

**OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI TANDA KOSONG KELAPA
SAWIT MENGGUNAKAN OZON PADA PRODUKSI BIOETANOL**

SKRIPSI

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



PUTRI RAHMA SARI

08031381520072

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN OZON PADA PRODUKSI BIOETANOL

SKRIPSI

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

Oleh :

PUTRI RAHMA SARI

08031381520072

Indralaya, Januari 2020

Pembimbing I



Hermansyah, Ph.D

NIP.197111191997021001

Pembimbing II

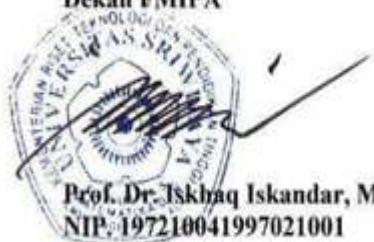


Dra. Julinar, M.Si

NIP. 196507251993032002

Mengetahui,

Dekan FMIPA



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Optimasi Proses Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan Ozon pada Produksi Bioetanol” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Januari 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Januari 2020

Ketua :

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

Anggota :

2. **Dra. Julinar, M.Si.** ()
NIP. 196507251993032002
3. **Zainal Fanani, M.Si.** ()
NIP. 197011152000122004
4. **Dr. Ferlinahayati, M.Si.** ()
NIP. 197402052000032001
5. **Dr. Meksusanti, M.Si.** ()
NIP. 196807231994032003

Mengetahui,



PERSYARATAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa : Putri Rahma Sari

NIM : 08031381520072

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 sarjana 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, Januari 2020

Penulis,



Putri Rahma Sari

NIM. 08031381520072

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT semata yang senantiasa memberikan rahmat, nikmat dan Ridho-Nya. Hanya kepada-Nya kita berserah dan memohon pertolongan dan ampunan. Alhamdulillahirabbil'alamin pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Optimasi Proses Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan Ozon pada Produksi Bioetanol”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Bapak **Hermansyah, Ph.D** dan Ibu **Dra. Julinar, M.Si** atas segala bimbingan, motivasi, kesabaran, petunjuk dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini sampai selesai.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar kepada penulis.
2. Bapak Prof. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku Kepala Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya dan dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si., Ibu Dr. Miksusanti, M.Si. dan Bapak Zainal Fanani, M.Si selaku penguji dalam sidang sarjana.
6. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
7. Papa (Eviar, S.E) dan Mama (Herawati, S.Sos) tercinta dan tersayang. Uni mengucapkan ribuan terimakasih atas do'a, motivasi penyemangat serta dukungan yang selalu diberikan, rumah tempatku pulang, tempat bercerita. Terimakasih telah melahirkan, merawat, membimbing dan menyayangiku. Ucapan terimakasih tidaklah cukup untuk segala waktu dan pengorbanan

- yang telah diberikan selama ini. Semoga perjuangan ini dapat menghantarkan kebaikan dari Allah SWT kepada papa dan mama. Aamiin.
8. Kakakku tersayang Annisa Fitriyenti, S.Ab dan adikku tersayang Febby Salsabilla. Terimakasih atas segalanya, penyemangat dan pendengar setiaku walaupun kita jauh tapi do'a selalu menyertaimu. I love u 3000.
 9. Keluarga besar Djamaris, terkhusus Tek Yulia yang selalu memasakkan makanan rumah ketika uni rindu masakan rumah dan adik-adik kecilku yang sekarang sudah beranjak remaja Rahmad Aulia Rafi, Muhammad Fauzan dan Muhammad Zaky Fadhal. Terimakasih Mektek Isril atas dukungannya.
 10. Nadya Puspita Oktari, Fitri Arianti dan Fauziah El Husna, sahabatku sedari sekolah menengah pertama. Terimakasih telah menjadi penyemangat, pendengar yang selalu siap sedia dan setia mendengarkan ceritaku. Terimakasih telah menerima apa adanya. Semoga kita selalu dilindungi Allah SWT dan dimudahkan segala urusannya.
 11. SQUAD (Iqbal, Jeri, Yuk Tini, Yuk Husnul, Aisyah, Nyimas, Vio, Luci) Terimakasih telah mengisi hari-hariku selama 4 tahun masa perkuliahan ini. Senang mengenal dan berteman dengan kalian. Semoga kita dipertemukan lagi dan menjadi sukses semuanya aamiin.
 12. Herman's Squad (Hardi, Kiki, Wisa, Mba Rani, Wiwin dan Uci) Terimakasih untuk setiap bantuan, ilmu dan kesabaran selama penelitian ini. Senang mengenal kalian semua.
 13. Serpong Squad (Tini, Nyimas, Aisyah, Vio, Husnul, Qisthi, Resti, Iqbal, Jeri, Ilham, Timpeng) Terimakasih atas cerita dan pengalaman yang tak terlupakannya.
 14. MIKI 15 bar-bar, teman-teman seperjuanganku. Terimakasih atas banyak cerita yang telah kalian bagikan, canda tawa suka duka selama menjalani perkuliahan ini.
 15. Teman – teman seperjuangan diperantauan, terkhusus TAMYIZ RS 59 (Cici, Adelia, Fauzia, Cica, Echa, Vivi, Ginez) Terimakasih telah memberi warna selama menjalani masa-masa perkuliahan ini.
 16. PAMATANG (Vivi, Cici, Endah, Cica, Adel, Aya, Echa, Ginez, Icus, Zakya, Ipah, Zelin, Pita, Naufal, Eko, Widi) Keluarga kedua ditanah

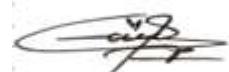
perantauan, terimakasih atas cerita, suka cita yang telah dilalui bersama selama 4 tahun ini.

17. PERMATO SUMSEL

18. Mbak Novi dan Kak Iin selaku admin jurusan Kimia yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan ini.
19. Yuk Nur, Yuk Niar, Yuk yanti selaku analis kimia dan Uni Nia selaku analis Mikrobiologi yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
20. Terimakasih kepada semua orang yang telah mendukung dan membantu untuk menyelesaikan masa studi di Universitas Sriwijaya ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Demikianlah, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk menunjang ilmu pengetahuan khususnya dibidang ilmu biokimia.

Indralaya, Januari 2020
Penulis,



Putri Rahma Sari
NIM. 08031381520072

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| PERSYARATAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| SUMMARY | x |
| RINGKASAN | xi |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| 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..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit | 4 |
| 2.2 Lignoselulosa | 5 |
| 2.2.1 Selulosa | 5 |
| 2.2.2 Hemiselulosa..... | 6 |
| 2.2.3 Lignin | 7 |
| 2.3 Bioetanol..... | 8 |
| 2.4 Proses Delignifikasi Lignoselulosa (Ozonolisis)..... | 9 |
| 2.5 Hidrolisis Asam | 11 |
| 2.6 Fermentasi | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.7 Analisa Morfologi TKKS dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) | 13 |
| 2.8 Analisa Gula Reduksi (Metode Luff Schoorl)..... | 15 |
| 2.9 Analisa Komponen Gula dengan <i>High Peformance Liquid Chromatography</i> (HPLC)..... | 17 |
| 2.10 Analisa Kadar Etanol dengan <i>High Peformance Liquid Chromatography</i> (HPLC)..... | 19 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---|----|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 20 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 20 |
| 3.2.1 Alat | 20 |
| 3.2.2 Bahan | 20 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 20 |
| 3.3.1 Preparasi Bahan | 20 |
| 3.3.2 Delignifikasi TKKS dengan Ozon | 22 |
| 3.3.3 Menentukan Kadar Lignin, Hemiselulosa dan Selulosa menggunakan Metode Chesson | 22 |
| 3.3.4 Mengamati Morfologi TKKS menggunakan SEM..... | 22 |
| 3.3.5 Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit | 22 |
| 3.3.6 Pengukuran Kadar Gula Reduksi dengan Metode Luff Schoorl | 23 |
| 3.3.7 Analisa Kadar Glukosa dengan HPLC | 23 |
| 3.3.8 Pembuatan Media dan Peremajaan <i>yeast</i> | 23 |
| 3.3.8.1 Pembuatan Media YPD Agar..... | 23 |
| 3.3.8.2 Peremajaan <i>yeast</i> di Media YPD Agar | 23 |
| 3.3.9 Pembuatan Media Inokulum (<i>YPD Broth</i>) | 24 |
| 3.3.10 Inokulasi <i>yeast</i> di Media <i>YPD Broth</i> | 24 |
| 3.3.11 Proses Fermentasi | 24 |
| 3.3.11.1 Pembuatan Media Fermentasi | 24 |
| 3.3.11.2 Fermentasi Bioetanol | 24 |
| 3.4 Analisa Data..... | 25 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Optimasi Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Ozon..... | 27 |
| 4.2 Kadar Gula Reduksi setelah Hidrolisis | 30 |
| 4.3 Analisa Kadar Glukosa dengan HPLC..... | 31 |
| 4.4 Analisa Kadar Glukosa Sisa Hasil Fermentasi dengan Metode Luff Schoorl..... | 33 |
| 4.5 Analisa Kadar Etanol pada Variasi Waktu Fermentasi..... | 34 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 36 |
| 5.2 Saran..... | 36 |

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN.....

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit | 4 |
| Gambar 2. Struktur Selulosa | 6 |
| Gambar 3. Struktur xylan..... | 7 |
| Gambar 4. Struktur Lignin | 8 |
| Gambar 5. Skema <i>Pretreatment</i> biomassa lignoselulosa | 11 |
| Gambar 6. Serat TKKS sebelum <i>dipretreatment</i> pembesaran 100 dan 250 kali | 14 |
| Gambar 7. Serat TKKS sebelum <i>dipretreatment</i> pembesaran 250 dan 500 kali | 14 |
| Gambar 8. Serat TKKS setelah <i>dipretreatment</i> | 15 |
| Gambar 9. Skema Alat HPLC | 17 |
| Gambar 10. TKKS sebelum dan sesudah dicacah | 27 |
| Gambar 11. Grafik Persentase Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin hasil delignifikasi dengan ozon..... | 28 |
| Gambar 12. Mekanisme Penyerangan Ozon..... | 29 |
| Gambar 13. Struktur TKKS sebelum dan sesudah didelignifikasi dengan ozon | 30 |
| Gambar 14. Kadar gula sisa hasil proses fermentasi | 34 |
| Gambar 15. Hasil analisa kadar etanol variasi waktu fermentasi..... | 35 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Komponen Lignoselulosa dalam TKKS | 4 |
| Tabel 2. Data Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis | 26 |
| Tabel 3. Penetapan Gula dengan Metode Luff Schoorl | 26 |
| Tabel 4. Rata-rata Persentase Kadar Lignoselulosa | 28 |
| Tabel 5. Data Kadar Gula Reduksi Hidrolisat | 31 |
| Tabel 6. Data HPLC Kadar Glukosa Hidrolisat | 33 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Skema Penelitian | 40 |
| Lampiran 2. Data Hasil Analisa Kadar Lignoselulosa dengan Metode Chesson | 41 |
| Lampiran 3. Garfik Persentase Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin | 43 |
| Lampiran 4. Data Kadar Gula Reduksi Hidrolisat | 44 |
| Lampiran 5. Penetapan Larutan Thio Sulfat dengan Kalium dikromat | 47 |
| Lampiran 6. Data HPLC Kadar Glukosa Hidrolisat | 48 |
| Lampiran 7. Data HPLC Kadar Etanol Hasil Fermentasi TKKS Hari ke-2, 3 dan 4 | 51 |
| Lampiran 8. Perhitungan Yield Etanol | 58 |
| Lampiran 9. Perhitungan Kadar Air | 63 |

**OPTIMIZATION OF EMPTY PALM FRUIT BUNCH DELIGNIFICATION
PROCESS USING OZONE IN BIOETHANOL PRODUCTION**

**PUTRI RAHMA SARI
08031381520072**

**Jurusun Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
E-mail : rahmasariputri241@gmail.com**

Abstract: Research has been made on bioethanol from an empty palm fruit bunch regarding the optimization of the delignification process using ozone. The lignocellulose content found in EPFB is cellulose, hemicellulose and lignin respectively 47%, 22% and 18%. The first process is delignification using ozone with a variation of time 0 -100 minutes with no acid addition and acid addition using HCl. After the delignification process, lignocellulose levels were analyzed by the Chesson method and the optimum time was obtained at 80 minutes under acid addition conditions, resulting in 61% cellulose, 18% hemicellulose and 1.5% lignin. Characterization using SEM was carried out to see the EPFB structure microscopically before and after delignification. Reducing sugar levels produced from the hydrolysis process using sulfuric acid concentration of 3% were tested using the Luff Schoorl method, resulting in delignificaton EPFB hydrolysates at 0.392 mg/mL and EPFB hydrolysates without delignification at 0.082 mg/mL. Bioethanol production is carried out through a fermentation process using yeast *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 with delignification and without delignification EPFB substrate hydrolysates. Ethanol content produced was analyzed using HPLC. Based on chromatogram data analysis, ethanol produced from EPFB hydrolyzate substrate resulted in delignification of 0.024%, and without delignification of 0.015%.

Keywords: Empty Palm Fruit Bunch (EPFB), Lignocellulose, Bioethanol, Ozone Optimization, Delignification

Indralaya, 29 Januari 2020

Pembimbing I



Hermansyah, Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Pembimbing II



Dra. Julinar, M.Si.
NIP. 196507251993032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN OZON PADA PRODUKSI BIOETANOL

PUTRI RAHMA SARI

08031381520072

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

E-mail : rahmasariputri241@gmail.com

Ringkasan: Telah dilakukan penelitian pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa mengenai optimasi proses delignifikasi menggunakan ozon. Kandungan lignoselulosa yang terdapat didalam TKKS yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin masing-masing sebesar 47%, 22% dan 18%. Proses pertama yang dilakukan yaitu delignifikasi menggunakan ozon dengan variasi waktu 0 - 100 menit dengan kondisi tanpa penambahan asam dan penambahan asam menggunakan HCl. Setelah dilakukan proses delignifikasi, dilakukan analisa kadar lignoselulosa dengan metode Chesson dan diperoleh waktu optimum pada waktu 80 menit pada kondisi penambahan asam, dihasilkan selulosa sebesar 61%, hemiselulosa 18% dan lignin 1,5%. Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan untuk melihat struktur TKKS secara mikroskopis sebelum dan sesudah delignifikasi. Kadar gula reduksi yang dihasilkan dari proses hidrolisis menggunakan asam sulfat konsentrasi 3% diuji dengan menggunakan metode Luff Schoorl, dihasilkan kadar hidrolisat TKKS hasil delignifikasi sebesar 0,392 mg/mL dan hidrolisat TKKS tanpa delignifikasi sebesar 0,082 mg/mL. Produksi bioetanol dilakukan melalui proses fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 dengan substrat hidrolisat TKKS hasil delignifikasi dan tanpa delignifikasi. Kadar etanol yang dihasilkan dianalisa menggunakan HPLC. Berdasarkan analisa data kromatogram, dihasilkan etanol dari substrat hidrolisat TKKS hasil delignifikasi sebesar 0,024%, dan tanpa delignifikasi sebesar 0,015%.

Kata Kunci : Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Lignoselulosa, Bioetanol, Optimasi Ozon, Delignifikasi

Indralaya, 29 Januari 2020

Pembimbing I

Pembimbing II



Hermansyah, Ph.D.
NIP. 197111191997021001



Dra. Julinar, M.Si.
NIP. 196507251993032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah isu dampak perubahan iklim dikarenakan meningkatnya efek gas rumah kaca, serta semakin terbatasnya pasokan bahan bakar fosil, upaya untuk mencari sumber energi alternatif dan terbarukan menjadi program yang gencar dilaksanakan oleh beberapa negara sejak beberapa dekade terakhir ini. Salah satu sumber tersebut adalah bahan berkarbon untuk produksi bioetanol. Penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan bermotor dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan menurunkan emisi gas rumah kaca (Agustini dan Efiyanti, 2015).

Bioetanol dapat dibuat dari glukosa melalui konversi kimia atau proses fermentasi. Bioetanol juga dapat dibuat dari bahan berbasis selulosa dengan proses hidrolisis menggunakan asam organik atau enzim, kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi. Alternatif bahan non pangan yang cukup potensial dapat dikembangkan sebagai sumber bahan bakar nabati adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) (Darsono dan Made, 2014).

TKKS termasuk bahan baku bioetanol generasi kedua yang memiliki kandungan utama selulosa dan hemiselulosa, serta lignin yang melindungi selulosa (Sutikno, 2018). TKKS merupakan limbah terbesar pada industri kelapa sawit mencapai 23% dari bobot buah segar (Darsono dan Made, 2014). Selain jumlahnya yang melimpah, kandungan selulosa pada tandan kosong kelapa sawit yang cukup besar yaitu sebesar 45 % (Ningsih dkk, 2012).

Biomassa lignoselulosa ini mengandung senyawa polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) yang dapat diuraikan menjadi senyawa gula dan dapat difermentasi menjadi etanol (Agustini dan Efiyanti, 2015). Didalam lignoselulosa terdapat senyawa lignin yang melindungi selulosa dan hemiselulosa dengan kuat yang terlebih dahulu harus diuraikan dari selulosa dan hemiselulosa (Gede, 2011). Jika tidak diuraikan maka lignoselulosa akan sulit dihidrolisis karena lignin sangat kuat melindungi selulosa (Ningsih dkk, 2012).

Produksi bioetanol terdiri dari beberapa proses, yaitu *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi (Merina dan Trihadiningrum, 2011). Tujuan *pretreatment* untuk

mengurangi kristalinitas selulosa, untuk membuka perlindungan lignin dan untuk meningkatkan aksesibilitas permukaan TKKS dan menurunkan asetilasi hemiselulosa (Sutikno, 2018). Proses *pretreatment* dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu; *pretreatment* fisika, kimia, fisika-kimia dan biologi. Proses fisika dilakukan secara mekanik dengan penggilingan, proses kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, basa, dan oksidan, serta proses *pretreatment* biologi menggunakan mikroorganisme (Talebnia *et.al.*, 2010).

Ozon merupakan oksidator kuat yang menunjukkan tingkat efisiensi delignifikasi yang tinggi. Ozon sangat reaktif terhadap senyawa yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi dalam gugus fungsi dengan kerapatan elektron yang tinggi. Bagian yang paling memungkinkan dioksidasi oleh ozon adalah lignin, karena kandungannya yang memiliki ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Penghilangan lignin ini dapat meningkatkan hasil hidrolisis pada tahap berikutnya. *Pretreatment* ozonolisis biasanya dilakukan pada suhu kamar dan tekanan normal serta tidak terjadi pembentukan senyawa penghambat yang dapat mempengaruhi proses hidrolisis dan fermentasi (Garcia-Cubero *et al*, 2010).

Optimasi pada proses delignifikasi tandan kosong kelapa sawit menggunakan ozon dilakukan dengan variasi waktu, untuk mendapatkan waktu optimum dengan kondisi tanpa penambahan asam dan penambahan asam menggunakan HCl 1M sebanyak 7 tetes sampai didapatkan pH3 yang diukur menggunakan pH meter. Setelah proses delignifikasi, selanjutnya dilakukan analisa kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa dengan menggunakan metode Chesson, kemudian diamati morfologi TKKS setelah didelignifikasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Proses selanjutnya dilakukan hidrolisis dengan asam sulfat untuk mengurai hemiselulosa dan selulosa menjadi gula sederhana dengan menggunakan asam sulfat konsentrasi 3% pada suhu 100°C selama 60 menit di dalam oven. Sebagai kontrol, sampel TKKS yang tidak didelignifikasi juga dihidrolisis. Untuk memperoleh bioetanol dilakukan fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763. Bioetanol hasil fermentasi diuji untuk mengukur kadar etanol yang dihasilkan menggunakan HPLC dan mengukur kadar gula tersisa dengan menggunakan metode Luff Schoorl.

1.2 Rumusan Masalah

Keberadaan lignin pada tandan kosong kelapa sawit ini menyebabkan terhambatnya produksi bioetanol dikarenakan lignin menghambat proses hidrolisis dan fermentasi, sehingga hasil yang didapatkan tidak optimal. Oleh karena itu dilakukan proses delignifikasi menggunakan ozon untuk mengurai senyawa lignin serta dilakukan analisa pengaruh suasana asam untuk mendapatkan waktu optimal pada proses delignifikasi ozon

1.3 Tujuan penelitian

1. Menganalisa pengaruh suasana asam dan variasi waktu pada proses delignifikasi TKKS menggunakan ozon untuk mendapatkan waktu optimum.
2. Mengetahui secara morfologi TKKS setelah didelignifikasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
3. Menentukan kadar gula reduksi yang dihasilkan dari hidrolisis asam dengan metode Luff Schoorl
4. Mengukur kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dengan menggunakan HPLC.

1.4 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna dari tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan bioetanol serta memberikan informasi kondisi pada waktu optimum proses delignifikasi menggunakan ozon.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, L. dan Elfiyanti, L. 2015. Pengaruh Perlakuan Deignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa dan Produksi Etanol dari Limbah Berlignoselulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 33: 69-70.
- Alvira, P., Tomas-Pejo, E., Ballesteros, M. and Negro, M.J. 2010. Pretreatment Technologies For an Efficient Bioethanol Production Process Based on Enzymatic Hydrolysis: A Review. *Bioresource Technology*. 101: 4851-461.
- Anindyawati, Trisanti. 2009. Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Selulosa*. 44: 49-56.
- Annisa, A.N., Handung, N., Widayat dan Dita, A.S. 2019. Analisis Kadar Etanol dalam Obat Batuk dengan Metode Kromatografi Cair. *Indonesian Journal of Halal*. 2: 24.
- Arianie, L., Deana, W. dan Zeily, N. 2012. Pengaruh Metode Hidrolisis Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Cairan Ionik dan Selulase untuk Menghasilkan Bioetanol. *Prosiding InSINas 2012*. EN-72.
- Ariyani, E., Ersanghono, K. dan Supartono. 2013. Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa L.*). *Indo.J.Chem.Sci*. 2:168.
- Caecilia, N. 2015. Pengaruh Perlakuan Awal Basa dan Hidrolisis Enzimatis Terhadap Kadar Gula Reduksi Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Cardona, C.A., Quintero, J.A and Paz, I.C. 2010. Production Bioethanol From Sugarcane Bagasse: Status and Perspective. *Bioresource Technology*. 101: 4851-4861.
- Darsono dan Sumarti, M. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Perlakuan Awal Iradiasi Berkas Elektron dan NaOH. *J. Kimia Kemasan*. 36: 246.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Component. *Biotechnology and Bioengineering*. 27: 2167-2170.
- Dewanti, Dian Purwitasari. 2018. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19: 82.
- Dira, Swantara, I.M. 1995. Kromatografi Cair Kinerja Tingkat Tinggi Beberapa Senyawa Mono dan Disakarida serta Penetapan untuk Analisis Madu dan Bahan Jenis lainnya. *Tesis*. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Eqra, N., Yahya, A. and Mohammad S. 2014. Effect of Ozonolysis Pretreatment on Enzymatic Digestibility of Sugarcane Bagasse. *Agric Eng. Int: CIGR Journal*. 16: 151-156.

- Garcia-Cubero, M.T., Monica, C., Silvia, B. and Gerardo, G. 2010. Chemical Oxidation with Ozone as Pre-treatment of Lignocellulosic Materoals for Bioethanol Produvtion. *Chemical Engineering Transaction*. 21: 1274-1277.
- Hermiati, E., Djumali, M., Titi, C. S., Ono, S. dan Bambang, P. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29: 121-128.
- Merina, F. dan Yulinah, T. 2011. Produksi Bioetanol dari Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces cereviseae*. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*. D-2-2 - D-2-3.
- Nascimento, D.C.O., Ailton, S.F., Sergio, N.M. and Regina, C.M.P.A. 2012. Studies on the Characterization of Piassava Fibers and their Epoxy Composites. *Composites:Part A*. 43: 356-359.
- Ningsih, Y.A., Lubis, K.R dan Moeksin, R. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 1: 30-31.
- Ni'mah, L., Ardiyanto, A dan Zainuddin, M. 2015. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serat Kelapa Sawit melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis Asam dan Fermentasi menggunakan Ragi Tape. *Info Teknik*. 16: 234-235.
- Novia, Faizal, M., Arikho, M. F. dan Yogamina, D. H. 2011. Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Memproduksi Etanol. *Prosiding Seminar Nasional AvoER ke 3*. 451.
- Novia, Windarti, A. dan Rosmawati. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Jerami Pai dengan Metode Ozonolisis – *Simultaneous Saccharomyces and Fermentation (SSF)*. *Jurnal Teknik Kimia*. 3: 39-47.
- Olofsson, K., Andreas, R. and Gunnar, L. 2008. Designing Simultaneous Saccharification and Fermentation for Improved Xylose Conversion by a Recombinant Strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biotechnology*. 134: 113.
- Osvaldo, Z.S., S. Panca Putra S. dan M. Faizal. 2012. Pegaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*. 18: 52-56.
- Pradnyna, K.D.A., Made, O.A.P. dan Nyoman, S. 2014. Penentuan Kadar Sukrosa pada Nira Kelapa dan Nira Aren dengan Menggunakan Metode Luff Schoorl. *Chemistry Laboratory*. 1: 39.
- Rahmasita, M.E., Farid, M. dan Ardhyanata, H. 2017. Analisa Moroflogi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*. 6: A585-A586.
- Ratnayani, K.N.M.A.D.A.S. dan Gitadewi. 2008. Penentuan Kadar Glukosa dan Fruktosa pada Madu Randu dan Madu Kelengkeng dengan Metode Kromatografi Cir Kinerja Tinggi. *Jurnak Kimia*. 2: 78.

- Retno, D.T. dan Wasir, N. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.* E11-3.
- Saputra, W.A., AB, S. dan Rini, P. 2013. Produksi Bioetanol dari Tepung Agar *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss yang Dihidrolisis dengan Menggunakan Larutan Asam Sulfat. *Journal of Marine Research.* 2: 24.
- Sari,Surtini Karlina. 2016. Konversi Selulosa Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Katalis $\text{LaCr}_{0,7}\text{Mo}_{0,3}\text{O}_{3\pm\delta}$. *Skripsi.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Lampung.
- Shaffer, P.A. and Michael, S. 1933. Cooper- Iodometric Reagents for sugar Determination. *J. Biol. Chem.* 100: 695-706.
- Siregar, G.A.M. 2017. Penentuan Kadar Sukrosa pada Sirup Rasa Raspberry dengan Metode Luff Schoorl. *Repositori Institusi USU.* Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Sixta, Herbert. 2006. *Handbook of Pulp.* WILEY-VCHVerlag GmbH & Co. KgaA.
- Sopiah, N., Fuji, Suciati., M., Abdul Kholid., Dwindrata, B. Aviantara., RTM, Sutamihardja. 2008. *Ecolab.* Vol 2 (2): 45.
- Summerscales, J., Nilmin, D., Amandeep, V. and Wayne, H. 2010. *A review of bast fibres and their composites. Part 2 – Composites. Part A.* 41: 1336-1339.
- Sutikno, S. dan Muhammad, K. 2018. Pretreatment Empty Fruit Bunch of Oil Palm Tree for Improving Enzymatic Saccharification. *Biofuels.* Vol 5: 57
- SNI 01-2891-1992. 1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman.* Badan Standardisasi Nasional. 18-21.
- SNI 06-698914-2004. *Cara Uji Oksigen Terlarut secara yodometri (modifikasi azida).* Badan Standardisasi Nasional. 3.
- Susanti, Meri dan Dachriyanus. 2004. *Kromatografi Cair Tingkat Tinggi.* Sumatera Barat: LPTIK Universitas Andalas.
- Shokrkar, H., Sirous, E. and Mehdi, Z. 2017. Bioethanol Production from Acidic and Enzymatix Hydrolysates of Mixed Microalgae Culture. *Fuel.*200: 382.
- Talebnia, F., Karakashev, D. and Angelidaki, I. 2010. Production of Bioethanol from Wheat Straw: An Overview on Pretreatment Hydrolysis an fermentation. *Journal of Technology.* 1: 1-10.
- Thomsen, M.H. and Henrik, H.N. 2008. Sustainable Bioethanol Production Combining Biorefinery Principles Using Combined Raw Materials from Wheat Undersown with Clover-grass. *J. Ind Microbiol Biotechnol.* 35: 305.
- Zainiyah, S. dan Pradita, A. 2012. Studi Kinetika Degradasi Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Turunan Khususnya Monosakarida pda Temperatur Tinggi. *Skripsi.* Surabaya: Fakultas Teknologi Industri ITS.