biru pada adsorben hidroksi lapis ganda Zn-Al/biochar terhadap pengaruh pH, pengaruh waktu, pengaruh konsentrasi serta pengaruh temperatur adsorpsi.
3. Menentukan persen desorpsi dari zat warna metilen biru serta regenerasi pada adsorben.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang sintesis hidroksi lapis ganda Zn-Al, komposit hidroksi lapis ganda Zn-Al/biochar serta aplikasinya sebagai adsorben zat warna metilen biru dalam rangka menanggulangi air limbah yang dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aichour, A., Zaghouane-Boudiaf, H., Mohamed Zuki, F. B., Kheireddine Aroua, M., & Ibbora, C. V. (2019). Low-Cost, Biodegradable and Highly Effective Adsorbents for Batch and Column Fixed Bed Adsorption Processes of Methylene Blue. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 1-8.
- Ardhi, T. N. S. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Komposit/MOF Menggunakan *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Transmission Electron Microscopy* (TEM). *Researchgate, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Aspi, Malino, M. B., & Lapanporo, B. P. (2013). Analisis Data Spektrum Spektroskopi FTIR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin. *Prima Fisika*, 1(2), 92–96.
- Azizah, E., & Alex, H. (2018). Pemanfaatan Daun Harendong (*Melastoma Malabathricum*) sebagai Pewarna Alami untuk Kain Katun. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 35(1), 1-7.
- Bernardo, M. P., & Ribeiro, C. (2019). Zn-Al Based Layered Double Hydroxides (LDH) Active Structures for Dental Restorative Materials. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 1250–1257.
- Botan, R., & Sartor, S. D. B. (2020). 5. X-Ray Diffraction Analysis of Layered Double Hydroxide Polymer Nanocomposites. *Layered Double Hydroxide Polymer Nanocomposites*, 205-229.
- Brame, J., & Griggs, C. (2016). Surface Area Analysis Using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) Method Scient. *Engineer Research and Development Center*, 1-23.
- Daneshvar, E., Vazirzadeh, A., Niazi, A., Kousha, M., Naushad, M., & Bhatnagar, A. (2017). Desorption of Methylene Blue Dye from Brown Macroalga: Effects of Operating Parameters Isotherm Study and Kinetic Modeling. *Journal of Cleaner Production*, 152, 443-453.
- Dinari, M., Haghghi, A., & Asadi, P. (2019). Facile Synthesis of Zn-Al EDTA Layered Double Hydroxide/Poly (Vinyl Alcohol) Nanocomposites As An Efficient Adsorbent of Cd(II) Ions from the Aqueous Solution. *Applied Clay Science*, 170, 21–28.
- Dole, M. N., Patel, P. A., Sawant, S. D., & Shedpure, P. S. (2011). Advance Applications of Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 7(2), 159–166.
- Fathoni, I. (2016). Pemanfaatan Bentonit Teknis sebagai Adsorben Zat Warna. *Unesa Journal of Chemistry*, 5(3), 18–22.
- Fitriani, D., Oktiarni, D., & Lusiana. (2015). Pemanfaatan Kulit Pisang sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Gradien*, 11(2), 1091-1095.
- Gholami, P., Dinpazhoh, L., Khataee, A., Hassani, A., Bhatnagar, A. (2019). Facile

- Hydrothermal Synthesis of Novel Fe-Cu Layered Double Hydroxide/Biochar Nanocomposite with Enhanced Sonocatalytic Activity for Degradation of Cefazolin Sodium. *Journal of Hazardous Materials*, 1-16.
- Gholami, P., Khataee, A., Soltani, R. D. C., Dinpazhoh, L., & Bhatnagar, A. (2020). Photocatalytic Degradation of Gemifloxacin Antibiotic Using Zn-Co LDH Biochar Nanocomposite. *Journal of Hazardous Materials*, 382, 1-55 .
- Hadayani, L., Riwayati, I., & Ratnani, R. (2015). Adsorpsi Pewarna Metilen Biru Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Jurnal Momentum Unwahas*, 11(1), 19–23.
- Hasnowo, L. A., Santosa, S. J., Rusdiarso, B, Tinggi, S., Nuklir, T., & Mada, U. G. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Material Hibrida Mg/Al LDH Terimobilisasi Asam Para Hidroksibenzoat. *Jurnal Forum Nuklir*, 11(2), 81–88.
- Hu, J., Gan, M., Ma, L., Li, Z., Yan, J., & Zhang, J. (2014). Synthesis and Anticorrosive Properties of Polymer Clay Nanocomposites Via Chemical Grafting of Polyaniline Onto Zn-Al Layered Double Hydroxides. *Surface and Coatings Technology*, 240, 55–62.
- Huang, Z., Wang, T., Shen, M., Huang, Z., Chong, Y., & Cui, L. (2019). Coagulation Treatment of Swine Wastewater by the Method of In-Situ Forming Layered Double Hydroxides and Sludge Recycling for Preparation of Biochar Composite Catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 369, 784–792.
- Ilyas, S., Heryanto, Abdullah, B., & Tahir, D. (2019). X-Ray Diffraction Analysis of Nanocomposite Fe₃O₄/Activated Carbon by Williamson Hall and Size Strain Plot Methods. *Nano-Structures and Nano-Objects*, 20, 1-8.
- Jain, N., Dwivedi, M. K., & Waskle, A. (2016). Adsorption of Methylene Blue Dye from Industrial Effluents Using Coal Fly Ash. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 3(4), 9-16.
- Jasmal., Sulfikar., & Ramlawati. (2015). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arengapinnata*) terhadap Pb²⁺. *Jurnal Sainsmart*, 4(1), 57-66.
- Karami, Z., Jouyandeh, M., Ali, J. A., Ganjali, M. R., Aghazadeh, M., Paran, S. M. R., Naderi, G., Puglia, D., & Saeb, M. R. (2019). Epoxy/Layered Double Hydroxide (LDH) Nanocomposites: Synthesis, Characterization, and Excellent Cure Feature of Nitrate Anion Intercalated Zn-Al Ldh. *Progress in Organic Coatings*, 136, 1-6.
- Khuluk, R. H. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Li, R., Wang, J. J., Zhou, B., Awasthi, M. K., Ali, A., Zhang, Z., Gaston, L. A., Lahori, A. H., & Mahar, A. (2016). Enhancing Phosphate Adsorption by Mg/Al Layered Double Hydroxide Functionalized Biochar with Different Mg/Al Ratios. *Science of the Total Environment*, 559, 121–129.

- Lewis, G. N., & Bigeleisen, J. (1943). Methylene Blue and Other Indicators in General Acids the Acidity Function. *Journal of Chemical*, 65, 1144-1150.
- Lyu, H., Zhang, Q., & Shen, B. (2020). Chemosphere Application of Biochar and its Composites in Catalysis. *Chemosphere*, 240, 1-11.
- Mahjoubi, F. Z., Khalidi, A., Abdennouri, M., & Barka, N. (2016). Zn-Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Carbonate, Nitrate, Chloride and Sulphate Ions: Synthesis, Characterisation and Dye Removal Properties. *Journal of Taibah University for Science*, 1-11.
- Meng, Z., Wu, M., Yu, Y., Meng, F., Liu, A., Komarneni, S., & Zhang, Q. (2018). Selective Removal of Methyl Orange and Cr Anionic Contaminants from Mixed Wastewater by In-Situ Formation of Zn-Al Layered Double Hydroxides. *Applied Clay Science*, 161, 1-5.
- Mufrodi, Z., Widiastuti, N., & Kardika, R. C. (2002). Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi. *Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan*, 90-93.
- Nurhasni., Hendrawati., & Saniyyah, N. (2012). Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Program Studi Kimia FST Uin Syarif Hidayatullah, Jakarta*.
- Prakongkep, N., Gilkes, R. J., Wiriyakitnatekul, W., Duangchan, A., & Darunsontaya, T. (2013). The Effects of Pyrolysis Conditions on the Chemical and Physical Properties of Rice Husk Biochar. *International Journal of Material Science (IJMSCI)*, 3(3), 97-103.
- Rianita, Y., Widodo, C. S., & Masruroh. (2012). Studi Identifikasi Komposisi Obat dan Limbah Balur Benzoquinon (BQ) Hasil Terapi Pembaluran dengan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya*.
- Shukla, N., Sahoo, D., & Remya, N. (2019). Biochar from Microwave Pyrolysis of Rice Husk for Tertiary Wastewater Treatment and Soil Nourishment. *Journal of Cleaner Production* 235, 1073-1079.
- Starukh, G. (2017). Photocatalytically Enhanced Cationic Dye Removal with Zn-Al Layered Double Hydroxides. *Nanoscale Research Letters*, 12(391), 1-8.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1), 500-506.
- Tyas, A. H., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2018). Penentuan Kemampuan Penggunaan Ulang Komposit Kitosan-Karbon pada Proses Adsorpsi Ce(IV). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(2), 61-68.
- Widiastuti, M. M. D., & Lantang, B. (2017). Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 129.
- Wijayanti, I. E & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm

Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2), 175-184.

- Xue, L., Gao, B., Wan, Y., Fang, J., Wang, S., Li, Y., Carpena, R. M., & Yang, L. (2016). High Efficiency and Selectivity of MgFe LDH Modified Wheat Straw Biochar in the Removal of Nitrate from Aqueous Solutions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 1-6.
- Yu, S., Wang, X., Chen, Z., Wang, J., Wang, S., Hayat, T., & Wang, X. (2017). Layered Double Hydroxide Intercalated With Aromatic Acid Anions for the Efficient Capture of Aniline from Aqueous Solution. *Journal of Hazardous Materials*, 321, 111–120.
- Zahra, N. L., Sugiyana, D., & Notodarmojo, S. (2014). Adsorpsi Zat Warna Textile Reactive Red 141 Textile pada Tanah Liat Lokal Alami. *Arena Tekstil*, 29(2), 63-72.
- Zhang, P., O'connor, D., Wang, Y., Jiang, L., Xia, T., Wang, L., Tsang, D. C. W., Ok, Y. S., & Hou, D. (2020). A Green Biochar/Iron Oxide Composite for Methylene Blue Removal. *Journal of Hazardous Materials*, 384, 1-8.
- Zhang, Y. X., Hao, X. D., Kuang, M., Zhao, H., & Wen, Z. Q. (2013). Preparation, Characterization and Dye Adsorption of Au Nanoparticles Zn-Al Layered Double Oxides Nanocomposites. *Applied Surface Science*, 283, 505–510.