

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET
MENGGUNAKAN KARBON DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
SEBAGAI ADSORBEN DAN BIOFILTER *Saccharomyces cerevisiae***

SKRIPSI

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



**NABILA RISA PRIMARANI
08031381621068**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET MENGGUNAKAN KARBON DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN DAN BIOFILTER *Saccharomyces cerevisiae*

SKRIPSI

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

Oleh :

NABILA RISA PRIMARANI

08031381621068

Indralaya, September 2020

Pembimbing I



Hermansyah, M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Pembimbing II



Dra. Fatma, M.S.
NIP. 196207131991022001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

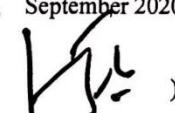


HALAMAN PERSETUJUAN

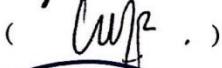
Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Pengolahan Limbah Cair Industri Karet Menggunakan Karbon dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Adsorben dan Biofilter *Saccharomyces cerevisiae*" telah dipertahankan di hadapan Tim Pengaji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 25 September 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, September 2020

Ketua :

1. **Hermansyah, M.Si., Ph.D.** ()
NIP. 197111191997021001

Anggota :

2. **Dra. Fatma, M.S.** ()
NIP. 196207131991022001
3. **Dr. Miksusanti, M.Si.** ()
NIP. 196807231994032003
4. **Prof. Dr. Elfita, M.Si.** ()
NIP. 196903261994122001
5. **Dr. Dedi Rohendi, M.T.** ()
NIP. 196704191993031001

Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Nabila Risa Primarani
NIM : 08031381621068
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, September 2020

Penulis,



Nabila Risa Primarani

NIM. 08031381621068

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

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

Nama Mahasiswa : Nabila Risa Primarani
NIM : 08031381621068
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
JenisKarya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengolahan Limbah Cair Industri Karet Menggunakan Karbon dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Adsorben dan Biofilter *Saccharomyces cerevisiae*”. Dengan hak bebas royalti non-ekslusif 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, September 2020

Yang menyatakan,



Nabila Risa Primarani

NIM. 08031381621068

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 doa yang tiada hentinya.

Keluarga besarku.

Pembimbing Skripsiku Bapak Hermansyah, M.Si., Ph.D dan Ibu Dra. Fatma, M.S.

Agama dan almamaterku tercinta.

”مَنْ جَدَ وَجَدَ“

“Despair not of relief from Allah. Indeed, no one despairs of relief from Allah except the disbelieving people” (QS. Yusuf 12 : 87)

“The universe gives us a reminder of everything happens for a reason”

“For all those 3am thoughts,
We rise like a Phoenix,
From the ashes of our past,
With fire in our eyes ”

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 “Pengolahan Limbah Cair Industri Karet Menggunakan Karbon dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Adsorben dan Biofilter *Saccharomyces cerevisiae*”. 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 Hermansyah, M.Si., Ph.D sebagai pembimbing pertama skripsi ini yang selalu memberikan motivasi dan dukungan 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 Dra. Fatma, M.S. sebagai pembimbing kedua yang telah membantu hingga penulis memperoleh gelar sarjana ini dan telah memberikan motivasi serta pelajaran hidup yang bermakna. Semoga kebaikan 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 Jon Hendri dan Santi Muchtar yang selalu menguatkan bila sehingga bisa berjuang dan bertahan sejauh ini, selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada henti.
- Nenek dan Kakek tersayang yang mewarnai masa kecilku, tempat aku mengadu dikala mama memarahiku dulu saat kecil. Semoga semua amal nenek dan kakek diterima oleh Allah SWT dan diberikan tempat terbaik di sisi-Nya.

- Lima sekawan Unang Nira, Vier, Chika, dan Deza teman sedarah yang tidak akan bisa dipisahkan.
- Teman-teman pemberi warna dimasa SMA-ku hingga sekarang yang saling berbagi suka duka selama kuliah Ayu dan Arie.
- Teman-teman kos Muslimah 2 aka Neng's Mela, Veni, Yola, Nina, dan Uul yang telah mewarnai kehidupan perantauan dan selalu berbagi cerita keluh kesah dari berbagai topik yang sebaiknya hanya kita yang tahu.
- Teman-temanku Rabelia Juladika Sayeri dan Ayu Julianita yang selalu bersama menjelajahi kantin dan menjalani drama perkuliahan dari pertama hingga skripsi ini terbentuk.
- Teman dari sd yang satu tim dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini Cisna yang telah bersama-sama dengan tabah mengitari Poltek-Lab Biokim-BLH.
- Teman-teman tim tugas akhir biokimia Luvita, Dyah, Rani, Nur yang selalu ada dalam setiap kesempatan. Semoga jalan kita kedepannya lancar selalu dan di berkahsi oleh Allah SWT.
- Teman-teman Kerja Liburan Lampung Erni, Rabel, Vie yang selalu menghiburku dan berhasil memantik sedikit api kerecahan yang terpendam.
- Musik-musik yang terangkum dalam playlist “tres de la mañana (Side A & Side B)”, “mercury retrograde”, dan “crosley worthy” yang menemani disaat senang dan membuatku tetap waras disaat-saat tersulit.
- 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, September 2020



Nabila Risa Primarani
NIM.08031381621068

SUMMARY

RUBBER INDUSTRIAL LIQUID WASTE TREATMENT USING CARBON FROM PALM OIL EMPTY FLOOR AS ADSORBEN AND BIOFILTER *Saccharomyces cerevisiae*

Nabila Risa Primarani: Supervised by Hermansyah, M.Si., Ph.D and Dra. Fatma, M.S.

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

xvi + 81 pages, 5 tables, 19 pictures, 8 attachments

Treatment of rubber industrial wastewater using OPEFB (Oil Palm Empty Fruit Bunches) carbon adsorbent and biofilter *S. cerevisiae* has been conducted. This study aims to determine the effect of OPEFB carbon adsorbent and biofiltration time in the *S. cerevisiae* biofilter on decreasing the value of BOD, COD, TSS, ammonia, and total nitrogen. The 1000 mL waste treatment process is carried out using the biofiltration, the adsorption, and the combination of the adsorption with the biofiltration method. The adsorption uses carbon OPEFB with a size of 60 mesh of 250 grams as adsorbent. The biofiltration uses biofilms formed by *S. cerevisiae* ATCC 9763 inoculated at YPDB on PVC honey comb media placed in a liquid wastewater treatment reactor. The liquid waste sample is put into the adsorption and biofiltration units with biofiltration time variations for 12, 18, 24 hours. The adsorption produced a BOD value of 10.7 mg/L, COD of 11.3615 mg/L, TSS 3 mg/L, ammonia 4.095 mg/L, and total nitrogen of 126.36 mg/L. The biofiltration after 12 hours produces a COD value of 27.6252 mg/L and a total nitrogen of 233.88 mg/L, after 24 hours produces a BOD value of 61.5 mg/L, TSS 20.3 mg/L, and ammonia 23.25 mg/L. The adsorption-biofiltration at 12 hours of biofiltration produces a BOD value of 60.0 mg/L, after 18 hours produces a COD value of 37.5380 mg/L and TSS 39 mg/L, after 24 hours produces an ammonia value of 0.275 mg/L and total nitrogen 49.20 mg/L. The results of this study indicate that the adsorption-biofiltration is effective for the characteristics of industrial wastewater in rubber with high ammonia and total nitrogen content.

Keywords : Biofiltration, BOD, TSS, Ammonia, N-total
Citation : 85 (1993-2019)

RINGKASAN

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET MENGGUNAKAN KARBON DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN DAN BIOFILTER *Saccharomyces cerevisiae*

Nabila Risa Primarani: Dibimbing oleh Hermansyah, M.Si., Ph.D dan Dra. Fatma,M.S.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xvi + 81 halaman, 5 tabel, 19 gambar, 8 lampiran

Telah dilakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair industri karet menggunakan adsorben karbon TKKS dan biofilter *S. cerevisiae*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh adsorben karbon TKKS dan lama waktu biofiltrasi pada biofilter *S. cerevisiae* terhadap penurunan nilai BOD, COD, TSS, amonia, dan nitrogen total. Proses pengolahan limbah cair sebanyak 1000 mL dilakukan dengan metode biofiltrasi, metode adsorpsi, serta gabungan metode adsorpsi dengan metode biofiltrasi. Metode adsorpsi menggunakan karbon TKKS dengan ukuran 60 *mesh* sebanyak 250 gram sebagai adsorben. Metode biofiltrasi menggunakan *biofilm* yang dibentuk oleh *S. cerevisiae* ATCC 9763 diinokulasi di YPDB pada media PVC sarang tawon yang ditempatkan dalam reaktor pengolahan limbah cair. Sampel limbah cair dimasukkan ke dalam unit adsorpsi dan biofiltrasi dengan variasi waktu biofiltrasi selama 12, 18, 24 jam. Metode adsorpsi menghasilkan nilai BOD 10.7 mg/L, COD 11.3615 mg/L, TSS 3 mg/L, amonia 4.095 mg/L, dan nitrogen total 126.36 mg/L. Metode biofiltrasi setelah 12 jam menghasilkan nilai COD 27.6252 mg/L dan nitrogen total 233.88 mg/L, setelah 24 jam menghasilkan nilai BOD 61.5 mg/L, TSS 20.3 mg/L, dan amonia 23.25 mg/L. Metode adsorpsi-biofiltrasi pada waktu biofiltrasi 12 jam menghasilkan nilai BOD 60.0 mg/L, setelah 18 jam menghasilkan nilai COD 37.5380 mg/L dan TSS 39 mg/L, setelah 24 jam menghasilkan nilai amonia 0.275 mg/L dan nitrogen total 49.20 mg/L. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode adsorpsi-biofiltrasi efektif untuk karakteristik limbah cair industri karet dengan kandungan amonia dan nitrogen total yang tinggi.

Kata kunci: Biofiltrasi, BOD, TSS, Amonia, Nitrogen total

Kepustakaan: 85 (1993-2019)

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	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Cair Industri Karet	5
2.2. Polutan Pencemar Limbah Cair Industri Karet	6
2.3. Metode Pengolahan Limbah Cair Industri Karet	7
2.4. Karbon dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Adsorben.....	8
2.5. Metode Biofilter untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Karet.....	12
2.6. Bioreaktor Lekat Diam dan Biofilm	14
2.7. Biofilter <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	17
2.8. BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	19
2.9. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	19

2.10. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	20
2.11. Amonia (NH ₃ -N)	21
2.12. Nitrogen Total (N-Total)	23

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2. Alat dan bahan	24
3.2.1. Alat-alat	24
3.2.2. Bahan-bahan	24
3.3. Variabel Penelitian	25
3.4. Prosedur Penelitian	25
3.4.1. Pengambilan dan Pengawetan Sampel	25
3.4.2. Pembuatan Karbon dari TKKS	25
3.4.3. Preparasi Biofilter <i>S. cerevisiae</i>	25
3.4.3.1. Regenerasi <i>S. cerevisiae</i>	25
3.4.3.2. Inokulasi <i>S. cerevisiae</i>	26
3.4.3.3. Persiapan Media Biofilm	26
3.4.4. Proses Pengolahan Limbah Cair Karet	27
3.4.5. Pengujian Sampel Limbah Cair Karet	27
3.4.5.1. Uji BOD	27
3.4.5.2. Uji COD dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.....	27
3.4.5.3. Uji TSS secara Gravimetri	27
3.4.5.4. Uji Kadar Amonia (NH ₃ -N) dengan Spektrofotometer secara Fenat	28
3.4.5.5. Uji Kadar N-Total dengan Spektrofotometri secara Kalium Peroksodisulfat	28
3.5. Analisis Data	28
3.5.1. Analisis Nilai BOD	28
3.5.2. Analisis Nilai COD	29
3.5.3. Analisis Nilai TSS	29
3.5.4. Analisis Kadar Amonia (NH ₃ -N)	29
3.5.5. Analisis Kadar Nitrogen Total (N-Total)	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar Awal Limbah Cair Karet	31
4.2. Pretreatment Limbah Cair Karet	31
4.2.1. Persiapan Karbon TKKS	31
4.2.2. Persiapan Inokulum <i>S. cerevisiae</i>	32
4.3. Analisis Sampel Limbah Cair Karet	33
4.3.1. BOD, COD, TSS, Amonia, dan N-Total Sebelum Pengolahan	33
4.3.2. BOD, COD, TSS, Amonia, dan N-Total Setelah Proses Adsorpsi	34
4.3.3. BOD, COD, TSS, Amonia, dan N-Total Setelah Proses Biofiltrasi	35
4.3.3.1. BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	35
4.3.3.2. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	36
4.3.3.3. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	37
4.3.3.4. Amonia	38
4.3.3.5. Nitrogen Total	39
4.3.4. BOD, COD, TSS, Amonia, dan N-Total Setelah Proses Adsorpsi-Biofiltrasi	40
4.3.4.1. BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	40
4.3.4.2. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	41
4.3.4.3. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	42
4.3.4.4. Amonia	43
4.3.4.5. Nitrogen Total	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47

DAFTAR PUSTAKA **48**

LAMPIRAN **57**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tanaman Kelapa Sawit (a), TKKS (b)	10
Gambar 2.2. Skema pengolahan limbah dengan biofilter	13
Gambar 2.3. Bioreaktor lekat diam, (a) media sarang tawon, (b) biofilm dalam bentuk mikroskopik	16
Gambar 2.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> melalui mikroskop cahaya, (a) perbesaran 400x, (b) perbesaran 1000x	17
Gambar 2.5. Mekanisme proses penguraian amonia pada biofilm	22
Gambar 2.6. Siklus nitrogen di lingkungan perairan	23
Gambar 4.1. Limbah cair karet sebelum pengolahan.....	31
Gambar 4.2. TKKS kering (a), karbon TKKS (b)	32
Gambar 4.3. Regenerasi <i>S. cerevisiae</i> (a), inokulum <i>S. cerevisiae</i> (b)	33
Gambar 4.4. Grafik nilai BOD setelah proses biofiltrasi	35
Gambar 4.5. Grafik nilai COD setelah proses biofiltrasi	36
Gambar 4.6. Grafik nilai TSS setelah proses biofiltrasi	37
Gambar 4.7. Grafik nilai amonia setelah proses biofiltrasi.....	38
Gambar 4.8. Grafik nilai n-total setelah proses biofiltrasi	39
Gambar 4.9. Grafik nilai BOD setelah proses adsorpsi-biofiltrasi	40
Gambar 4.10. Grafik nilai COD setelah proses adsorpsi-biofiltrasi	41
Gambar 4.11. Grafik nilai TSS setelah proses adsorpsi-biofiltrasi.....	43
Gambar 4.12. Grafik nilai amonia setelah proses adsorpsi-biofiltrasi	44
Gambar 4.13. Grafik nilai n-total setelah proses adsorpsi-biofiltrasi	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Karet	6
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit	11
Tabel 3.1.Tahapan Aklimatisasi.....	26
Tabel 4.1.Hasil Analisis sampel Awal Limbah Cair Karet.....	33
Tabel 4.2. Hasil Analisis Setelah Proses Adsorpsi.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan Alir Penelitian.....	58
Lampiran 2. Analisis COD	59
Lampiran 3. Analisis BOD.....	67
Lampiran 4. Analisis TSS	68
Lampiran 5. Analisis Amonia	69
Lampiran 6. Analisis Nitorgen Total	73
Lampiran 7. Tabel Hasil Penelitian.....	78
Lampiran 8. Gambar Selama Penelitian	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri karet termasuk salah satu industri bidang perkebunan yang sangat berpengaruh positif terhadap perekonomian penduduk Indonesia. Berdasarkan Direktorat Jendral Perkebunan, kebun karet terluas di dunia terdapat di Indonesia, dengan luas hampir mencapai empat juta hektar. Limbah cair industri yang ditimbulkan berdampak negatif terhadap lingkungan karena belum sesuai dengan baku mutu air yang diperbolehkan untuk dilepaskan ke lingkungan. (Nurmaliakasih dkk, 2017).

Beberapa industri karet di Indonesia menghasilkan limbah yang tidak memenuhi syarat baku, karena menghasilkan limbah buangan industri dengan kadar BOD berkisar 2840 mg/L dan COD 1043 mg/L (Hatijah dkk, 2010). Hal ini akan mengkhawatirkan untuk kehidupan ekosistem tempat limbah tersebut dilepaskan ke lingkungan.

Daerah yang menghasilkan karet terbesar adalah dari Sumatera Selatan dimana seperlima atau sembilan belas persen penghasilan karet Indonesia berasal dari provinsi ini (Azizah dkk, 2015). Pemerintah Sumsel telah mengatur dalam Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, pasal 2 (1) poin 6 menyatakan kadar pencemar maksimum per liter air limbah karet untuk parameter BOD dan COD adalah 100 dan 250 mg/L, residu tersuspensi sebesar 100 mg/L, serta Amonia total dan Nitrogen total (sebagai N) masing-masing sebesar 15 dan 25 mg/L.

Limbah cair karet memiliki kandungan nitrogen sebesar 56,032 mg/L, kandungan karbon sebesar 200 mg/L, dan kandungan sulfur sebesar 33,0367 mg/L (Bosman dkk, 2013). Komponen nitrogen dalam limbah menyebabkan pencemaran diantaranya NH_3 yang jika berada dalam air sebagai NH_4^+ (ion amonium), NO_2^- (ion nitrit), dan NO_3^- (ion nitrat) (Nawansih dkk, 2015). Limbah cair yang dihasilkan industri karet mengandung senyawa organik dengan konsentrasi yang besar, maka dari itu akan memiliki kadar BOD, COD, dan TSS yang besar juga. Untuk menurunkan kadar BOD, COD, dan

TSS ini diperlukan pengolahan guna mengurangi senyawa organik yang dikandung pada limbah sebelum dilepaskan ke badan air yang menerimanya (Thuraidah *et al.*, 2016).

Ada beberapa metode terdahulu yang dilakukan dalam pengolahan limbah cair karet seperti *Multi Soil Layering* (MSL), pengolahan dengan metode ini cukup efektif dan efisien tetapi membutuhkan area tanah yang luas (Komala *et al.*, 2012). Metode koagulasi flokulasi atau penggumpalan juga umum dilakukan pada limbah cair industri karet, hal ini dikarenakan metode ini cukup sederhana, efektif, dan ekonomis (Tzoupanos and Zouboulis, 2008), tetapi hasil pengolahannya bersifat asam disebabkan menggunakan CH₃COOH atau CH₂O₂ dalam proses penggumpalannya (Komala dkk, 2007).

Adsorben merupakan padatan yang memiliki fungsi untuk menyerap suatu komponen dari suatu larutan. Biasanya adsorben memiliki struktur berpori dan proses penyerapan komponen terjadi di dinding pori partikel itu (Rahmayani dan Siswarni, 2013). Metode adsorpsi ini biasa digunakan pada limbah cair industri tapioka hingga industri logam berat. Bahan yang digunakan untuk membuat adsorben biasanya dari yang mudah diperoleh seperti arang kayu, zeolit, sekam bakar, tandan kelapa, hingga abu terbang (Sarengat dkk, 2015). Belakangan ini bahan organik sebagai pembuat adsorben sedang banyak diminati, karena harga yang murah, mendapatkannya tidak sulit, serta ramah lingkungan karena bisa diperbarui (Kresnadipayana *et al.*, 2016).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) bisa dimanfaatkan sebagai adsorben dengan menjadikannya karbon melalui proses karbonisasi pada waktu dan suhu tertentu (Kurniati, 2008). TKKS jumlahnya melimpah di Indonesia dan pemanfaatannya masih belum maksimal. Senyawa yang terkandung dalam TKKS berupa selulosa dan hemiselulosa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Maslahat dkk, 2012). Metode adsorpsi menggunakan karbon ini menurut Bagaswara dkk (2017) dapat menurunkan nilai COD sebesar 77,71% dan TSS sebesar 15,12% dengan jumlah karbon sebanyak 10 gram.

Metode biofilter merupakan alternatif yang bisa digunakan untuk pengolahan limbah cair karet. Biofilter merupakan pengolahan limbah didalam reaktor yang diisi dengan bahan atau media berpori dan lembab ditumbuhi

mikroorganisme alami atau mikroorganisme diinokulasi yang mampu mendegradasi polutan pada media filter (Marthalia dan Oktiani, 2017). Media yang ditumbuhi mikroorganisme ini membentuk suatu lapisan lendir yang merekat erat di permukaan media dinamakan lapisan biofilm (Titiresmi dan Sopiah, 2006). Lapisan ini akan mendekomposisi senyawa organik di tempat pengendap secara biologis. Proses ini sederhana, pengoperasiannya cukup mudah dan tidak menggunakan bahan kimia serta tidak butuh energi (Hadiwidodo dkk, 2012). Limbah cair yang memiliki nilai BOD tinggi bisa diolah menggunakan metode biofilter (Filliazati *et al.*, 2013). Metode ini juga dapat menurunkan kadar Amonia dan Nitrogen total masing-masing sebesar 73% dan 87% (Said dan Tresnawaty, 2001).

Pengolahan limbah industri karet menggunakan metode biofiltrasi menggunakan kultur *Saccharomyces cerevisiae* sebelumnya dilakukan oleh Marthalia dan Oktiani (2017) untuk mengurangi limbah gas pada industri karet dengan kadar amonia pada gas hasil pengolahan hingga kurang dari 2 mg/L. *Saccharomyces cerevisiae* biasa digunakan pada pembuatan roti dan minuman beralkohol (Andriani, 2007). Kelebihan dari khamir ini adalah mudah beradaptasi dengan lingkungan dan mudah didapat (Azizah, 2012).

Menurut Sarengat dkk (2015) proses yang dilakukan untuk mengolah limbah cair memerlukan sistem yang mengombinasikan sifat biologis, kimiawi serta fisika agar menghasilkan keefektifan yang lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan mengombinasikan metode adsorpsi dengan karbon TKKS sebagai adsorben dan biofilter *S. cerevisiae* dengan harapan terjadi penurunan BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total yang lebih baik pada limbah cair industri karet.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penggunaan adsorben karbon Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total hasil pengolahan limbah cair industri karet.

2. Bagaimana pengaruh lama waktu biofiltrasi di unit biofilter *S. cerevisiae* terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total limbah cair industri karet.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penggunaan adsorben karbon TKKS terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total limbah cair industri karet.
2. Mengetahui pengaruh waktu biofiltrasi pada biofilter *S. cerevisiae* terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total limbah cair industri karet.

1.4. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi BOD, COD, TSS, Amonia, dan Nitrogen total limbah cair industri karet setelah dilakukan pengolahan metode adsorpsi dengan karbon dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai adsorben dan biofiltrasi oleh khamir *S. cerevisiae*, hasil pengolahan limbah masing-masing unit, pengaruh adsorben, serta pengaruh lama waktu biofiltrasi unit biofilter *S. cerevisiae* terhadap penurunan kelima parameter yang disebutkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. Z. 2005. Pemanfaatan Khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk Ternak. *Jurnal Wartazoa*. 15(1): 49-55.
- Alwathan, Mustafa, dan Thahir R. 2013. Pengurangan Kadar H₂S dari Biogas Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Konversi*. 2(1): 1-6.
- Andriani, Y. 2007. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Betaglukan dari *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Gradien*. 3(1): 226-230.
- Angraini, S., Pinem, J. A., dan Saputra E. 2016. Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Tekanan Pemompaan Pada Kombinasi Proses Koagulasi dan Membrane Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(1): 1-9.
- Astuti, A. D., Wisaksono, W., dan Nurwini, A. R. 2007. Pengolahan Air Limbah Tahu menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 4(2): 30-35.
- Azizah N., Al-Baarri, A. N., dan Mulyani. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1(2): 72-77.
- Azizah, F. A., Wjana, S., dan Effendi M. 2015. Analisis Kelayakan Teknis dan Finansial pada Industri Pengolahan Karet Skala Kecil di Kabupaten Musi Rawas Sumatera Selatan. *Jurnal Industri*. 4(1): 53-65.
- Bagaswara, T., Sudarno., dan Sari, A. A. 2017. Penyisihan COD dan TSS pada Lindi Hitam dengan Menggunakan Koagulasi, Fenton, dan Adsorpsi pada Proses *Pretreatment* Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Bioetanol. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(2): 1-7.
- Baktiar, A. H., Wijaya, A. P., dan Sukmono A. 2016. Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi Total Suspended Solid secara Multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur. *Jurnal Geodesi Undip*. 5(1): 263-276.
- Beauvais, A., Loussert, C., Prevost, M. C., Verstrepen, K., and Latge, P. 2009. Characterization of a Biofilm-Like Extracellular Matrix in FL01-Expressing *Saccharomyces cerevisiae* cells. *FEMS Yeast Research*. 9(3): 411-419.

- Bosman, O., Taqwa, F. H., dan Marsi. 2013. Toksisitas Limbah Cair Lateks terhadap Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan dan Tingkat Konsumsi Oksigen Ikan Patin (*Pangasius sp*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(2): 148-160.
- Elfiati D., dan Siregar E. B. M. 2010. Pemanfaatan Kompos Tandan Kosong Sawit sebagai Campuran Media Tumbuh dan Pemberian Mikoriza pada Bibit Mindi. *Jurnal Hidrolitan*. 1(3): 11-19.
- Fatimah a., Harmadi, dan Wildian. 2014. Perancangan Alat Ukur TSS (Total Suspended Solid) Air menggunakan Sensor Serat Optik secara Real Time. *Jurnal Ilmu Fisika*. 6(2): 68-73.
- Filliazati M., Apriani I., dan Zahara T. A. 2013. Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 1(1): 1-10.
- Gani, M. U. A. 2008. Percobaan Penyerapan Limbah Industri Menggunakan Karbon Aktif dari Batubara Tanjung Tabalong, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 4(3): 63-67.
- Hadiwidodo M., Oktiawan, W., Primadani, A. R., Parasmita B. N., dan Gunawan I. 2012. Pengolahan Air Lindi dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob dan Wetland. *Jurnal Presipitasi*. 9(2): 84-95.
- Hakim W. N., Pinem, J. A., dan Saputra E. 2016. Pengolahan Limbah Cair Industri Karet dengan Kombinasi Proses Pretreatment dan Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 3(1): 1-9.
- Haryanti, A., Norsamsi, Sholiha, P. S. F., dan Putri, N. P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*. 3(2): 20-27.
- Hatijah, Ishak, H., dan Seweng A. 2010. Efektifitas Saringan Biofilter Anaerob dan Aerob dalam Menurunkan Kadar BOD_5 , COD dan Nitrogen Total Limbah Cair Industri Karet. *Jurnal Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 6(4): 215-221.
- Herlambang, A. 2001. Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang Tawon pada Pengolah Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(1): 28-36.

- Hermawati, E., Wiryanto, dan Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dan Genjer (*Limnocharis flava L.*). *Jurnal BioSmart*. 7(2): 115-124.
- Irma K. N., Wahyuni, N., dan Zahara, T. A. 2015. Adsorpsi Fenol Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dengan Metode Kolom. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 4(1): 24-28.
- Ishartanto, W. A. 2009. *Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri Bacillus sp. Dalam Mereduksi Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- JIS.K.0102.1993. 1993. Cara Uji Kadar Total Nitrogen dengan Sprektofotometri secara Kalium Peroksodisulfat. Japanese Industrial Standards. Tokyo.
- Kadar, Z., San, F. M., Zsolt, S., Kati, R., and Wim, D. L. 2007. Ethanol Fermentation of Various Pretreated Fermentation and Hydrolyzed Substrates at Low Initial pH. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 17(136-140): 847-858.
- Komala, P. S., Helard, D., dan Delimas D. 2012. Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet dengan Sistem *Multi Soil Layering* (MSL). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 9(1): 74-88.
- Komala, P. S., Salmaria, dan Murti, N. 2007. Peran Media Pendukung Perlit dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet Menggunakan Tumbuhan Mensiang (*Scirpus grossus L.f.*). *Jurnal Bionatura*. 9(3): 258-278.
- Kop, E. 1993. *Coagulation and Flocculation Chemycals*. Kuala Lumpur: Seminar On the Selection and Application of Water Chemycal.
- Kresnadipayana, D., Pratiwi, R., dan Primadevi S. 2016. Biosorpsi Cu(II) oleh Limbah Padat Kayu Aren (*Arenga pinnata*) Teraktivasi. *Jurnal Biomedika*. 9(1): 43-48.
- Kresnawaty, I., Putra, S. M., Budiani, A., dan Darmono, T. W. 2017. Konversi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Arang Hayati dan Asap Cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 14(3): 171-179.
- Kristina, Sari, E. R., dan Novia. 2012. Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(18): 34-43.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8(2): 96-103.

- Kurniawan R., Lutfi,M., dan Wahyunanto A. N. 2014. Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunanear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2(1). 15-20.
- Kwartiningsih E., dan Mulyati L. N. S. 2005. Fermentasi Sari Buah Nanas Menjadi Vinegar. *Jurnal Ekuilibrium*. 4(1): 8-12.
- Marsidi, R., dan Herlambang, A. 2002. Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 3(3): 195-205.
- Marthalia, W., dan Oktiani, D. 2017. Biofiltrasi Menggunakan Kultur *Saccharomyces cerevisiae* ATCC9763 dan Ragi Kering Instan dengan Media Komposit Karbon Aktif dan Onggok untuk Mengurangi Gas Ammonia pada Industri Karet. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-6*, Yogyakarta: 25 Oktober 2017. Hal. 137-148.
- Maslahat, M., Hutagaol, R. P., dan Lestari, S. 2012. Potensi Biosorben Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Recovery Limbah Fenol. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. 2(2): 155-168.
- Mesmin, L. E., Livrelli, V., Privat, M., Denis, S., Cardot, J. M., Alric, M., and Diot S. B. 2011. Effect of A New Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* Strain on Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in a Dynamic Gastrointestinal Model. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 77(3): 1127-1131.
- Nainggolan, T. A., Khotimah, S., dan Turnip, M. 2015. Bakteri Pendegradasi Amonia Limbah Cair Karet Pontianak Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 4(2): 69-76.
- Nawansih, O., Utomo, T. P., dan Wulan R. R. 2015. Kemampuan Mikroalga yang Dikultivasi pada Limbah Cair Industri Karet Remah dalam Menghasilkan Biomassa dan Menurunkan Cemaran. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi VI*, Lampung: 3 November 2015. Hal. 436-446.
- Ningtyas, V. A., dan Lia, Y. A. 2010. *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Media Jamur Merang (Volvariella volvacea) sebagai pupuk organik dengan penambahan aktivator Effective Microorganism (EM-4)*. ITS. Surabaya.

- Nurjanah, S., Zaman, B., dan Syakur, A. 2017. Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma *Dielectric Barrier Discharge* (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1): 1-12.
- Nurmaliakasih D. Y., Syakur A., dan Zaman B. 2017. Penyisihan COD dan BOD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Horizontal Roughing Filtration (HRF) dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1): 1-12.
- Prasetyo, B., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. 2015. Pengaruh Susunan Reaktor Vertikal dan Horizontal Terhadap Penyisihan COD dan TSS Limbah Rumah Pemotongan Hewan Menggunakan Biofilter Aerob-Anaerob dengan Media Kerikil Hasil Gunung Merapi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(1): 1-9.
- Purba, V. S., Sumiyati, S., dan Wardana, I. W. 2014. Studi Penurunan BOD dan Phospat pada Air Buangan Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(1): 1-8.
- Purnama, R. R., Chumaidi, A., dan Saleh, A. 2012. Pemanfaatan Limbah Cair CPO sebagai Perekat pada Pembuatan Briket dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(18): 43-53.
- Rahadi, B., Wirosoedarmo, R., dan Harera, A. 2018. Sistem Anaerobik-Aerobik pada Pengolahan Limbah Industri Tahu untuk Menurunkan Kadar BOD₅, COD, dan TSS. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 5(1): 17-26.
- Rahmayani, F., dan Siswarsi M. Z. 2013. Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam Air Olahan (*Treated Water*). *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2): 1-5.
- Ridhuan K., dan Suranto J. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*. 5(1): 50-56.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., dan Dewi P. S. 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. *Journal of Analytical and Environmental Chemistry*. 1(1): 36-46.
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., dan Syafitri, R. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Konversi*. 4(2): 16-22.

- Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., dan Tatang R. S. 2017. Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*. 12(1): 25-32.
- Said, N. I. 2000. Tenologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1(2): 101-113.
- Said, N. I. 2002. Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(2): 124-135.
- Said, N. I. 2005. Aplikasi Bio-Ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 1(1): 1-11.
- Said, N. I., dan Firly. 2005. Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 1(3): 289-303.
- Said, N. I., dan Tresnawaty, R. 2001. Penghilangan Amoniak di Dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(1): 11-27.
- Sali, G. P., Suprabawati, A., dan Purwanto Y. 2018. Efektivitas Teknik Biofiltrasi dengan Media Sarang Tawon terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total Limbah Cair. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 15(1): 1-6.
- Santi, S. S. 2008. Pembuatan Alkohol dengan Proses Fermentasi Buah Jambu Mete oleh Khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8(2): 104-111.
- Santoso, A. D. 2018. Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu Bara. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 89-96.
- Sarengat, N., Setyorini, I., dan Prayitno. 2015. Pengaruh Penggunaan Adsorben Terhadap Kandungan Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada Limbah Cair Industri Karet RSS. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-4*, Yogyakarta: 28 Oktober 2015. Hal. 75-82.
- Sarieff, Rumbang, N., dan Nion A. 2015. Aplikasi Karbon Aktif dan Cuka dari Tempurung Kelapa Serta Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Mereduksi Amonia Limbah Cair Pabrik Karet. *Seminar Nasional Rapat Tahunan BKS-PTN Wilayah Barat Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya*, Palangkaraya: Agustus 2015. Hal.1-11.

- Setyorini, I., Sarengat, N., Prayitno, dan Sugihartono. 2016. Pengolahan Limbah Cair Industri Lateks Pekat dengan Berbagai Adsorben Lokal. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik Ke-5*. Yogyakarta: 26 Oktober 2016. Hal.207-216.
- Shokrar, H., Sirous, E., and Mehdi, Z. 2017. Bioethanol Production from Acidic and Enzymatic Hydrolysates of Mixed Microalgae Culture. *Journal of Fuel*. 200: 381-383.
- Sholichin, M. 2012. *Pengelolaan Limbah Cair Proses Biofilm Tercelup (Submerged Biofilter)*. Malang: Universitas Brawijaya
- SNI 6989.3-2019. 2019. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara Gravimetri. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 06-6989.30-2005. 2005. Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer secara Fenat. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 6989.59:2008. 2008. Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 6989.72-2009.2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia(*Biochemical Oxygen Demand/BOD*). Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 6989.2:2009. 2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Sonnaria, N. A., Yanti, A. H., dan Setyawati, T. R. 2015. Aspek Reproduksi Ikan Toman (*Channa micropeltes* Cuvier) di Danau Kelubi Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Jurnal Protobiont*. 4(1): 38-45.
- Suastuti, G. A. M., Suarsa, I. W., dan Dwi K. P. R. 2015. Pengolahan Larutan Deterjen dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*. 9(1): 98-104.
- Syauqiah I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal INFO Teknik*. 12(1): 11-20.
- Tarigan, M. S., dan Edward. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) di Perairan Raha Sulawesi Tenggara. *Jurnal Bidang Dinamika Laut*. 7(3): 109-119.

- Taufika, R., Chaniago, I., dan Ardi. 2011. Pengujian Beberapa Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Wortel (*Daucus carota L.*). *Jurnal Agronomi Indonesia*. 4(3): 175-184.
- Thuraidah, A., Puspita, E. I., dan Oktiyani, N. 2016. Pengaruh Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Limbah Industri Karet. *Medical Laboratory Technology Journal*. 2(1): 6-10.
- Titiresmi, dan Sopiah, N. 2006. Teknologi Biofilter untuk Pengolahan Limbah Ammonia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 7(2): 173-179.
- Tzoupanos, N. D., and Zouboulis, A. I. 2008. Coagulation-Flocculation Processes in Water / Wastewater Treatment: The Application Of New Generation Of Chemical Reagents. *International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment*, Greece: August 20-22 2008. Page. 309-317.
- Wardani, A. K., dan Pertiwi, F. N. E. 2013. Produksi Etanol dari Tetes Tebu Oleh *Saccharomyces cerevisiae* Pembentuk Flok (NRRL-Y 265). *Jurnal Agritech*. 33(2): 131-139.
- Wardani, A. P. K., dan Widiawati, D. W. 2013. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Material Tekstil dengan Pewarna Alam untuk Produk Kriya. *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain*. 1(2). 1-10.
- Widayat, W., Suprihatin, dan Herlambang A. 2010. Penyisihan Amoniak dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon. *Jurnal Arsitektur Lansekap*. 6(1): 64-76.
- Widayatno T., dan Sriyani. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, Yogyakarta: 22 November 2008. Hal. 84-89.
- Widiastuti H., dan Panji T. 2007. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) Sebagai Pupuk Organik pada Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Menara Perkebunan*. 75(2): 70-79.
- Yani, M., Purwoko, Ismayana, A., Nurcahyani P. R., dan Pahlevi D. 2012. Penghilangan Bau Amoniak dari Tempat Penumpukan Leum pada Industri Karet Remah dengan Menggunakan Teknik Biofilter. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 17(1):58-64.

Yanto. 2011. Penggunaan Zeolit sebagai Media Penyaring pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa*. 7(2): 28-63.