

**ADSORPSI METILEN BIRU MENGGUNAKAN
KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni/Al-BIOCHAR**

SKRIPSI



RABELLIA JULADIKA SAYERI

08031181621026

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

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**ASORPSI METILEN BIRU MENGGUNAKAN
KOMPOST HIDROKSI LAPIS GANDA NEAL-BIOCHAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan
Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Oleh :


Raeella Julailika Sayeri

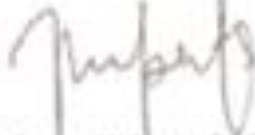
080311181621026

Indralaya, Agustus 2020

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Aldes Lesban, Ph.D
NIP. 197408121998021001


Nurfa Hidayat, M.Si
NIP. 19721109200032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


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



LEMBAR PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-biochar" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juli 2020.

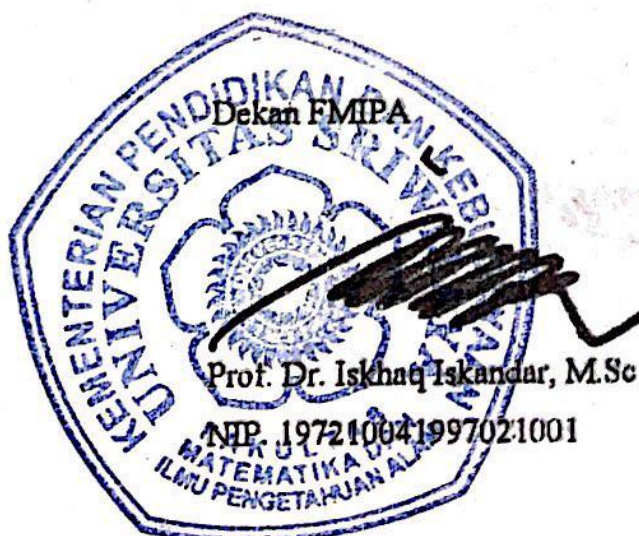
Indralaya, Agustus 2020

Ketua :

1. **Prof. Aldes Lebani, S.Si, M.Si, Ph.D**
NIP. 197408121998021001

Anggota :

2. **Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001
3. **Dr.rer.nat. Risfidan Mohadi, S.Si., M.Si**
NIP. 197711272005011003
4. **Dr. Ady Mara, M.Si**
NIP. 196404301990031003
5. **Dr. Heni Yohandhi, M.Si**
NIP. 197011152000122004



Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rabellia Juladika

NIM : 080311816210326

Fakultas/Jurusan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

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

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini 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, Agustus 2020



Yang Menyatakan,

Rabellia Juladika Sayeri

NIM. 08031181621026

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Rebella Juladika Sayeri

NIM : 08031181621026

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 "Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni²⁺/al-böcher". 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, Agustus 2020

Yang Menyatakan,



Rebella Juladika Sayeri

NIM. 08031181621026

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Skripsi ini sebagai tanda syukur kepada:

- ♥ *Allah SWT*
- ♥ *Nabi Muhammad SAW*

Dan kupersembahkan Skripsi ini kepada:

- ♥ *Orangtuaku tercinta yang telah memberikan motivasi, inspirasi, semangat, nasehat serta do'a yang tiada henti-hentinya.*
- ♥ *Keluarga Besariku*
- ♥ *Pembimbing skripsiku Bapak Prof Aldes Lesbani, Ph.D dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si*
- ♥ *Agama dan almamaterku tercinta.*

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain (HR. Ahmad, Thbrani dan Daruqutni)”

“Katakanlah sesungguhnya shalatku, ibadahku, kehidupanku dan kematianku untuk Allah Tuhan semesta alam (Al-An'Am: 162)”

“whit that difficulty, there is ease (Q.S Al-Insyirah: 5)”

“Do as you can do today, don't even wait until tomorrow”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-biochar”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

- Bapak Prof. Dr. Ishak Iskandar, M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
- Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya
- Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D sebagai pembimbing pertama skripsi ini yang selalu memberikan motivasi dan pelajaran hidup yang bermakna dari pertama penulisan skripsi hingga penulis menyelesaikan tugas dalam memperoleh gelar sarjana. Semoga Bapak dan keluarga senantiasa selalu dalam keadaan sehat dan dalam lindungan Allah SWT. Aamiin YRA
- Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si sebagai pembimbing kedua sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah membantu dari awal perkuliahan hingga penulis memperoleh gelar sarjana ini dan selamat untuk gelar doktor yang telah Ibu peroleh. Semoga kebaikan dan rendah hati yang Ibu miliki mendapatkan balasan yang indah dari Allah SWT. Aamiin YRA
- Seluruh Dosen dan Staff Pegawai di Jurusan Kimia, FMIPA, UNSRI
- Kedua orangtuaku tersayang Papa Bulandri dan Mama Erita yang selalu kuat dan sabar agar dapat memberikan yang terbaik untuk anak-anaknya, selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada henti
- Uncuku Reno Ali Sikber yang selalu membantu dan mendoakan yang terbaik untukku
- Abang dan Adikku Berry Ahmad dan Gilang Sabtrio atas segala bantuan dan semangatnya yang tiada henti-hentinya

- Keluargaku Ibu Emanizar, Kak Alief, Kak Kiki, Yuk Fitriyani, Zikri, Azka, Ahza dan Adzira yang selalu berada disampingku dan penghibur hari-hariku
- Sahabat sejak 2010 NEXT (Nanda, Neni, Sayyidah, Intan, Meyla, Kiki) selalu ada disampingku apapun kadaannya baik susah maupun senang
- Teman-teman pemberi warna dimasa SMA-ku Putri, Wilang, Aldo, Parti, Romi, Reza
- Teman-temanku Nabila R. Primarani dan Ayu Juliana yang selalu bersama menjalani drama perkuliahan dari pertama hingga skripsi ini terbentuk
- Teman-temanku Dhoan, Fahmi, Melati, Sastriani, Sarah, Intan, Valen, Revo dan Mifta yang selalu menghibur masa perkuliahanku
- Team dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini Erni, Fiko, Aldi dan Patimah
- Kak Neza, Novie dan Normah yang selalu menjadi penolongku dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
- Teman-teman seperjuangan di Jurusan Kimia, FMIPA, Unsri

Saya menyadari masih banyak sekali terdapat kekurangan dalam skripsi ini, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya Agustus 2020

Rabellia Juladika Sayeri

NIM.08031181621026

SUMMARY

BLUE METHYLENE ADSORPTION USING Ni/Al-BIOCHAR LAYERED DOUBLE HYDROXIDE COMPOSITE

Rabellia Juladika Sayeri : Supervised by Prof. Aldes Lesbani, Ph.D dan Nurlisa Hidayati, M.Si

Chemistry Departement, Mathematics and Natural Sciences Faculty, Sriwijaya University

xvii + 75 pages, 20 pictures, 5 tabels, 35 attachments

Modification of Ni/Al layered double hydroxide and biochar has produced Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite material and has been proven using X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra Red (FTIR), Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TG-DTA), Brunauer Emmet Teller (BET) Surface area dan Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis. Determination of the optimum pH of Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite material at pH 4. The material is applied as a methylene blue adsorbent which is carried out in various variations of time, temperature and concentration. Observation of the adsorption kinetics parameters showed that the Ni / Al-biochar double layer hydroxy composite material followed the pseudo second order kinetics model and the adsorption rate of the Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite as a methylene blue dye adsorbent followed the pseudo second order kinetics model with a k_2 value of 0.083 , 0.057, 0.015 and 0.009 g/mg min. Freundlich adsorption isotherm is more suitable in the adsorption process of methylene blue dye with a Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite adsorbent with a maximum adsorption capacity (Q_m) of 61.728 mg/g. Thermodynamic parameters indicate that the adsorption reaction occurs endothermic and spontaneously. Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite were desorbed using acetone as solvent with a %desorption of 1.699%. The Ni/Al-biochar layered double hydroxide composite are regenerated to show the ability of the adsorbent to absorb methylene blue dye.

Keywords : Layered Double Hydroxide, Ni/Al, Biochar, Ni/Al-Biochar Layered Double Hydroxide Composite, Methylene Blue

Citation : 54 (1994-2020)

RINGKASAN

ADSORPSI METILEN BIRU MENGGUNAKAN KOMPOSIT HIDROKSI LAPIS GANDA Ni/Al-BIOCHAR

Rabellia Juladika Sayeri : Dibimbing oleh Prof. Aldes Lesbani, Ph.D dan Nurlisa Hidayati, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xvii + 75 halaman, 20 gambar, 5 tabel, 35 lampiran

Modifikasi hidroksi lapis ganda Ni/Al dan biochar telah menghasilkan material komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar dan telah dibuktikan dengan menggunakan analisis *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TG-DTA)*, *Brunauer Emmet Teller (BET) Surface area* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Penentuan pH optimum dari material komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar pada pH 4. Material tersebut diaplikasikan sebagai adsorben metilen biru yang dilakukan dalam berbagai variasi waktu, temperatur dan konsentrasi. Pengamatan parameter kinetika adsorpsi menunjukkan material komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar mengikuti model kinetika *pseudo second order* dan laju adsorpsi komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben zat warna metilen biru mengikuti model kinetika *pseudo second order* dengan nilai k_2 yakni 0,083, 0,057, 0,015 dan 0,009 g/mg min. Isoterm adsorpsi Freundlich lebih cocok dalam proses adsorpsi zat warna metilen biru dengan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) sebesar 61,728 mg/g. Parameter termodinamika menunjukkan proses adsorpsi reaksi terjadi secara endotermik dan secara spontan. Komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar didesorpsi menggunakan aseton sebagai pelarut dengan %desorpsi sebesar 1,699%. Pada Komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar diregenerasi untuk menunjukkan kemampuan adsorben dalam menyerap zat warna metilen biru.

Kata kunci : Hidroksi Lapis Ganda, Ni/Al, Biochar, Komposit Hidroksi
Lapis Ganda Ni/Al-Biochar, Metilen Biru.

Sitasi : 54 (1994-2020)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Hidroksi Lapis Ganda.....	5
2.1.1. Struktur Material Hidroksi Lapis Ganda	5
2.1.2. Aplikasi Hidroksi Lapis Ganda Sebagai Adsorben	6
2.2. Biochar	7
2.3. Adsorpsi dan Desorpsi	8
2.4. Metilen Biru	9
2.5. Karakterisasi	10
2.5.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	10
2.5.2. Spektrofotometer Inframerah (FTIR)	11

2.5.3.	<i>Thermogravimetric-Differential thermal Analysis (TG-DTA)</i>	12
2.5.4.	Brunauer, Emmet, dan Teller (BET)	13
2.5.5.	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Waktu dan Tempat.....	16
3.2.	Alat dan Bahan	16
3.2.1.	Alat	16
3.2.2.	Bahan	16
3.3.	Prosedur Penelitian	16
3.3.1.	Sintesis Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	16
3.3.2.	Preparasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	17
3.3.3.	Pembuatan Larutan Induk Zat Warna Metilen Biru	17
3.3.4.	Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Metilen Biru.....	17
3.3.5.	Pembuatan Deret Larutan Standar Zat Warna Metilen Biru.....	17
3.3.6.	Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Ni/Al-Biochar ...	18
3.3.6.1.	Pengaruh pH	18
3.3.6.2.	Pengaruh Waktu Adsorpsi	18
3.3.6.3.	Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi	18
3.3.7.	Desorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar.....	18
3.3.8.	Regenerasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	19
3.4.	Analisis Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22

4.1. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar Menggunakan Analisis XRD	22
4.2. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar Menggunakan Analisis Spektrofotometer FT-IR	23
4.3. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar Menggunakan Analisis TG-DTA	26
4.4. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar Menggunakan Analisis Adsorpsi Desorpsi Nitrogen	28
4.5. Karakterisasi Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al, Biochar dan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar Menggunakan Analisis SEM	30
4.6. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Metilen Biru	31
4.7. Aplikasi Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru	32
4.7.1. Pengaruh pH	32
4.7.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	33
4.7.3. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biocahr sebagai Adsorben.....	34
4.8. Desorpsi Zat Warna Metilen Biru.....	37
4.9. Regenerasi Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41

LAMPIRAN 47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur hidroksi lapis ganda	6
Gambar 2. Skema komposit hidroksi lapis ganda-biochar	8
Gambar 3. Struktur metilen biru	10
gambar 4. XRD hidroksi lapis ganda Ni/Al.....	11
gambar 5. Spektrum hidroksi lapis ganda Ni/Al.....	12
gambar 6. Pola TG-DTA hidroksi lapis ganda Ni/Fe	13
gambar 7. Analisis BET hidroksi lapis ganda Mg/Al.....	14
Gambar 8. Klasifikasi tipe isotem adsorpsi desorpsi nitrogen	14
gambar 9. SEM biochar	15
Gambar 10. Pola difraktogram a) Hidroksi lapis ganda Ni/Al b) Biochar c) komposit 1:0,5 d) Komposit 1:1 e) Komposit 1:3 dan f) Komposit 1:5	22
Gambar 11. Spektrum FT-IR pada berbagai bilangan gelombang a) Hidroksi lapis ganda Ni/Al b) Biochar c) komposit 1:0,5 d) Komposit 1:1 e) Komposit 1:3 dan f) Komposit 1:5	25
Gambar 12. Pola TG-DTA a) Hidroksi lapis ganda Ni/Al b) Biochar c) komposit 1:0,5 d) Komposit 1:1 e) Komposit 1:3 dan f) Komposit 1:5	27
Gambar 13. Pola adsorpsi desorpsi nitrogen pada a) Hidroksi lapis ganda Ni/Al b) Biochar c) komposit 1:0,5 d) Komposit 1:1 e) Komposit 1:3 dan f) Komposit 1:5	29
Gambar 14. Morfologi a) Hidroksi lapis ganda Ni/Al b) Biochar c) Komposit 1:1	30
Gambar 15. Spektrum UV-Vis zat warna metilen biru	32
Gambar 16. Pengaruh pH pada metilen biru menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben	32
Gambar 17. Pengaruh waktu kontak adsorpsi pada metilen biru menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben	34

Gambar 18. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben	35
Gambar 19. Pengaruh jenis pelarut terhadap proses desorpsi zat warna metilen biru menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben.....	38
Gambar 20. Regenerasi adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar terhadap zat warna metilen biru.....	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data hasil pengukuran isoterm adsorpsi esorpsi nitrogen dari hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar, komposit 1:0,5, Komposit 1:1, komposit 1:3 dan komposit 1:5	30
Tabel 2. Data EDX hidroksi lapis ganda Ni/Al, biochar dan komposit 1:1	31
Tabel 3. Model kinetik adsorpsi metilen biru menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben	34
Tabel 4. Data isoterm adsorpsi metilen biru menggunakan isoterm Langmuir dan Freunlich dengan adsorben komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar	36
Tabel 5. Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS) dan energi bebas Gibbs (ΔG) pada proses adsorpsi metilen biru menggunakan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar sebagai adsorben.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Digital XRD Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	48
Lampiran 2. Data Digital XRD Material Biochar	49
Lampiran 3. Data Digital XRD Material Komposit 1:0,5	50
Lampiran 4. Data Digital XRD Material Komposit 1:1	51
Lampiran 5. Data Digital XRD Material Komposit 1:3	52
Lampiran 6. Data Digital XRD Material Komposit 1:5	53
Lampiran 7. Data Digital Spektrum FT-IR Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	54
Lampiran 8. Data Digital Spektrum FT-IR Material Biochar	55
Lampiran 9. Data Digital Spektrum FT-IR Material Komposit 1:0,5	56
Lampiran 10. Data Digital Spektrum FT-IR Material Komposit 1:1	57
Lampiran 11. Data Digital Spektrum FT-IR Material Komposit 1:3	58
Lampiran 12. Data Digital Spektrum FT-IR Material Komposit 1:5	59
Lampiran 13. Perhitungan Rumus Empiris dan Jumlah Mol Air Material Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	60
Lampiran 14. Perhitungan Jumlah Mol Air Biochar	61
Lampiran 15. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al	62
Lampiran 16. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Biochar	63
Lampiran 17. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Komposit 1:0,5.....	64
Lampiran 18. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Komposit 1:1	65
Lampiran 19. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Komposit 1:3	66
Lampiran 20. Data Digital Adsorpsi Desorpsi Nitrogen Komposit 1:5	67
Lampiran 21. Data Panjang Gelombang Maksimum	68
Lampiran 22. Kurva Kalibrasi Larutan Standar	69
Lampiran 23. Data Variasi pH Zat Warna Metilen Biru Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	70
Lampiran 28. Perhitungan Parameter Kinetika Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	71

Lampiran 29. Data Pengaruh Konsentrasi Adsorpsi Metilen Biru dengan Adsorben Kompoait Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar	72
Lampiran 34. Perhitungan Parameter Isoterm Adsorpsi Metilen Biru dengan Komposit Hiroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar.....	74
Lampiran 35. Perhitungan Desorpsi Metilen Biru Menggunakan Komposit Hidroksi Lapis Ganda Ni/Al-Biochar sebagai adsorben.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Zat warna sintetis banyak digunakan dalam berbagai bidang teknologi terkini di industri diantaranya industri tekstil, industri kecantikan, industri pewarnaan kulit, produksi kertas dan pertanian. Penggunaan zat warna sintetis dalam skala besar dan aplikasi yang luas ini dapat menyebabkan polusi lingkungan dan merupakan faktor resiko kesehatan yang sangat serius (Oliveira *et al.*, 2010). Limbah cair yang berasal dari sumber industri sebagian besarnya berupa polutan yang terdiri dari bahan kimia organik dan patogen yang dapat menimbulkan bahaya sehingga harus dilakukan proses pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Industri tekstil merupakan sumber utama limbah zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan kain, kelebihan zat warna dilepaskan menuju lingkungan dalam kondisi konsentrasi masih tinggi dan kompleks (Gajbhiye, 2012).

Lebih dari 3600 zat warna digunakan oleh industri tekstil saat ini seperti *procion red*, *direct red*, *direct green*, *direct orange*, *malachite green*, metil violet, metilen oranye, dan metilen biru (Kant, 2012). Metilen biru merupakan zat warna kationik yang paling umum digunakan daripada zat warna lainnya dalam industri tekstil. Zat warna metilen biru dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan jika tertelan, iritasi pada kulit jika tersentuh dan sianosis jika terhirup (Handayani dkk, 2015).

Zat warna dirancang agar tahan terhadap perubahan degradasi dan sulit dihilangkan. Berbagai teknologi telah digunakan untuk menghilangkan dan meminimalisir limbah zat warna yang diantaranya pemutihan bahan kimia, koagulasi selektif dan adsorpsi (Ozsoy dan Leeuwen, 2010). Adsorpsi merupakan alternatif yang paling aman digunakan untuk proses daur ulang limbah zat warna karena kesederhanaannya, efisiensi tinggi, pengaplikasiannya yang mudah dan ketersediaan berbagai jenis adsorben yang beragam. Adsorben yang umum digunakan karbon aktif, zeolit, tulang ikan, tanah liat, polimer dan hidroksi lapis ganda (Guo *et al.*, 2013).

Hidroksi lapis ganda, *layered double hydroxide* (LDH) dikenal sebagai tipe senyawa hidrokalsit anionik yang terdiri dari tumpukan lapisan positif yang terpisah oleh *interlayer* anion dan air. Rumus formula umumnya $[M^{2+}_{1-x} M^{3+}_x(OH)_2] [A^{n-}]_{x/n} \cdot zH_2O$, M^{2+} adalah logam divalen sedangkan M^{3+} sebagai logam trivalen. Hidroksi lapis ganda sendiri memiliki keunggulan yakni mampu memasukkan spesies yang bermuatan negatif ke dalamnya dengan wilayah *interlayer* sebagai penetralisir muatan positif melalui mekanisme pertukaran ion. Hidroksi lapis ganda juga memiliki keunggulan lain yakni tingkat adsorpsi dengan kapasitas yang tinggi dan cara preparasi yang mudah. Namun, keefektifan hidroksi lapis ganda sebagai adsorben memiliki selektifitas terhadap adsorpsi zat warna anionik saja, sehingga perlu dimodifikasi agar keefektifan adsorpsinya dapat meningkat terhadap seluruh zat warna baik anionik maupun kationik. Penerapan hidroksi lapis ganda ini lebih efisien jika didukung dengan partikel yang lebih besar seperti biochar yang dapat berasal dari lingkungan (Meili *et al.*, 2019).

Biochar dikenal sebagai adsorben terbaru dengan biaya yang rendah. Biochar yang berbentuk arang bubuk ini diketahui dapat menyerap lebih banyak daripada karbon aktif komersial (Xue *et al.*, 2016). Biochar merupakan senyawa organik yang berasal dari limbah organik dengan proses pengolahan sehingga menghasilkan padatan kaya akan karbon yang terbentuk melalui pembakaran dengan sedikit oksigen. Bahan baku biochar tergolong melimpah yaitu berupa limbah sisa pertanian seperti tempurung kelapa, kulit buah kakao, tongkol jagung dan sekam padi (Nurida, 2014). Penggabungan antara biochar dan hidroksi lapis ganda dengan tujuan untuk mendapatkan penyerapan adsorben yang lebih tinggi dari kapasitas semua hidroksi lapis ganda ataupun biochar (Zhang *et al.*, 2014). Penelitian yang telah dilakukan oleh Xue *et al.*, (2016) memodifikasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe dengan biochar, material tersebut diaplikasikan pada adsorpsi nitrat dengan kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 24,8 mg/g. Li *et al.*, (2016) melakukan modifikasi hidroksi lapis ganda Mg/Al dengan biochar yang digunakan sebagai aplikasi adsorpsi senyawa fosfat dengan kapasitas adsorpsi sebesar 81,83 mg/g. Rahmanian *et al.*, (2018) telah memodifikasi hidroksi lapis Zn/Al dengan biochar dalam mengadsorpsi cadmium dengan kapasitas maksimum

adsorpsi sebesar 12,60 mg/g. Bolbol *et al.*, (2019) juga memodifikasi hidroksi lapis ganda Mg/Fe dengan biochar, hasil sintesis digunakan untuk adsorpsi fosfor dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 17,46 mg/g.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis hidroksi lapis ganda Ni/Al dan dilakukan modifikasi dengan biochar sekam padi. Komposit yang dihasilkan diaplikasikan sebagai adsorben zat warna metilen biru. Komposit hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TG-DTA)*, *Brunauer Emmet Teller (BET) Surface area* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Adsorpsi metilen biru dapat dipelajari melalui variasi pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi adsorbat, pengaruh temperatur, desorpsi dan regenerasi.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan zat warna sintesis dalam skala besar dan aplikasi yang luas dapat menyebabkan polusi lingkungan dan merupakan faktor resiko kesehatan yang sangat serius. Metilen biru salah satu jenis zat warna kationik yang sering digunakan dalam proses industri. Berbagai upaya dapat dilakukan untuk menghilangkan dan meminimalisir zat warna sebelum diteruskan kelingkungan. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan limbah zat warna. Keefektifan proses adsorpsi sangat ditentukan oleh adsorben. Pada penelitian ini komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar digunakan sebagai adsorben metilen biru. Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi akan dipelajari melalui variasi pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi adsorbat dan pengaruh temperatur., desorpsi dan regenerasi.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Memperoleh komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar serta mengkarakterisasi material tersebut menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TG-DTA)*, *Brunauer Emmet Teller (BET) Surface area* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

2. Menentukan pengaruh adsorpsi melalui variasi pengaruh pH, pengaruh waktu adsorpsi, pengaruh konsentrasi adsorbat dan pengaruh temperatur serta desorpsi dan regenerasi dengan komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini agar dapat mengetahui dan mempelajari mengenai sintesis komposit hidroksi lapis ganda Ni/Al-biochar serta aplikasinya sebagai adsorben pada zat warna metilen biru dengan tujuan mengurangi pencemaran air dan lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Abuthahir, K.S., Pragathiswaran, C., Govindhan, P., Abbubakkar, B.M., and Sridevi, V.S. 2017. Adsorption of Methylene Blue Dye Using Activated Carbon From the Natural Plant Stem. *IJRPC*. 7(1): 120-125.
- Aguiar, J.E., Bezerra, B.T.C., Braga, B., Lima, P.D., Nogueira, R.E., Lucena, S.M., and Silva, I.J. 2013. Adsorption of Anionic and Cationic Dyes from Aqueous Solution on Non-Calcined Mg-Al Layered Double Hydroxide: Experimental and Theoretical Study. *Separation Science and Technology*. 48(15): 2307-2316.
- Anung R., Setyaningtyas, T., dan Riyani, K. 2014. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi Jurusan Kimia. *Skripsi*. Program Sarjana Mipa Unsoed: Purwokerto.
- Bolbol, H., Fekri, M., and Mehrizi, M.H. 2019. Layered Double Hydroxide-Loaded Biochar as a Sorbent for the Removal of Aquatic Phosphorus: Behavior and Mechanism Insights. *Arabian Journal of Geosciences*. 12(503): 2-11.
- Chen, Q., Tian, Y., Li, P., Yan, C., Pang, Y., Zheng, L., Deng, H., Zhou, W., and Meng, X. Study on Shale Adsorption Equation Based on Monolayer Adsorption, Multilayer Adsorption and Capillary Condensation. *Hindawi Publishing Corporation*.
- Cychosz, K.A and Thommes, M. 2018. Progress in the Physisorption Characterization of Nanoporous Gas Storage Materials. *Engineering*. 4: 559-566.
- Elmoubarki, R., Mahjoubi, F.Z., Elhalil, A., Tounsadi, H., Abdennouri, M., Sadiq, M., Qoursal, A., Zouhri, A., and Barka, N. 2017. Ni/Fe and Mg/Fe Layered Double Hydroxides and Their Calcined Derivatives Preparation, Characterization and Application on Textile Dyes Removal. *Journal of Materials Research and Technology*. 6(3): 271-283.
- Fajarwati, F.I., Sugiharto, E., dan Siswanta, D. 2010. Film of Chitosan-Carboxymethyl Cellulosepolyelectrolyte Complex as Methylene Blue Adsorbent. *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*. 16(1): 36-45.
- Fitriani, D., Oktiarni, D., dan Lusiana. 2015. Pemanfaatan Kulit Pisang sebagai Adsorben Zat Warna Metilen biru. *Jurnal Gradien*. 11(2): 1091-1095

- Gajbhiye, S.B. 2012. Photocatalytic Degradation Study of Methylene Blue Solutions and its Application to Dye Industry Effluent. *International Journal of Modern Engineering Research*. 2(3) : 1204-1208.
- Guo, Y., Zhu, Z., Qiu, Y., and Zhao, J. 2013. Enhanced Adsorption of Acid Brown 14 Dye on Calcine Mg/Fe Layered Double Hydroxide with Memory Effect. *Chemical Engineering Journal*. 219(1): 69-77.
- Gupta, S., Agarwal, D.D., and Banerjee, S. 2012. Lithium Aluminium Layered Double Hydroxides: Synthesis and Application in Poly (Vinyl Chloride). *International Journal of Polymeric Materials*. 61(13): 985-998.
- Hajar, E.W., Sitorus, R.S., Mulianingtias, N., and Welan F.J. 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi* 5(1): 1-7.
- Handayani, L.W., Riwayati, I., dan Ratnani, R.D. 2015. Adsorpsi Pewarna Metilen Biru Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Jurnal momentum*. 11(1) : 19-23.
- Huda, T dan Yulitaningtyas, T.K. 2018. Kajian Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *Ind. J. Chem. Anal.* 01(01):09-19.
- Jia, P., Tan, H., Liu, K., and Gao, W. 2017. Adsorption Behavior of Methylene Blue By Bone Char. *International Journal of Modern Physics B*. 31(16): 1-5.
- Kant, R. 2012. Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard. *Journal of Natural Science*. 4(1) : 22-26.
- Kubo, D., Tadanaga, K., Hayashi, A., and Tatsumisago, M. 2012. Hydroxide Ion Conduction in Ni-Al Layered Double Hydroxides. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 671: 102-105.
- Lazzari, L.K., Zimmermann, M.V.G., Perondi, D., Zampieri, V.B., Zattera, A.J., and Santana, R.M.C. 2019. Production of Carbon Foams from Rice Husk. *Journal of Materials Research*. 22(1): 1-6.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., and Crowley, D. 2011. Biochar Effects on Soil Biota – A Review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(9) 1812-1836.

- Lei, C., Pi, M., Kuang, P., Guo, Y., and Zhang, F. 2017. Organic dye removal from aqueous solutions by hierarchical calcined Ni-Fe layered double hydroxide: Isotherm, kinetic and mechanism studies. *Journal of Colloid and Interface Science*. 496(10): 158-166.
- Lestari, I., Yesicha, N.T., dan Farid. 2019. Amobilisasi Biji Durian (*Durio Zibethinus*) dalam Ca-Alginat sebagai Biosorben Zat Warna Metilen Biru. *Chempublish Journal* 4(1). 19-29.
- Li, M., Zhu, J.E., Zhang, L., Chein, X., Zhang, H., Zhang, F., Xu, S., and Evans, D.G. 2011. Facile Synthesis of NiAl-Layered Double Hydroxide/Graphene Hybrid with Enhanced Electrochemical Properties for Detection of Dopamine. *Nanoscale*. 3(10): 4240-4246.
- Li, R., Wang, J.J., Zhou, B., Awasthi, M.K., Ali, A., Zhang, Z., Gaston, L.A., Lahori, A.H., and Mahar, A. 2016. Enhancing Phosphate Adsorption by Mg/Al Layered Double Hydroxide Functionalized Biochar with Different Mg/Al Ratios. *Journal of Science of the Total Environment*. 559: 121-129.
- Lu, Z., Xu, W., Zhu, W., Yang, Q., Lei, X., Liu, J., Li, Y., Sun, X., and Duan, X. 2014. Three-dimensional NiFe Layered Double Hydroxide Film for High-efficiency Oxygen Evolution Reaction. *Journal of the Royal Society of Chemistry*. 50(1): 28171-28175.
- Maihendra., Fadli, A., dan Zultiniar. 2016. Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb^{2+} Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jom FTEKNIK* 3(2): 1-5.
- Mamat, M., Abdullah, M.A., Jaafar, A.M., Rahman, R.A., and Safuan, S.S. 2018. Synthesis of Nickel/Aluminium-Layered Double Hydroxide As Potential Adsorbent for Methyl Orange and Crystal Violet Dyes. *IJRTE*. 7(452): 223-226.
- Manukyan, K.V., Cross, A.J., Yeghishyan, A.V., Rouvimov, S., Miller, J.J., Mukasyan, A.S., and Wolf, E.E. 2015. Highly Stable Ni- Al_2O_3 Catalyst Prepared from a Ni-Al Layered Double Hydroxide for Ethanol Decomposition Toward Hydrogen. *Application Catalysis*. 508(1): 37-44.
- Marsyahyo, E. 2009. Analisis *Brunnaeur Emmet Teller* (BET) Topografi Permukaan Serat Rami (*Boehmerianivea*) untuk Media Penguatan pada Bahan Komposit. *Jurnal Flywheel*. 2(2): 33-42.
- Meili, L., Lins. P.V., Zanta, C.L.P.S., Soletti, J.I., Ribeiro, L.M.O., Dornelas, C.B., Silva, T.L., and Vieira, M.G.A. 2019. MgAl-LDH/Biochar Composites for

- Methylene Blue Removal by Adsorption. *Journal of Applied Clay Science*. 168 (2019). 11-20.
- Mohammed, A., and Abdullah, A. 2018. Scanning Electron Microscopy (SEM): A Riveiw. *Proceedinnngs of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics*.
- Nalawade, P., Aware, B., Kadam, V.J., and Hirlekar, R,S. 2009. Layered Double Hydroxides; A Review. *Journal of Scientific and Industrisal Research*. 68(1): 267-272.
- Nergis, D.D.B., Abdullah, M.M.A., Sandu, A.V., and Vizureanu, P. 2020. XRD and TG-DTA Study of New Alkali Activated Materials Based on Fly Ash Sand and Glass Powder. *Journal of Materials*. 13(343): 1-18.
- Nimibofa, A., Augustus, E.N., and Donbebe, W. 2017. Caparative Sorption Studies of Dyes and Metla Ions by Ni/Al-Layered Double Hydroxide. *International Journal of Materials and Chemistry*. 7(2): 25-35.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 57-68.
- Oliviera, G.R.D., Fenandes, N.S., Melo, J.V.D., Silva, R.D., Urgeghe, C., and Huitle, C.A.M. 2010. Electrocatalytic Properties of Ti-supported Pt for Decolorizing and Removing dye from Synthetic Textile Wastewaters. *Journal of Chemical Engineering*. 168(2011) : 208-214.
- Oxford. 1994. *Kamus Lengkap Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Ozsoy, H.D., and Leeuwen, J.V. 2010. Removal of Color From Fruit Candy Waste by Activated Carbon Adsorption. *Journal of Food Engineering*. 101(2010) : 106-112.
- Polaczyk, A.M., Guterl, C.V., and Frackowiak, E. 2010. Carbon/Layered Double Hydrroxide (LDH) Composites for Supercapacitor Application. *Journal of Energy Fuels*. 24(1): 3346-3351.
- Prapagdee, S., Piyatiratitivorakul, S., and Petsom. 2016. Physico-Chemical Activation on Rice Husk Biochar for Enhancing of Cadmium Removal from Aqueous Solution. *Asian Journal of Water Environment and Pollution*. 13(1): 27-33.

- Rahmanian, O., Amini, S., and Dinari, M. 2018. Preparation of Zinc/Iron Layered double Hydroxide Intercalated by Citrate Anion for Capturing Lead (II) from Aqueous Solution. *Journal of Molecular Liquids*. 256: 9-15.
- Ravuru. S.S., Jana, A., and De, S. 2019. Synthesis of NiAl-Layered Double Hydroxide with Nitrate Intercalation: Application in Cyanide Removal from Steel Industry Effluent. *Journal of Hazardous Material*. 5(373): 791-800.
- Rohaeti, E.2009. Karakterisasi Biodegradasi Polimer. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Penerapan Mipa*.
- Sakinah, S., Bahruddin, dan Zultiniar. 2016. Pengaruh Diameter dan Panjang Serat Pelepah Sawit Terhadap Sifat dan Morfologi Wood plastic Composite (WPC). 3(2):1-8.
- Sapei, L., Padmawijaya, K.S., Sutejo, A., dan Theresia, L. 2015. Karakterisasi Silika Sekam Padi dengan Variasi Temperatur Leaching Menggunakan Asam Asetat. *Jurnal Teknik Kimia*. 9(2): 38-43.
- Shabaan, A., Se, S.M., Mitan, N.M., and Dimin, M.F.Characterization of Biochar Derived from Rubber Wood Sawdust Through Slow Pyrolysis on Surface Porosities and Functional Groups. *Procedia Engineering*.
- Shahryari, Z., Goharrizi, A.S., and Azadi, M. 2010. Experimental Study of Methylene Blue Adsorption from Aqueous Solutions onto Carbon Nano Tubes. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 2(2): 16-28.
- Shan, R.R., Yan, L.G., Yang, Y.M., Yang. K., Yu, S.J., Yu, H.Q., Zhu, B.C., and Du,B. 2015. Highly Efficient Removal of Three Red Dyes by Adsorption Onto Mg/Al Layered Double Hydroxide. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 21(1): 561-568.
- Smith, J.L., Collins, H.P., and Bailey, V.L. 2010. The Effect of Young Biochar on Soil Respiration. *Soil Biology and Biochemistry*. 42(12): 2345-2347.
- Sinaga, R.S., Purrwonugroho, D., Darjito. 2015. Adsorpsi Seng(II) oleh Biomassa *Azolla microphylla* Diesterifikasi dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl. *Kimia Student Journal*. 1(1): 629-635.
- Singh, A., Singh, A.P., Singh, S.K., Rai, S., and Kumar, D. 2016. Impact of Addition of Biochar Along with PGPR on Rice Yield, Availabilitu of Nutrients and their Uptake in Alluvial Soil. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 10(3): 2181-2188.

- Supriyanto, C dan Muzakky. 2010. Proses Desorpsi Logam Berat pada Sedimen Sungai Daerah Muria dengan Pelarut Asam. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* 13(1): 11-18.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H.A. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*. 12(1): 11-20.
- Taher, T., Irianty, Y., Mohadi, R., Said, M., Andreas, R., and Lesbani, A. 2019. Adsorption of Cadmium(II) Using Ca/Al Layered Double Hydroxides Intercalated with Keggin Ion. *Indonesia Journal Chemistry*. 19(4). 873-881.
- Trupiano, D., Coccozza, C., Baronti, S., Amendola, C., Vaccari, F.P., Lustrato, G., Lonardo, S.D., Fantasma, F., Tognetti, R., and Scippa1, G.S. 2017. The Effects of Biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca Sativa L*) Growth, Soil Properties and Soil Microbial Activity and Abundance. *International Journal of Agronomy*. 1(5): 1-12.
- Tutu, R., Subaer., dan Usman. 2015. Studi Analisis Karakterisasi dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili di Kabupaten Pinrang. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 11(2): 192-201.
- Volensky, Bohumil, and V. Diniz. 2005. *Desorption Of Lanthanum, Europium and Ytterbium From Sargasum*. McGill University. Canada.
- Wan, S., Wang, S., Li, Y., and Gao, B. 2016. Functionalizing Biochar with Mg-Al and Mg-Fe Layered Double Hydroxides for Removal of Phosphate from Aqueous Solutions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 47(1): 246-153.
- Wang, Q., and O'Hare, D. 2012. Recent Advances in the Synthesis and Application of Layered Double Hydroxide (LDH) Nanosheets. *Chem Rev*. 112(7): 4124-4155.
- Xue, L., Gao, B., Wan, Y., Fang, J., Wang, S., Li, Y., Carpena, R.M., and Yang, L. 2016. High Efficiency and Selectivity of MgFe-LDH Modified Wheat-strawbiochar in the Removal of Nitrate from Aqueous Solutions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineer*. 63 (2016): 312-317.
- Yang, F., Zhang, S., Sun, Y., Tsang, D.C.W., Cheng, K., and Ok, Y.S. 2019. Assembling Biochar with Various Layered Double Hydroxides for Enhancement of Phosphorus Recovery. *Journal of Hazardous Materials*. 365: 665-673.

- Zhang, M., Gao, B., Fang, J., Creamer, A.E., and Ullman, J.L. 2014. Self-assembly of Needle-like Layered Double Hydroxide (LDH) Nanocrystals on Hydrochar: Characterization and Phosphate Removal Ability. *Journal of the Royal Society of Chemistry*. 4(53): 28171-28175.
- Zhao, Y., Xiao, F., and Jiao. 2011. Hydrothermal Synthesis of Ni/Al Layered Double Hydroxide Nanorods. *Hindawi Publishing Corporation*.
- Zheludkevich, M.L., Poznyak, S.K., Rodrigues, L.M, Raps, D., Hack, T., Dick, L.F., Nunes, T., and Ferreira, M.G.S. 2010. Active Protection Coatings With Layered Double Hydroxide Nanocontainers of Corrosion Inhibitor. *Journal of Corrosion Science*. 52(2) 602-611.

