

SKRIPSI

**KOMBINASI KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT DAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa
oleifera*) DENGAN PROSES *AERASI* MENGGUNAKAN *TRAY
AERATOR* TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN BIOLOGI
AIR RAWA**

***EFFECT OF ACTIVE CARBON COMBINATION FROM OIL
PALM BUNCHES AND POWDER SEED OF MORINGA
(Moringa oleifera) WITH AERATION PROCESS USING TRAY
AERATOR AGAINST PHYSICAL, CHEMISTRY AND BIOLOGIC
PROPERTIES OF SWAMP WATER***

**Muhammad Azis
05031381419065**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SKRIPSI

KOMBINASI KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) DENGAN PROSES *AERASI* MENGGUNAKAN *TRAY AERATOR* TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN BIOLOGI AIR RAWA

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian Pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**

**Muhammad Azis
05031381419065**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SUMMARY

MUHAMMAD AZIS. *Effect of Active Carbon Adsorbent Combination from oil palm bunches activated with ZnCl₂ and koagulan powder seed of moringa (Moringa oleifera) with aeration process using tray aerator against physical, chemistry and biologic properties of swamp water (Supervised by UMI ROSIDAH and GATOT PRIYANTO).*

The objective of this research was to determine the effect of the combination of activated carbon adsorbent from oil palm empty bunches which were activated with ZnCl₂ and Moringa oleifera powder coagulant by aeration using an aerator tray on the physical, chemical and biological properties of swamp water. The experiment used a Factorial Completely Randomized Design (RALF) with three treatment factors and each treatment was repeated three times. The first factor is the aeration time (A) which consists of two treatment levels, namely A₁: 5 minutes and A₂: 15 minutes, the second treatment factor is the concentration of oil palm empty fruit bunch (B) adsorbent which consists of three treatment levels, B₁: 5 g / L B₂: 10 g / L and B₃: 15 g / L and the third treatment factor is the concentration of moringa seed powder (C) which consists of four levels of treatment namely C₁: 10 g / L C₂: 15 g / L C₃: 20 g / L and C₄: 25 g / L. The parameters observed in the study included physical properties (TDS and turbidity), chemical properties (Iron (Fe), Manganese (Mn), Organic Substances (KMnO₄) and pH) and biological properties (E. coli content). The aeration treatment with an aerosol tray adsorbent activated carbon palm oil bunches and coagulant of Moringa seed powder significantly affected the turbidity of pH, TDS, KMnO₄ and Fe. Interaction The treatment of aeration with tray of aerator and adsorbent activated carbon palm oil bunches had a significant effect on pH and TDS. Interaction Aeration treatment with tray aerator and coagulant of Moringa seed powder significantly affected TDS and Interaction Aeration treatment with tray aerator, activated carbon adsorbent palm oil bunches and coagulant of Moringa seed powder significantly affected pH. Based on all parameters, A₂B₃C₄ treatment with 15 minutes aeration time, 15 g / L adsorbent concentration and 25 g / L Moringa seed powder coagulant. It is the best treatment by producing turbidity test results of 0.31 NTU, results of 236.67 mg / ℓ TDS test, pH test results 7.03 KMnO₄ test results 11.80 mg / L, yield Fe test 0.07 mg / L and Mn 0.0012 mg / L.

Keywords: Aeration, coagulant, adsorbent, tray aerator, Moringa seed powder, activated carbon, palm bunches.

RINGKASAN

MUHAMMAD AZIS. Kombinasi adsorben karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang di aktifasi dengan $ZnCl_2$ dan koagulan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan proses *aerasi* menggunakan *tray aerator* terhadap sifat fisik, kimia dan biologi air rawa (Dibimbing oleh **UMI ROSIDAH dan GATOT PRIYANTO**).

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi adsorben karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit yang diaktifasi dengan $ZnCl_2$ dan koagulan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan proses *aerasi* menggunakan *tray aerator* terhadap sifat fisik, kimia dan biologi air rawa. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan tiga faktor perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Faktor yang pertama ialah lama *aerasi* (A) yang terdiri dari dua taraf perlakuan yaitu A_1 : 5 Menit dan A_2 : 15 Menit, faktor perlakuan yang kedua adalah konsentrasi adsorben tandan kosong kelapa sawit (B) yang terdiri dari tiga taraf perlakuan yaitu B_1 : 5 g/L B_2 : 10 g/L dan B_3 : 15 g/L dan faktor perlakuan yang ketiga adalah konsentrasi serbuk biji kelor (C) yang terdiri dari empat taraf perlakuan yaitu C_1 : 10 g/L C_2 : 15 g/L C_3 : 20 g/L dan C_4 : 25 g/L. Parameter yang diamati dalam penelitian meliputi sifat fisik (TDS dan kekeruhan), sifat kimia (Besi (Fe), Mangan (Mn), Zat Organik ($KMnO_4$) dan pH) dan sifat biologi (kandungan *E.coli*). Perlakuan *aerasi* dengan *tray aerator*, adsorben karbon aktif tandan kelapa sawit dan koagulan serbuk biji kelor berpengaruh nyata terhadap kekeruhan pH, TDS, $KMnO_4$ dan Fe. Interaksi Perlakuan *aerasi* dengan *tray aerator* dan adsorben karbon aktif tandan kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap pH dan TDS. Interaksi Perlakuan *aerasi* dengan *tray aerator* dan koagulan serbuk biji kelor berpengaruh nyata terhadap TDS dan Interaksi Perlakuan *aerasi* dengan *tray aerator*, adsorben karbon aktif tandan kelapa sawit dan koagulan serbuk biji kelor berpengaruh nyata terhadap pH. Berdasarkan seluruh parameter, perlakuan $A_2B_3C_4$ dengan lama *aerasi* 15 menit, konsentrasi adsorben 15 g/L dan koagulan serbuk biji kelor 25 g/L. Merupakan perlakuan terbaik dengan menghasilkan hasil uji kekeruhan 0,31 NTU, hasil uji TDS 236,67 mg/l, hasil uji pH 7,03, hasil uji $KMnO_4$ 11,80 mg/L, hasil uji Fe 0,07 mg/L dan Mn 0,0012 mg/L.

Kata kunci : *Aerasi*, koagulan, adsorben, *tray aerator*, serbuk biji kelor, karbon aktif, tandan sawit.

LEMBAR PENGESAHAN

KOMBINASI KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) DENGAN PROSES AERASI MENGGUNAKAN TRAY AERATOR TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN BIOLOGI AIR RAWA

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi Pertanian
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:
Muhammad Azis
05031381419065

Indralaya, Januari 2019

Menyetujui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Umi Rosidah, M.S.
NIP.196011201986032001

Pembimbing II

Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.S.
NIP. 196005291984031004

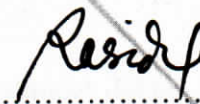


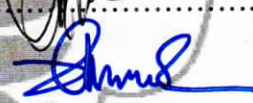
Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc.
NIP 196012021986031003

Skripsi dengan judul “Kombinasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Proses *Aerasi* Menggunakan *Tray Aerator* Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Air Rawa” oleh Muhammd Azis telah dipertahankan dihadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 08 Januari 2019 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

- | | | |
|---|------------|--|
| 1. Dr. Ir. Hj. Umi Rosidah, M.S.
NIP.196011201986032001 | Ketua | () |
| 2. Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.S.
NIP. 196005291984031004 | Sekretaris | () |
| 3. Prof. Dr. Ir. Rindit Pambayun, M.P.
NIP. 195612041986011001 | Anggota | () |
| 4. Hermanto, S.TP.,M.Si.
NIP 196911062000121001 | Anggota | () |

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian
29 JAN 2019

Indralaya, Januari 2019
Kordinator Program Studi
Teknologi Hasil Pertanian



Dr. Ir. Edward Saleh, M.S.
NIP 196208011988031002

Dr. Ir. Tri Wardani Widowati, M.P.
NIP 196305101987012001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Azis
NIM : 05031381419065
Judul : Kombinasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Proses *Aerasi* Menggunakan *Tray Aerator* Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Air Rawa

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam laporan skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak siapapun.



Palembang, Januari 2019



Muhammd Azis

RIWAYAT HIDUP

MUHAMMAD AZIS. Lahir pada tanggal 31 Mei 1995 di Kota Palembang, Sumatera Selatan. Anak Pertama dari delapan bersaudara . Kedua orang tua penulis bernama bapak Muhammad Rafli Rasyidone dan ibu Evi Karlina

Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis yaitu Pendidikan sekolah dasar di Sekolah Dasar Kasemen Serang Banten selama 6 tahun dinyatakan lulus pada tahun 2008. Pendidikan menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Bayung Lencir selama 3 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2011. Pendidikan menengah atas di Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Sekayu selama 3 tahun dinyatakan lulus pada tahun 2014.

Penulis pada bulan Agustus 2014 tercatat sebagai mahasiswa pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur Ujian Seleksi Mandiri.

Penulis melaksanakan Praktek Lapangan di PDAM Tirta Musi Palembang Sumatera Selatan pada April 2018. Penulis juga mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Berkat Kecamatan Sirih Pulau Padang Kabupaten Ogan Komreng Ilir pada bulan Desember 2017 hingga Januari 2018.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis tujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karuniaNya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menselesaikan studi pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Judul Skripsi ini adalah “Kombinasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Proses *Aerasi* Menggunakan *Tray Aerator* terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Biologi Air Rawa”. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing ibu Ir. Hj. Umi Rosidah, M.S. dan bapak Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.S yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya demi mendapatkan hasil yang baik. Ungkapan terima kasih juga penulis tujukan kepada kedua orang tua, keluarga dan teman-teman atas segala doa dan dukungan untuk penyelesaian penyusunan proposal penelitian ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bila ada kekurangan dalam penulisan proposal ini dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, Desember 2018

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan puji dan syukur kepada Allah SWT yang memberikan ridho dan rahmat-Nya, serta orang-orang yang berdedikasi selama masa perkuliahan penulis. Ucapan terima kasih yang tulus ini diberikan kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tersayang dan adik-adik tercinta; Febri, Sinta, Riska, Rafli, Irfan, Ridho dan Rizky yang telah memberikan do'a, semangat dan motivasi secara spiritual, moril, dan materil dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian.
2. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya atas waktu dan bantuan yang diberikan kepada penulis selaku mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
3. Yth. Bapak Dr. Ir. Edward Saleh, M.S selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian, yang telah meluangkan waktu, bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
4. Yth. Bapak Hermanto, S.TP, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
5. Yth. Ibu Dr. Ir. Hj. Tri Wardani Widowati, M.P selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan Bapak Dr. Ir. Tri Tunggal, M.Agr selaku Ketua Program Studi Teknik Pertanian, yang telah memberikan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
6. Yth. Ibu Dr. Ir. Hj. Umi Rosidah, M.S. selaku pembimbing akademik dan praktik skripsi dan pembimbing praktik lapangan, Yth. Bapak Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.S. selaku pembimbing kedua skripsi, yang telah meluangkan waktu serta memberikan semangat, kesabaran, nasihat, bantuan, bimbingan, dan motivasi selama masa perkuliahan, perencanaan penelitian, hingga selesai.
7. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Rindit Pambayun, M.P. dan Yth. Bapak Hermanto, S.TP., M.Si. selaku pembahas dan penguji skripsi yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan saran dalam penyusunan skripsi penulis.
8. Yth. seluruh Dosen Jurusan Teknologi Pertanian yang telah membimbing, mendidik, dan mengajarkan ilmu pengetahuan di bidang Teknologi Pertanian.

9. Staf administrasi akademik kampus Pertanian Indralaya dan Palembang (Pak Udin, Pak Nanung, Kak Is, dan Mbak Siska), staf akademik dan laboratorium Jurusan Teknologi Pertanian (Kak Jhon, Kak Oji, Kak Hendra, Mbak Tika, Mbak Lisma, dan Mbak Elsa) atas segala bantuan yang telah diberikan.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan; Kodrat, Hafiz, Yuma, Rully, Wanda, Azi, Dwi, Muslim dan Fajri terimakasih telah memberikan semangat, memberikan dukungan dan berbagi suka duka, canda dan tawa selama ini.
11. Sahabat seperjuangan kuliah; Widya, Abi, Yoga, Guruh, Kukuh, dan semua teman angkatan 2014 THP Palembang Terimakasih telah membantu dan menemani selama penelitian ini, memberikan semangat dan dukungan serta berbagi suka duka, dan menjadi rumah kedua yang tak terlupakan selama masa kuliah ini.
12. Kakak-kakaku tercinta Pengejar Surga Squat : Kak Martien, Kak Daniel, Kak Aprian, Kak Mardini, Kak Ayu dan Kak Risa terimakasih telah memberikan semangat dan dukungan.
13. Adik-Adik Teknik Hasil Pertanian 2015, 2016, 2017 dan 2018 terimakasih telah membantu selama penelitian ini.
14. Seluruh Mahasiswa Teknologi Pertanian angkatan 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 dan 2018 yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Palembang, Januari 2019
Penulis

Muhammad Azis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan	5
1.3. Hipotesis.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air Bersih	6
2.2. Karbon Aktif.....	6
2.3. Tandan Kosong Kelapa Sawit	10
2.4. Tray Aerator	11
2.5. Air Rawa.....	12
2.6. Tanaman Kelor	13
2.7. Baku Mutu Air.....	14
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	18
3.1. Waktu dan Tempat.....	18
3.2. Alat dan Bahan.....	18
3.3. Metode Penelitian	18
3.4. Analisa Statistik.....	19
3.5. Cara Kerja.....	22
3.5. Parameter.....	24
BAB 4 PEMBAHASAN	28
4.1. Air Rawa.....	28
4.2. Kekeruhan.....	29
4.3. Total Dissolved Solid (TDS	34
4.4. pH	41

4.5. Zat Organik (KMnO ₄).....	48
4.6. Total Fe	51
4.7. Total Mn.....	60
4.8. Escherichia coli.....	65
BAB 5 KESIMPULAN	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Satatistik	20
Tabel 4.1. Hasil Uji Air Rawa	28
Tabel 4.2. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi adsorben terhadap kekeruhan air rawa	31
Tabel 4.3. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi serbuk biji kelor terhadap kekeruhan air rawa	32
Tabel 4.4. Uji lanjut BNJ 5% perlakuaninteraksi lama aerasi dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap kekeruhan air rawa. ..	34
Tabel 4.5. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi adsorben terhadap TDS air rawa.	36
Tabel 4.6. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi serbuk biji kelor terhadap TDS air rawa.....	37
Tabel 4.7. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi lama aerasi dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap TDS air rawa.	38
Tabel 4.8. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi lama <i>aerasi</i> dengan konsentarsi adsorben terhadap TDS air rawa.	39
Tabel 4.9. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi konsentarsi adsorben dengan konsentrasi koagulan serbuk biji kelor terhadap TDS air rawa.....	40
Tabel 4.10. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan lama <i>aerasi</i> terhadap pH air rawa.	42
Tabel 4.11. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi adsorben terhadap pH air rawa.	43
Tabel 4.12. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi serbuk biji kelor terhadap pH air rawa.	43
Tabel 4.13. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi lama aerasi dengan konsentarsi adsorben terhadap pH air rawa.	44

Tabel 4.14. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi konsentrasi adsorben dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap pH air rawa.	46
Tabel 4.15. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi antara aerasi dan konsentrasi adsorben dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap pH air rawa	47
Tabel 4.16. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi adsorben terhadap Nilai KMnO4 air rawa.....	50
Tabel 4.17. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi serbuk biji kelor terhadap Nilai KMnO4 air rawa.....	51
Tabel 4.18. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan lama aerasi konsentrasi adsorben terhadap Nilai Total Fe air rawa.....	53
Tabel 4.19. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi adsorben terhadap Nilai Total Fe air rawa.....	54
Tabel 4.20. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan konsentrasi serbuk biji kelor terhadap Nilai Total Fe air rawa	56
Tabel 4.21. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi antara aerasi dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap Nilai total Fe air rawa.	57
Tabel 4.22. Uji lanjut BNJ 5% perlakuan interaksi antara aerasi dengan konsentarsi serbuk biji kelor terhadap Nilai total Fe air rawa.	59
Tabel 4.23. Uji BNJ 5% pengaruh lama aerasi terhadap Mn	62
Tabel 4.24. Uji BNJ 5% pengaruh konsentrasi adsorben terhadap Mn....	63
Tabel 4.25. Uji BNJ 5% pengaruh lama aerasi dan konsentrasi adsorben terhadap Mn	64
Tabel 4.26. Hasil Uji kualitatif <i>E.coli</i> sampel air rawa.....	66

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Proses Adsorpsi pada (Karbon Aktif) Transfer molekul Adsorbat ke Adsorben	9
Gambar 2.3. Karbon Aktif	10
Gambar 2.3. <i>Tray Aerator</i>	12
Gambar 2.4. Biji Kelor.....	14
Gambar 4.1. Nilai kekeruhah (NTU) rata-rata Air Rawa A ₁	29
Gambar 4.2. Nilai kekeruhah (NTU) rata-rata Air Rawa A ₂	30
Gambar 4.3. Nilai TDS (mg/L) rata-rata Air Rawa A ₁	35
Gambar 4.4. Nilai TDS (mg/L) rata-rata Air Rawa A ₂	36
Gambar 4.5. Nilai pH rata-rata Air Rawa A ₁	41
Gambar 4.6. Nilai pH rata-rata Air Rawa A ₂	41
Gambar 4.7. Nilai KMnO ₄ rata-rata Air Rawa A ₁	49
Gambar 4.8. Nilai KMnO ₄ rata-rata Air Rawa A ₂	49
Gambar 4.9. Nilai Total Fe rata-rata Air Rawa A ₁	52
Gambar 4.10. Nilai Total Fe rata-rata Air Rawa A ₂	53
Gambar 4.11. Nilai Total Mn rata-rata Air Rawa A ₁	61
Gambar 4.12. Nilai Total Mn rata-rata Air Rawa A ₂	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan Alir Pembuatan Karbon Aktif Tandan Kelapa Sawit..	79
Lampiran 2. Pembuatan Larutan Koagulan Serbuk Biji.....	80
Lampiran 3. Bagan Alir Pengujian pada Sampel Air Rawa.....	81
Lampiran 4. Data hasil analisa keragaman kekeruhan	82
Lampiran 5. Data hasil analisa keragaman total dissolved solid.....	86
Lampiran 6. Data hasil analisa keragaman pH.....	91
Lampiran 7. Data hasil analisa keragaman KMnO_4	97
Lampiran 8. Data hasil analisa keragaman Fe.....	100
Lampiran 9. Data hasil analisa keragaman Mn	105
Lampiran 10. Foto Sampel.....	109

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia di bumi ini. Sesuai dengan kegunaannya, air dipakai sebagai air minum, mandi, mencuci, transportasi baik di sungai maupun di laut. Air juga dipergunakan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Pengadaan air bersih di Indonesia khususnya untuk skala yang besar masih terpusat di daerah perkotaan, dan dikelola oleh Perusahaan Air Minum (PAM) kota yang bersangkutan. Namun demikian secara nasional jumlahnya masih relatif kecil dan dapat dikatakan belum mencukupi (Yudo, 2005). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata-rata secara wajar adalah 60 L/orang/hari untuk segala keperluannya dan kebutuhan air bersih dari tahun ke tahun diperkirakan akan terus meningkat. Menurut Suripin (2002), pada tahun 2000 dengan jumlah penduduk dunia sebesar 6,121 milyar diperlukan air bersih sebanyak 367 km³ per hari.

Kebutuhan air yang terus meningkat mengharuskan untuk mencari alternatif untuk memperoleh air bersih yang layak dikonsumsi dari berbagai sumber, salah satunya adalah memanfaatkan air rawa. Rawa merupakan wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem (Peraturan Pemerintah Nomor 73 Tahun 2013 tentang Rawa). Air rawa banyak mengandung senyawa organik terlarut yang terdiri dari ionik dan non ionik, unsur-unsur asam seperti sulfat, klorida, dan nitrat yang melebihi kondisi normal air pada umumnya (Prahady 2014). Karakteristik air yang terdapat di daerah rawa biasanya memiliki warna merah kecoklatan, pH rendah, terdapat kandungan zat-zat organik mikrobiologi dan besi yang tinggi. Karakteristik air rawa dengan kekeruhan 6.57 NTU, pH 5,5, Kesadahan 3,2 mg/l,

KmnO_4 13 mg/l, besi (Fe) 4,85 mg/l, Mangan (Mn) 0,7 mg/l dan zat organik sebesar 22,28 mg/l (Said *et al.*, 2008)

Dari karakteristik air rawa, air rawa terkategori air yang tidak layak digunakan ataupun dikonsumsi. Menurut ketentuan WHO maupun Departemen kesehatan setempat serta ketentuan-ketentuan lainnya yang berlaku seperti APHA (*American Public Health Association* atau Asosiasi Kesehatan Masyarakat AS), Kelayakan air dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia ditentukan sesuai dengan persyaratan kualitas secara fisik, kimia dan biologis. Karakteristik secara fisik meliputi kekeruhan, bau dan rasa secara kimia meliputi derajat keasaman (pH), Alkalinitas dan tingkat kesadahan dan karakter biologis meliputi kandungan bakteri pada air, jenis bakteri yang dihindari untuk air minum adalah jenis bakteri *Escherichia coli* yang merupakan kloroform yang dijadikan indikator dalam penentuan kualitas air minum, oleh karena itu diperlukan pengolahan lanjutan untuk air rawa dan selanjutnya layak untuk digunakan hingga dikonsumsi.

Pengolahan air untuk menjadi air bersih hingga air layak konsumsi melalui banyak tahapan atau proses, menurut Hafni (2012) secara umum pengolahan air di bagi menjadi tiga tahapan, yang pertama pengendapan, kedua penjernihan dan yang ketiga penyaringan. Selain itu, penjernihan air hingga layak digunakan dapat dilakukan dengan menggunakan adsorben, melalui proses adsorpsi. Kamal (2014) menyatakan adsorpsi adalah menempelnya molekul lain pada permukaan suatu padatan. Permukaan suatu zat padat memiliki kecenderungan untuk menyerap atau menarik moleku-molekul lain seperti molekul gas atau molekul cairan. Zat padat pada proses adsorpsi ini disebut sebagai adsorben, sedangkan molekul lain yang terserap pada permukaan zat padat disebut sebagai adsorbat. Dari sini dapat diambil analisa bahwa, penggunaan adsorben dapat menyerap zat padat yang ada pada air rawa dan dugaan awalnya adsorben dapat meningkatkan mutu air rawa. Uji terdahulu mengenai penjernihan air menggunakan adsorben oleh Fatahilah dan Raharjo (2007) menunjukkan perubahan yang signifikan. Adsorben dapat mengurangi tingkat turbiditas sebesar 72,76% menaikkan nilai pH sebesar 3,2% dan juga dapat mengurangi kandungan besi sebesar 75,67%. Namun dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ftahila dan Raharjo (2007), adsorben yang digunakan berupa kombinasi dari karbon aktif dan zeloit pada

sistem penyaring saringan pasir. Zeloit sendiri memiliki harga yang cukup mahal jika digunakan sebagai adsorben air.

Indonesia mempunyai lahan kelapa sawit yang luas, banyaknya lahan kelapa sawit di Indonesia seluas 6,7 juta hektar pada 2007 dan menjadi 7,4 juta hektar pada tahun 2008 pada desember 2016, Indonesia mempunyai luas lahan kelapa sawit sebanyak 11 juta hektar dan akan terus meningkat mengingat target pemerintah 40 juta ton CPO 2020. Menurut data yang dikeluarkan Badan Pusat Statistik pada tahun 2012, produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 22.508.011 ton. Laju produksi kelapa sawit yang tinggi ini mengakibatkan pabrik kelapa sawit menghasilkan banyak limbah, baik dalam bentuk padat maupun cair (Rachmani dan Sudibandriyo 2014). Perkebunan kelapa sawit, yang terus meningkat searah dengan jumlah limbah yang diproduksi dari tiap perusahaannya, salah satunya tandan kelapa sawit.

Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*) selalu menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit dan belum dimanfaatkan secara optimal oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit. Tandan kelapa sawit termasuk golongan limbah kelapa sawit yang bernilai rendah jika di bandingkan dengan limbah kelapa sawit yang lain seperti cangkang kelapa sawit, padahal dalam setiap pengolahan satu ton tandan buah akan dihasilkan Tandan kosong sebanyak 21% sampai 23%. Pada tahun 2011, jumlah limbah tandan kosong kelapa sawit mencapai 5.176.842,53 ton (Badan Pusat Statistik. 2012.) atas dasar itu, jika tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan akan memberikan nilai tambah pada perusahaan dan ikut menjaga kelestarian lingkungan. Pemanfaatan lain tandan kosong kelapa sawit dapat dilakukan dengan cara menjadikan tandan kosong kelapa sawit karbon aktif atau adsorben penjernih air.

Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Bahan-bahan tersebut adalah berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi dan lainnya (Pambayun *et al*, 2013), tidak terkecuali tandan kosong kelapa sawit. Menurut Hayati dan Andayani (2014), tandan kosong kelapa sawit mengandung 59.7% selulosa, 22.1% Hemiselulosa, dan 18.1% selain itu hasil uji analisis ultimate

biomassa menunjukkan bahwa tandan kelapa sawit mengandung 48,79% karbon. Karena memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi, sebenarnya tandan kelapa sawit merupakan bahan yang potensial apabila ingin dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif (Rachmani dan Sudibandriyo, 2014) Namun dalam uji terdahulu yang dilakukan oleh Rahmawati dan Novrian (2016), penggunaan adsorben karbon aktif dinilai kurang efektif dalam menurunkan kadar Fe dan Mn pada air sehingga diperlukan kombinasi perlakuan lain untuk memenuhi baku mutu air yang layak digunakan. Salah satu perlakuan kombinasi yang dapat digunakan adalah menambahkan koagulan pada air dan melakukan *aerasi* pada air. Salah satu koagulan alami yang mudah ditemui adalah serbuk biji kelor. Menurut Ramdhani *et al.*, (2013) Serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) mengandung beberapa sifat koagulan. Manfaatnya sebagai koagulan penjernihan air memiliki efek yang sama seperti alum atau tawas, selain itu keunggulan lain serbuk biji kelor adalah bersifat antimikroba.

Selanjutnya dari sekian banyak cara yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam pada air salah satunya adalah dengan melakukan proses *aerasi*. *Aerasi* mudah untuk dilakukan dan teknologi yang digunakan cukup sederhana dan ramah lingkungan, dengan adanya proses *aerasi* maka kandungan logam mineral berlebih yang terdapat di dalam air dapat diturunkan (Lutfihana dan Purnomo, 2015). *Aerasi* adalah suatu proses penambahan udara atau oksigen ke dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air) (Rasman dan Saleh, 2016).

Oleh karena itu, diperlukan sebuah uji, dan analisa fisik, kimia dan biologi terhadap kualitas air rawa setelah berinteraksi dengan karbon aktif tandan kosong kelapa sawit, serbuk biji kelor dan *aerasi* dengan *Tray Aerator* maka penulis berkesimpulan untuk melakukan penelitian yang berjudul “Kombinasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Proses *Aerasi* Menggunakan *Tray Aerator* terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Biologi Air Rawa”.

1.1. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit dan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan proses *aerasi* menggunakan *tray aerator* terhadap sifat fisik, kimia dan biologi air rawa.

1.2. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah diduga konsentrasi adsorben dan koagulan dengan lama *aerasi* diduga berpengaruh nyata terhadap sifat fisik, kimia dan biologi air rawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Edisi 1. Yogyakarta.
- Agriva, T., dan Abdulhaq, A. 2011. Pemanfaatan Serbuk Daun Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Konsentrasi Turbidity, TSS, BOD, dan COD, dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Pengolahan Industri*. 1(4):28-36.
- Agustina, S. 2004. *Kajian Proses Aktivasi Ulang Arang Aktif Bekas Adsorpsi Gliserin Denganmetode Pemanasan* [Tesis Program Magister]. Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Akbar, M., Irwan, S., dan Anang, W. 2015. Efektifitas Biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai koagulan besi (Fe) dan Kalsium. *Jurnal akad kim*. 4(2): 64-70.
- Alamsyah, S. 2006. *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air Untuk Rumah Tangga*. Kawan Pustaka. Jakarta.
- Amagloh, F. K., dan Yarn, A. 2009. Effectiveness of Moringa oleifera Seed as Coagulant for Water Purification. *African Journal of Agricultural Research*. 4 (1): 119-123.
- APHA. 1992. *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Washington DC. United State of America.
- Arsawan, M., Suyasa, A., dan Suarna. 2007. Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(2):116-125
- Aslamiayah, S., Yulianti, E., dan Jannah, A. 2013. Aktifasi Koagulasi Eksrak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L) dalam Larutan NaCl Terhadap Limbah Cair IPAL PT. Sier Pier Pasuruan. *Alchemy*. 3(2) : 178-183.
- Asmadi, A., Khayan S., dan Heru, K. 2011. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Gosyen Publishing. Yogyakarta.
- Azamia, M., dan Pamungkas, A. 2012. Pengolahan Limbah Cair Labolatioium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik (KMnO_4) Serta Logam Berat Fe Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi. *Jurnal Pengolahn Industri*. 2(2):46-53.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1990. *Sistem Lahan Pasang Surut dan Rawa*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Proyek Penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa Swamps II. Palembang.
- BPS. 2012. *Produksi Kelapa Sawit*. Badan Pusat Statistik Nasional. Republik Indonesia.

- Balai Teknis Air Minum. 1995. Buku *Petunjuk Instalasi Pengolahan Air Bersih Skala Kecil*. Ditjen cipta Karya. Kementerian PU.
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahaean, R. A., dan Ritonga, M. Y. 2013. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(1): 7–13.
- Barros, J. L. M., Maedo, G. R., Duarte, M. M. M., Silva, E. P., and Lobato. 2003. Biosorption Cadmium Using The Fungus *Asprgillus niger*, Braz, *J Chem*. 20(2):1-17.
- Benefield, L. D. 1983. *Process Chemistry for Water and Waste Water Treatment*. Prentice Hall Inc. New York. USA.
- BPLH. 2017. *Manual Book : Uji Coli*. Balai Pertanahan dan Lingkungan Hidup Sumatera Selatan.
- BSN. SNI 06-6989.22-2004. *Air dan Limbah – Bagian 22 : Cara Uji Nilai Permanganat secara Titrimetri*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- BSN. SNI 06-6989.4-2004. *Air dan Limbah – Bagian 16 : Cara Uji Besi (Fe) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- BSN. SNI 06-6989.5-2004. *Air dan Air Limbah – Bagian 5 : Cara Uji Mangan (Mn) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawan, W., Wenny, I., dan Hindarso, H. 2008. Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *Jurnal Widya Teknik*. 7(1):25-34.
- Candra, B. 2006. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Penerbit Buku Kedokteran. Palembang.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2006. *Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*. Ditjen. Jakarta.
- Depkes RI No.461/Menkes/IX/1990. *Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih*.
- Desmiarti, R., Praputri, E., dan Saputra, E. R. 2012. Pengolahan Air Sungai Dengan Metoda Koagulasi, Flokulasi Dan Filtrasi. *Jurnal Teknologi Industri*. 4(11): 98-109.
- Effendi, A., dan Saibatul, H. 2010. Teknologi Pengolahan Dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri Processing Technology And Industrial

- Utilization of Activated Carbon. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 2(2):43-52.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Elita, N. 2006. Optimasi Proses Koagulasi dan Flokulasi Pada Limbah Cair Yang Mengandung Melanoidin. *Jurnal Nasional Ilmu Dasar*. 2(6):92-101.
- Elvina, dan Zulfikar. 2013. Penurunan Konsentrasi Organik Air Gambut Ecara Aop (Advanced Oxidation Processes) Dengan Fotokimia Sinar Uv dan Uv-Peroksidasi. *Jurnal Alchemy*. 3(2):121-130
- Fahey. 2005. Moringa oleifera: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutik, and prophylactic properties. *Trees for Life Journal*. 1(5):1-15.
- Fahri, F.P. 2017. Pengaruh Suhu Dan Lama Aktifasi terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 12(2): 21-28.
- Fatahilah., dan Raharjo, I. 2007. Penggunaan karbon aktif dan zeolit sebagai komponen adsorben saringan pasir cepat (sebuah aplikasi teknologi sederhana dalam proses penjernihan air bersih). *Jurnal Zeolit Indonesia*. 6 (2) : 43-46.
- Fauziah, A., dan Adianto, F. 2010. Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat (KMnO₄) 1%. *Jurnal Teknologi*. 4(1): 36-42.
- Febrianto, R. S. 2017. Pengolahan Air Menggunakan Adsorben Megatik Kitosan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 2(8): 24-32.
- Febrina, L., dan Ayun, A. 2014. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*. 7(1): 36-44.
- Gana, R. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Ginting, E. N., Hidayat, F., dan Santoso, H. 2011 Substitusi Pupuk MoP dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Perkebunan Kelapa Sawit di Ultisol. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 19(1) :11-21.
- Hafni. 2012. Proses pengolahan air bersih pada pdam padang. *Jurnal Momentum*. 13 (2) : 12-21.

- Hartini, E. 2012. Tray Aeratir Dan Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 8(1): 42-50.
- Hartini, L., Yulianti, E., dan Mahmudah, R. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu. *Jurnal Alchemy*. 3(2): 145 – 153.
- Hartuno, T., Udiantoro, dan Agustina, L. 2014. Desain Water Treatment Menggunakan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Air Bersih Di Sungai Martapura. *Jurnal Elektronik*. 39(3) 136-143.
- Hasrianti, dan Nurasia. 2014. Analisis warna, suhu, ph dan salinitas air sumur bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*. 2(1) 747 -754.
- Hayati, E. S., dan Andayani, S. 2014. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa chromolaena odorata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah sulfaquent. *Jurnal Teknologi Pengolahan Limbah*. 17(2) : 44-52.
- Hendra, D. 2007. Pembuatan arang aktifdari limbah pembalakan kayu puspadanganteknologi produksi skala semi pilot. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 25 (2): 93-107.
- Hendra, D., dan Pari, G. 2009. *Pembuatan Arang Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Buletin Penelitian Hasil Hutan, Jakarta.
- Hidayati, H. A., dan Yusrin. 2010. Pengaruh Lama Waktu Simpan Pada Suhu Ruang (27-29°C) Terhadap Kadar Zat Organik pada Air Minum Isi Ulang. *Jurnal unimus*. 5(2):49-54.
- Husin, Amir, dan Setiaty, P. 2004. Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor Pada Proses Penjernihan Air. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2004* ISSN : 1411 – 4216.
- Indra, C. 2000. *Tentang Resiko Pencemaran Air Sumur Gali Kelurahan Karang Derandak, Kecamatan Medan Barat Kotamadya Medan*. Majalah Kesehatan Fakultas Kesehatan Masyarakat USU.
- Indra, R., dan Pratama, Y. 2010. Pengaruh serbuk biji kelor (*Morina oleifera*) sebagai koagulan dan flokulan dalam perbaikan kualitas air limbah dan air tanah. *Jurnal Alchemy*. 2(2): 68-77.
- Indriyati. 2008. Proses pengolahan limbah organik secara koagulasi dan flukulasi. Jakarta. Pusat Teknologi Lingkungan. *Jurnal Unimus*. 4(2):47-51.

- Irawan, W., Arief, B., dan Scylla, A. P. 2013. Sistem Penyediaan Air Bersih Sub Sistem Bribin Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Presipitasi*. 10(1) : 201-211.
- Katayon, S., Megat, M. J., Noor, M., Asma, M., Thamer, A. M., Abdullah, G. L., Idris, A., Suleyman, A. M., Aminuddin, M. B., dan Khor, B. C. 2004. Effects of storage duration and temperature of moringa oleifera stock solution on its performance in coagulation. *Journal of Engineering and Technology*. 1(2):146-151.
- Kim, I., K., Hong, I. S., and Kim, C., H. 1996. Water Treatment. *Journal of Ind. and Eng. Chemistry*. 2(2): 116-121.
- Luthfihani, A., dan Purnomo, A. 2015. Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Menggunakan Menggunakan Tray aerator dan Diffuser Aerator. *Jurnal Teknik ITS*. 4(1): 26-37.
- Manocha, M. 2003. Adsorption of Hydrogen Sulphide (H₂S) by activated carbons derived from oil-palm shell. *Carbon*. 45 (3):330-336.
- Manurung, T., Dewi, Y. S., dan Lekatompessy, B. J. 2012. Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Pada Pengolahan Air Sumur Tercemar Limbah Domestik. *Jurnal Ilmiah Fakultas Tekhnik*. 8(1):37-46.
- Mardiatin, P. 2014. Penurunan Kandungan Bakteri *Escherichia coli* dan Timbal pada Air Bersih Menggunakan Membran Reverse Osmosis. *Jurnal Teknik*, 12(1): 14-24.
- Ndabigengesere, A., and Narsiah, K. S. 1998. Quality of Water Treated by Coagulation Using *Moringa oleifera* Seed. *Water Research Journal*. 32(3):781-791.
- Nepolean, P., Anitha, J., dan Renitta, R. E. 2009. Isolation, analysis and identification of phytochemicals of antimicrobial activity of moringa oleifera lam. *Journal Current Biotica*. 3(1):33-39.
- Nicola, F., dan Hidayatullah, A. 2015. Hubungan Antara Konduktifitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe²⁺ dan Fe Total pada Air Limbah Pengolahan Tahu. *Jurnal Pengolahan Limbah*. 3(3):55-63.
- Noor, M. 2007. Ekologi, Pemanfaatan dan Pengembangannya PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. Dalam F.T. Putri. 2014. Prosiding Semeinar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014 ISBN : 979-587-529-9.

- Norman, H. 2015. Pengaruh Aerasi dalam Menghilangkan Besi (Fe) dan Mangan Serta Degassification. *Journal Pengolahan Air*. 1(4): 37-49.
- Nugroho, W., dan Purwoto, S. 2013. Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif. *Jurnal Teknik Waktu*. 11(1):32-40.
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, dan Indah, D. K. 2015. Efektivitas Penggunaan Tawas Dan Karbon Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknologi Industri* 5(2):690-699.
- Nuryanti, S., Kasmudin, M., dan Sudarmo. 2016. Uji Daya Hambat Ekstrak Buah Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida Albicans*. *Jurnal Akad. Kim.* 5(4): 178-184.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., dan Endah, M. M. 2013. Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1) : 116-121.
- Pandey, A., Tripathi, P., Gupta, P. P., Haider, J., Bhatt, S., dan Singh, A. V. 2012. *Moringa oleifera lamk a plant with a plethora of diverse therapeutic benefits*. *Journal Medicinal and Aromatic Plants*. 3(1):51-60.
- Peraturan Menteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990. *Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air*. Menteri Kesehatan RI. Jakarta. 1990.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Kualitas Air Minum.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 49492/Menkes/Per/IV/2010, Persyaratan Kualitas Air Minum. Menteri Kesehatan. Jakarta. 2010.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 37 Tahun 2017. 2017. Persyaratan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. No 73 Tahun 2013. Tentang : Rawa. Presiden Republik Indonesia. Jakarta.
- Polprasert, C. 1989. *Organic Waste Recycling*. John Willey and Sons. Chicester
- Prahady, S., Prihantoro, J., dan Rumaiza, A. 2014. Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih di Daerah Timbangan Indralaya (-3,201341 Ls104,6513881

BT) Menggunakan Membran Ultrafilterasi. Jurusan Teknik Kimia; Universitas Sriwijaya.

- Purnomo, A., dan Lutfihani, A. 2015. Analisa penurunan kadar (Fe) dengan menggunakan tray aerator dan tray aerator. *Jurnal Teknik ITS*. 4(1) : 125-127.
- Putra, R., Lebu, B., Munthe, M. D., dan Rambe A. M. 2013. Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Jar Test. *Jurnal Teknik Kimis USU*. 4(2): 88 – 97.
- Rachmani, F. K., dan Sudibandriyo, M. 2014. *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Produksi Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rahayu, T., dan Rahayu, T. 2009. Uji anti jamur kombucha coffee terhadap candida albicans dan tricophyton mentagrophytes. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 10(1):50-59.
- Rahmawati, N., dan Novrian, D. 2016 Studi arang aktif tempurung kelapa dalam penjernihan air sumur. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. 1(2): 84-88.
- Ramadhani, S., Sutanahaji, A. T., dan Widiatmono, B. R. 2013. Perbandingan efektivitas tepung biji kelor (*Moringa oleifera* L.), poly aluminium chloride (PAC), dan tawas sebagai koagulan untuk air jernih. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 1(3): 186 – 193.
- Ramdja, A. F., Halim, M., dan Handi, J. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*Cocusnucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*. 15 (2): 27-32.
- Rasman, dan Saleh, M. 2016. Penurunan kadar besi (Fe) dengan sistem aerasi dan filterasi pada air sumur gali (eksperimen). *Jurnal Higine*. 2(3) : 159-167.
- Refilda, M. S., Zein, R., dan Munaf, E. 2008, Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logan-logam Berat Pada Air Limbah. *Jurnal Pengolahan Limbah*. 1(2):28-37.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan organik tumbuhan tinggi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sahilah, Raharja, M., dan Syarifudin. 2016. Kemampuan Powder Activated Carbon Dalam Menurunkan Kadar Besi Total Pada Air Sumur Bor Kecamatan Astambul Kabupaten Banjar Tahun 2016. *Jurnal kesehatan lingkungan*. 14(1):439-448.

- Said, M., Prawati, A. W., dan Murenda, E. 2008. Aktifasi zeolit alam sebagai adsorbent pada adsorpsi larutan iodium. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(8) : 60-68.
- Said, Nusa, dan Idaman, R. 2005. Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Air Minum. *Jurnal Air Indonesia*. 1(5):239-250.
- Saifudin, M. R., dan Astuti, D. 2005. Kombinasi Media Filter Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe). *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. 6(1): 49-64.
- Salmina. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Oleh Masyarakat Di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang. *Jurnal Kelapa Sawit*. 13 (1): 61-68.
- Santoso, A., dan Pari, G. 2012. Pengaruh Arang Aktif dalam Campuran Bahan Baku Terhadap Karakteristik Papan Partikel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 30 (3): 235-242.
- Santoso, R. 2008. Sebaran TDS, DHL, Penurunan Muka Air Tanah dan Prediksi Intrusi Air Laut di Kota Tangerang Selatan.[Skripsi]. Bogor: Teknik Sipil dan Lingkungan IPB.
- Sari, W. K. 2010. Studi Penurunan Besi (Fe) dan Mangan dengan menggunakan Cascade Aerator dan Rapid Sand Filter pada Air Sumur Gali. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(2):82-91.
- Sary. 2006. *Bahan Kuliah Manajemen Kualitas Air*. Politeknik Vedca. Cianjur.
- Sastrawijaya, A. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Soemarwoto, O. 2001. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta : Djambatan.
- Srawaili, N. 2007. A Caladium Seed (Moringa Oleifera) Biocoagulan Efectivity To Decrease Ferum (Fe) And Manganese (Mn) Concentration From Aqueous Solution. *Journal Environmental Science*. 4 (57):3549-3556.
- Subadra, I., Setiaji, B., dan Tahir, I. 2013. Activated Carbon Production From Coconut Shell With (NH₄)HCO Activator As An Adsorbent In Virgin Coconut Oil Purification. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1): 2301-2337.
- Sudiro, I., dan Harsari, W. 2006. Kajian Penggunaan Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Penurunan Kandungan Organik (KMnO₄) Limbah Industri Tempe Dalam Reaktor Batch. *Jurnal Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang*. 8(4): 16-26.

- Suriawirya, U. 2003. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sutanto, T. D., Adfa, M., dan Tarigan N. 2007. Buah Kelor (*Moringa Oleifera* Lamk) Tanaman Ajaib Yang Dapat Digunakan Untuk Mengurangi Kadar Ion Logam Dalam Air. *Jurnal Gradien*. 3(1): 219 – 221.
- Sutherland, J. P., and Folkard, G. K. 2001. *The Use Of Moringa Oleifera Seeds as A Natural Coagulant for Water and Waste Water Treatment*. Moringanews. Folkard.
- Syahrul, S. 2013. *Kajian Analisis Air Sungai Tambolo*. Seri Bacaan. Program Studi Fisika. Jurusan Fisika. Fakultas MIPA. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Taufan, A. 2011. Model Alat Pengolahan Fe dan Mn menggunakan Sistem Venturi Aerator dengan Variabel Kecepatan Aliran dan Jumlah Pipa Venturi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(1):112-121.
- Triyono, A. 2010. Pengaruh penambahan beberapa asam pada proses isolasi protein terhadap tepung protein isolat kacang hijau (*phaseolus radiatus* lamk). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Proses*. 3(2):23-31.
- Utami, F., Rumhayati, B., dan Masruri. 2013. Application of moringa oleifera seed powder for coagulating of iron(III) on local water resources. *Journal Pure App Chem Res*. 2(3):122-125.
- Waluyo, Suparwoto, dan Sudaryanto. 2008. Fluktuasi Genangan Air Lahan Rawa Lebak dan Manfaatnya Bagi Bidang Pertanian di Ogan Komering Ilir. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*. 3(2): 57 – 66.
- Wibawarto, D. K., Syafrudin, dan Nugraha, W. D. 2017. Study Penurunan Turbidity, Tss, Cod Menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Nanobiokoagulan Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik (*Grey Water*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1):52-66.
- Yudo, S. 2005. Pengolahan air minum berbasis masyarakat. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 1(2) : 189-200.
- Yuliastari. 2010. *Penggunaan Serbuk Biji Kerlo (Moringa oleifera) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah*. [Skripsi]. Program Study Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.