

**PEMBUATAN BIOETANOL DENGAN MENGGUNAKAN METODE
SEPARATEL HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF) DARI
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT YANG TELAH DI
PRETREATMENT DENGAN OZON**

SKRIPSI

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



Oleh:

Wisa Apriani

08031181520015

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Wisa Apriani
NIM : 08031181520015
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Pembuatan Bioetanol dengan Menggunakan Metode *Separately Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Telah di *Pretreatment* dengan Ozon”. 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, November 2019

Yang menyatakan,



Wisa Apriani

NIM. 08031181520015

HALAMAN PERSEMBAHAN

LAA BA'SA

"hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanku tidak akan perna menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan perna melewatkanku"
(Umar bin Khattab).

*FA bī ayyi ala" i rabbikuma tukazzibān
"maka nikmat tuhan kamu yang manakah yang kamu
dustakan?"*
QS. Ar-Rahman 55:13

*Kun Fayakun
"tejadilah maka terjadilah"*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT (semoga skripsiku ini bermanfaat dalam IPTEK agama maupun IPTEK ilmiah)
- Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada :

1. Bapakku tersayang yang tidak perna kenal lelah berkerja demi study putrinya dan yang selalu mensupport saya, menyakinkan putrinya bahwa "kamu mampu dan kamu bisa"
2. Ibukku tercinta yang tidak perna henti mendoakan kesuksesan putrinya, pelukan hangat dan belaian tangannya yang menyegarkan, membuatku mampu bertahan dalam skenario perkuliahan.
3. Kakakku + istri dan adikku tersayang yang selalu ada dikala aku lagi down
4. Pembimbing Akademik
5. Pembimbing Tugas Akhirku
6. Semua Dosen dan staf FMIPA KIMIA UNSRI
7. Sahabat Seperjuangan
8. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pembuatan Bioetanol dengan Menggunakan Metode *Separately Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Telah di *Pretreatment* dengan Ozon”. 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 terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Hermansyah, Ph.D dan Ibu Dr. Heni Yohandini, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga bapak dan ibu diberkahi Allah SWT.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar. M.Sc selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Fatma, M.Si. sebagai dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Hermansyah, Ph.D dan Dr. Heni Yohandini, M.Si selaku pembimbingku, terima kasih untuk bapak dan ibu atas segala ilmu, masukkan, motivasi yang diberikan selama tugas akhir ini (untuk ibu heni saya ucapkan terima kasih, karena selalu mengingatkan ‘’kamu harus terus berusaha dan jangan lupa berdoa, hasil akhirnya tuhan yang menentukan ’’ selama terombang ambing dalam mencari hasil di LAB saya selalu ingat pesan ibu) dan (untuk bapak saya ucapkan terima kasih atas kesabaran bapak selama jadi pembimbing kami, yang tidak perna marah dengan kami)
5. Ibu Dr. Puji leokitowati, M.Si, Ibu Dr. Eliza, M.Si dan Bapak Dr. Almunadi.T.P, M.Si selaku penguji pada seminar hingga sidang sarjana.
6. Seluruh Staf Dosen Pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

- yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
7. Kedua orang tuaku tercinta (bapakku Zainal Arifin dan ibukku Ruisa) kalian adalah segalanya bagiku, tanpa kalian putrimu ini bukan apa-apa, terima kasih untuk segalanya yang tidak bisa aku definisikan satu per satu di tulisan ini (aku sayang kalian)
 8. Kakakku tersyang (Alm. Pevsen marlika candra, aku syg kakak, doa kami selalu tercurah utk kakak, pasti kakak bahagia melihatku :), aku janji akan selalu membahagiakan bapak dan ibu. (kakakku tersyang Pandes Ridiansyah, terimakasih kak selalu ada dikalah aku lagi susah, selalu ada untukku, yang selalu menasehatiku dikala aku lagi down, org ke-2 setelah bapak dan ibu, terima kasih untuk segalanya, aku sayang kakak)
 9. Adikku tersyang (Wikek Angraini, yang selalu mengingatkanku bahwa tidak boleh cengeng, hrs tegar jadi anak rantau, klw habis libur dan mau balik lagi kerantauan selalu dibilang, jangan nangis yo yuk:(
 10. Ayuk iparku (sutri) dan keponakan.ku (Muhamad Ramadhandes) terima kasih telah untuk segalanya
 11. Persepupuanku yang satu rantauan (nopran, ayuk tika, ayuk devi+keluarga, ayuk miria, ayuk ilin, rani, ayuk nur). Keluarga besar dr ibuku (ayuk eka + suami (kak muklis), cek kauli, cek kiram, dll) keluarga besar bapakku (ayuk nova, rulin, yanti, helti, ani, kak kiki, ruli, riki dan adekku elma, helmi)
 12. Sahabat karibku dari jaman MABA Gengs S.Si (mifta, karmila, devi, retno, mutiara, gustia, herma. sedih, senang sudah kita lewati bersama-sama, 4 tahun bukanlah waktu yang sebentar, terima kasih gengs untuk semua cerita yang terukir selama dibangku perkuliahan, aku syg kalian)
 13. Keluarga pinusku (kolaborasi gengs S.Si + pem, cica dan kak ca, diakhir perkuliahan aku dipertemukan dengan keluarga ini, meskipun dipertemukan dalam waktu singkat tapi hubungan kekeluargaan kita sangatlah tulus, banyak sekali mengajarkanku apa artinya persahabatan
 14. Sahabat mabaku yang luar biasa, banyak kekonyolan yang kita lalui dr jaman jalan kaki sampai makan nasi cmn pakey saos (fopy, novita, mifta) sahabatku dijaman kehidupan susah, tapi kita tetap bahagia, kita selalu saling membantu dikala susah dahulu, terima kasih kawan

15. Keluarga Himatasti (ayuk dijud, ayuk andari, ayuk temi, ayuk icek, ayuk sispa, ayuk inet, ayuk yupet, serta adik tingkat dan kakak tingkat yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu) terima kasih atas bantuan kalian semua, yang mengayomi kami dikehidupan perkuliahan
16. Team tugas akhirku (hardi, wiwin, mbk rani, kikik, putri, uci, terima kasih kawan untuk team work selama ini) Keluarga Biokimers 15 (armalinda, dilak, rahma, anggik, riani, gita, virly, retno, bang iqbal, rizki, terima kasih untuk drama lab selama per TA.an ini hehehe:)
17. Keluarga kkn 88 desa Terate (terima kasih untuk kebersamaan selama jadi keluarga disana). Keluarga Himpunan Kosmic 2016/2017 (terima kasih telah mengajarkanku apa itu artinya dakwa kampus). Keluarga kost New friendas (terima kasih utk bpk dan ibu serta teman2 selam 3 tahun ini).
18. Miki 15 (Ratih Permata, lili, julya, nurjanah, yuliana, dini, kak danil, fahmi, ejak, ferri, ade gelboy, bg hari) serta keluarga HIMAKI, Terimakasih untuk segalanya.
19. Staff Analis FMIPA Kimia (Yuk Yanti, Yuk Nur dan Yuk Niar) makasih yuk untuk semua ilmu dan kebaikannya
20. Admin jurusan kimia Mbak Novi, Kak Roni dan Kak Iin yang selalu membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
21. Teman smaku (melta, ratih, hikma, riska, tiara, rika, sylvia). Makasih ibung2ku lah jadi sahabatku dr jaman sma sampay sekarang.

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

Indralaya, Oktober 2019

Penulis,



Wisa Apriani

NIM. 08031181520015

SUMMARY

THE PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM EMPTY PALM FRUIT BUND (EPFB) USING SEPARATE HYDROLISYS AND FERMENTATION (SHF) WHICH HAS OZONE PRETREATMENT

Wisa Apriani: Supervised by Hermansyah, Ph.D and Dr. Heni Yohandini M.Si

Dapartment of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

Xii + 61 page, 5 tables, 15 picture, 8 attachments

Production of bioethanol by using hydrolysis and fermentation (SHF) from ozon pretreatment empty palm fruit bund (EPFP) has been conduction. The EPFB sample was pretreated with ozone to eliminate lignin levels, the results of removal of lignin levels were 26%, continue the sampel finished ozonylsis, hydrolysis process use two heating treatment and without heating use diliquid sulfuric acid 0%-5%, arround 100 minute with temperature 121°C highest sugar content present in the treatment hydrolysis sulfenic acid 5% of 7,26% (w/v). The hydrolyzate with the highest reducing sugar yield was fermented using *Saccharomyces cerevisiae* microbes and fermentation of hydrolyzate without sulfuric acid was also performed as a producon. Ethanol content produced in the fermentation process of hydrolyzate using sulfuric acid was 2.27% (v/v) and without sulfuric acid 2.52% (v/v). From these results it was concluded that the product of bioethanol empty fruit bund (EPFB) using the separate hydrolysis and fermentation (SHF) method has been successfully carried out with the results of ethanol levels using sulfuric acid hydrolysates greater than ethanol levels without sulfuric acid.

Keywords : ozonilisis pretreatment, sulfenic acid hydrolysis, fermentation, ethanol.

Citations : 40 (1981-2019).

RINGKASAN

PEMBUATAN BIOETANOL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SEPARATELY HYDROLYSIS AND FERMENTATION (SHF)* DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT YANG TELAH DI *PRETREATMENT DENGAN OZON*

Wisa Apriani: bimbingan Hermasyah, Ph.D and Dr. Heni Yohandini M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Xii+ 61 halaman, 5 tabel, 15 Gambar, 8 lampiran

Telah dilakukan penelitian dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan metode *separately hydrolysis and fermentation* (SHF). Sampel TKKS *dipretreatment* dengan ozon untuk menghilangkan kadar lignin, hasil kadar lignin berkurang sebesar 26%, selanjutnya sampel yang telah diozonilisis dilakukan proses hidrolisis menggunakan dua perlakuan pemanasan dan tanpa pemanasan dengan menggunakan asam sulfat encer 0%-5%, dalam waktu 100 menit dengan suhu 121°C kandungan kadar gula reduksi tertinggi terdapat pada perlakuan hidrolisis asam sulfat 5% sebesar 7,26% (b/v). Hidrolisat dengan hasil gula reduksi tertinggi selanjutnya fermentasi menggunakan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dan dilakukan juga fermentasi hidrolisat tanpa asam sulfat sebagai pembanding hasil. Kadar etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi hidrolisat menggunakan asam sulfat sebesar 2,27% (v/v) dan tanpa asam sulfat 2,52% (v/v). Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan metode *separately hydrolysis and fermentation* (SHF) telah berhasil dilakukan dengan hasil kadar etanol menggunakan hidrolisat asam sulfat lebih besar dibandingkan kadar etanol tanpa asam sulfat.

Kata kunci : *pretreatmen ozonilisis*, hidrolisis asam sulfat, fermentasi, etanol

Kepustakaan : 40 (1981-2019).

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
SUMMARY	iv
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TTKS)	4
2.2. Ligneselulosa	4
2.2.1. Lignin	6
2.2.2. Hemiselulosa	7
2.2.3. Selulosa	8
2.3. Konversi Biomassa menjadi Bioetanol	9
2.3.1 <i>Pretreatment Ozonilisis</i>	10
2.3.2 Hidrolisis	12
2.3.3 Fermentasi	14
2.4. Metode <i>Luff Schoorl</i>	16
2.5. Analisis Jenis Gula dengan HPLC	16
2.6. Analisis Kandungan Etanol dengan Kromatografi Gas (GC).....	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	19

3.1.	Waktu dan Tempat	19
3.2.	Alat dan Bahan	19
3.2.1.	Alat	19
3.2.2.	Bahan	19
3.3.	Prosedur Penelitian	19
3.3.1.	Preparasi Sampel TTKS	19
3.3.2.	<i>Pretreatment Ozonilisi</i>	20
3.3.3.	Menghitung Kadar Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin.....	20
3.3.4.	Proses Hidrolisis Secara SHF	21
3.3.5.	Penentuan Kadar Glukosa dengan Menggunakan Metode <i>Luff Schoorl</i>	21
3.3.5.1	Pembuatan Pereaksi <i>Luff Schoorl</i>	21
3.3.5.2	Analisis Glukosa pada Sampel.....	21
3.3.5.3	Penentuan Jenis Gula dengan HPLC	22
3.3.6.	Pembuatan Media dan Peremajaan <i>Yeast</i>	22
3.3.6.1.	Pembuatan YPD Agar	22
3.3.6.2.	Peremajaan Isolat <i>Yest</i>	22
3.3.6.3.	Pembuatan Media Inokulum <i>broth</i>	22
3.3.6.4.	Pembuatan Inkulasi	22
3.3.7.	Fermentasi	23
3.3.7.1	Pembuatan Media Fermentasi	23
3.3.7.2	Fermentasi Bioetanol	23
3.3.8.	Penentuan Kadar Etanol Menggunakan Gas <i>Chromatography</i>	23
3.3.9.	Analisis Data	23

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil <i>Pretreatment Ozonilisis</i>	26
4.2.	Hasil Hidrolisis Secara SHF	27
4.3.	Hasil Analisa Komponen Gula Dengan HPLC	29
4.4.	Fermentasi	30

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	39
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komponen kandungan bahan ligneselulosa TKKS	6
Tabel 2. Sifat Fisika dan Kimia Etanol	9
Tabel 3. Data Komposisi Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin pada TKKS Sebelum dan Sesudah Proses <i>Pretreatment</i> Ozonlisis.....	27
Tabel 4. Data Hasil Komponene Gula Menggunakan Analisis HPLC	29
Tabel 5. Hubungan kadar gula reduksi sisa dan etanol dari proses fermentasi	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit	4
Gambar 2. Selulosa, Lignin dan Hemiselulosa yang Saling Berikatan pada Dinding Sel Tumbuhan	5
Gambar 3. Struktur Lignin	6
Gambar 4. Struktur Hemiselulosa	7
Gambar 5. Struktur Selulosa	8
Gambar 6. Reaksi Ozon dengan Struktur Aromatik	11
Gambar 7. Reaksi ozon dengan struktur olefenil 1,3-dipolar Ionic cycloaddition.....	12
Gambar 8. Reaksi ozon dengan struktur olefenil, alkohol, eter dan aldehid	12
Gambar 9. Diagram Alir Proses yang Disederhanakan untuk Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi	13
Gambar 10. Proses Fermentasi Alkohol	15
Gambar 11. Kromatografi Gas	18
Gambar 12. Limbah TKKS Sebelum Preparasi dan Seseudah Preparasi	26
Gambar 13. Grafik Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisat TKKS yang Dianalisa dengan Menggunakan Metode <i>Luff Schoorl</i>	28
Gambar 14. Grafil Hasil Gula Sisa dari Proses Fermentasi	30
Gambar 15. Grafil Konsentrasi Etanol dari Proses Fermentasi	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	40
Lampiran 2. Menghitung Kadar Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa dengan Menggunakan Metode Chesson	42
Lampiran 3. Proses Hidrolisis Secara SHF	44
Lampiran 4. Kromatogram Analisis Hidrolisat TKKS Menggunakan HPLC.....	39
Lampiran 5. Hasil Fermentasi	49
Lampiran 6. Peak Hasil Chromatografi Gas	51
Lampiran 7. Tabel <i>Luff Schoorl</i>	58
Lampiran 8. Gambar Penelitian	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) di Indonesia merupakan limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangatlah melimpah. Setiap pengolahan 1 ton TBS (tandan buah segar) akan dihasilkan TKKS sebanyak 22-23% atau sebanyak 220-230 kg TKKS. Direktor jendral perkebunan (2017) melaporkan bahwa provinsi Sumatera Selatan merupakan penghasil kalapa sawit terbesar di Indonesia dengan luas area perkebunan sebesar 1.020.328 hektar, total produksi buah segar yang dihasilkan 3,26 juta ton. Namun limbah dari tandan buah segar itu belum dimanfaatkan secara baik oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit dan masyarakat Indonesia. Sebagian besar pabrik kelapa sawit masih membakar TKKS, dijadikan mulsa diperkebunan kelapa sawit atau diolah menjadi kompos dan juga sebagai pengeras jalan diperkebunan sawit (Kristina, 2012).

TKKS memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 40-50% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Kristina, 2012). TKKS merupakan limbah yang dapat dikonversi menjadi bioetanol sebagai sumber energi alternatif. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar nabati yang dihasilkan dari lignoselulosa, komponen utama dari bahan lignoselulosa adalah selulosa, diikuti oleh hemiselulosa dan lignin. Produksi bioetanol dari bahan lignoselulosa secara umum meliputi tahapan *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan pemisahan produk. Kendala utama proses teknologi dari bahan lignoselulosa adalah pada tahap *pretreatment*. Tahap ini sangat menentukan kuantitas dan kualitas bioetanol yang dihasilkan nantinya (Hidayat, 2013).

Metode *pretreatment* saat ini berkembang pesat, beragam jenis bahan baku lignoselulosa yang digunakan dapat mengakibatkan beragam pula metode *pretreatment* yang digunakan, proses *pretreatment* bertujuan untuk merusak struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah untuk dikonversi menjadi glukosa. *Pretreatment* dapat dilakukan dengan berbagai cara baik secara fisika, kimia, maupun kombinasi *pretreatment* tersebut. Dalam penelitian ini digunakan *pretreatment* kimia menggunakan ozon atau disebut juga *pretreatment*

ozonilisis yang mana ozon tersebut berfungsi untuk mendegradasi lignin. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya Kaur *et al.*, (2012) menerapkan *pretreatment* ozon pada bahan baku kapas mencapai lebih dari 42% pengurangan kadar lignin dan 89% etanol. Bukan hanya proses *pretreatment* saja, optimalisasi masing-masing proses sangat menentukan rendemen dan kualitas bioetanol yang dihasilkan terutama pada proses hidrolisis (Putra, 2011).

Hidrolisis merupakan proses lanjutan dari *pretreatment* yang akan mengubah selulosa menjadi glukosa. Glukosa ini nantinya akan dikonversi menjadi etanol oleh mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* (Putra, 2011). Dalam penelitian ini digunakan metode hidrolisis asam sulfat encer dengan variasi konsentrasi 0%-5%, untuk menghasilkan gula reduksi yang optimal. Biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Berdasarkan hasil penelitian Rilek dkk (2017) bahwa konsentrasi asam sulfat dan waktu hidrolisis dapat mempengaruhi kadar gula yang dihasilkan, dimana semakin tinggi konsentrasi asam sulfat dan lama waktu hidrolisis maka semakin tinggi pula gula yang dihasilkan. Hasil yang didapatkan pada konsentrasi asam sulfat 3% dan waktu hidrolisis 100 menit merupakan konsentrasi dan waktu terbaik dalam penelitian tersebut. Proses tersebut mampu menghasilkan gula total sebesar 19,49% dan gula reduksi pada sampel bahan hidrolisat sebesar 10,7%.

Proses konversi material lignoselulosa menjadi etanol terbagi menjadi dua proses, yaitu proses *separate hydrolysis and fermentation* (SHF) *and simultaneous saccharification and fermentation* (SSF). Proses SHF yaitu proses dimana hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah (menggunakan reaktor yang berbeda) sedangkan proses SSF dimana fermentasi dan hidrolisis dilakukan secara serentak (menggunakan satu reaktor). Anindyawati dkk (2012) sudah melakukan penelitian bahwa optimasi proses sakarifikasi dan fermentasi dengan metode SHF untuk skala laboratorium telah dilakukan dengan hasil etanol 6,87% b/b pada substrat 20% (Sarwono dkk, 2014). Dalam penelitian dilakukan konversi selulosa pada TKKS menjadi etanol dengan metode SHF.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh proses *pretreatment* ozon terhadap kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa dari TKKS?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap proses hidrolisis TKKS yang sudah dipretreatment dengan ozon?
3. Bagaimana kadar etanol yang didapatkan dari TKKS dengan menggunakan metode SHF?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan perubahan kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa pada sampel TKKS hasil pretreatmen dengan ozon.
2. Menentukan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis TKKS yang telah *dipretreatment* dengan ozon pada variasi konsentrasi asam sulfat 0%-5%.
3. Menentukan jumlah etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Limbah tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif berupa bioetanol sehingga dapat meningkatkan nilai tambah tandan kosong kelapa sawit menjadi produk yang bernilai dan mengurangi pencemaran lingkungan dari hasil limbah pertanian.
2. Untuk dijadikan pelarut pada industri (farmasi, kosmetik dan plastik) dan sebagai bahan baku dalam Industri (industri minuman beralkohol dan industri asam asetat).

DAFTAR PUSTAKA

- Alvira, P. E., Tomas-Pejo., M. Ballesteros dan MJ Negro. 2009. Pretreatment Technologies For an Efficient Bioethanol Production Process Based on Enzymatic Hydrolysis. *Journal Biortech.* 11.093.
- Anindyawati, T., Triwahyuni, E., Idiyanti, T. 2012. Optimasi Proses Sakarifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk Bahan Baku Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional XXI Kimia dan Lingkungan.* 363-368
- Aziza, N. 2017. Pemurnian Enzim Selulase dari Isolat Khamir Jenis Candida Utilis Menggunakan Fraksinasi Amonium Sulfat. *Skripsi.* Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Badan Standar Nasional. 2008. *Kembang Gula-Bagian 1: Keras.* SNI 3547.1: 2008. Jakarta.
- Campbell, N.A., Jane, B.R. dan Lawrence, G.M. 2002. *Biologi. Jilid 1.* Jakarta: Erlangga.
- Cardona, CA., JA Quintero and IC Paz. 2009. Production of Bioetanol Sugarcane Bagasse: Status and Perspectives. *Bioresource technology.* 27: 60-64.
- Crestini, C., Crucianelli. M., Orlandi, M dan Saladino, R. 2010. Oxidative Strategies in Lignin Chemistry: A New Environmental Friendly Approach For the Functionalisation Of Lignin and Lignocellulosic Fibers. *Catalysis Today.* 8-22.
- Datta, R. 1981. Acidogenic Fermentation of Ligneselulosa Acid Yield and Conversion of Component. *Biotechnology and Bioengineering.* 27: 2167-2170.
- Dewi, Y. N. 2013. Pentapan Kadar dan Analisis Profil Protein dan Asam Amino Ekstrak Ampas Biji Jinten Hitam (Nigella satava Linn) dengan Metode SDS-PAGE dan KCKT. *Skripsi.* Uin Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Dewanti, P. D. 2018. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* 19 (1): 81-88.
- Direktor Jendral Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia Komonitas Kelapa Sawit.* Sekretariat Direktor Jendral Perkebunan: Kementerian Pertanian.
- Eqra, N., Yahya. A dan Mohammad S. 2014. Efeect of Ozonolysis Pretreatment on Enzymatic Digestibility of Sugarcane Bagasse. *Agric Eng Int: CIGR Journal.* 16 (1):151-156.
- Fatriasari W dan Hermiati E. 2016. Lignocellulosic Biomass for Bioproduct: Its Potency and Technology Development. *J. Lignocellulose Technol.* 01: 1-14.

- Firmansyah, I. 2009. Biokonversi Lignoselulosa dari Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Etanol Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS). Skripsi: Universitas Indonesia.
- Garriga, M., Melisa. A dan Alicia M. 2017. Determinan of Reducing Sugars in Extract of Undaria Pinnatifida (Harvey) Algae by Uv-vis Spectrophotometry (DNS Method). *Acte de Ingenieria*. 3:173-179.
- Gayang, F. 2013. Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial. *Skripsi*: Institut Pertanian Bogor.
- Harianja, W. J., Nora. I dan Rudiyansyah. 2015. Optimasi Jenis dan Konsentrasi Asam pada Hidrolisis Selulosa dalam Tongkol Jagung. *Jkk*. 4(4): 66-71.
- Hermansyah dan Novia. 2014. Penentuan Kadar Etanol Hasil Fermentasi secara Enzimatis. *Molekul*. 9(2): 121-127.
- Hidayat, R. H. 2013. Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol. *Biopropal Industri*. 4(1): 33-48.
- Hermawan, Y. 2008. Hidrolisa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Etanol Melalui Proses Sakarifikasi Fermentasi Serentak. *Skripsi*: universitas indonesia.
- Holtzapple, M.T. 2003. Hemicelluloses. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. pp. 3060-3071. Academic Press.
- Jannah, M. A. 2010. Proses Fermentasi Hidrolisat Jerami Padi untuk Menghasilkan Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(17): 44-52.
- Jayus, J., Suwasono, S dan Wijayanti, I. 2017. Produksi Bioetanol Secara SHF dan SSF Menggunakan *Aspergillus Niger*, Trichoderma Viride dan New Aule Instant Dry Yeast pada Media Kulit Ubi Kayu. *Jurnal Agroteknologi*. 11 (0): 61-68.
- Kaur, U., Oberoi, H, S., Bhargav, V. K., Sharma, Shivappa, R., Dhaliwal, S, S. 2012. Ethanol production from alkali and ozone treated cotton stalks using thermotolerant *Pichia kudriavzevii* HOP-1. *Ind Crops Prod*. 37:21-26.
- Khak, M dan Rini, N. R. 2014. Optimasi Fermentor Untuk Produksi Etanol dan Analisis Hasil Fermentasi Menggunakan Gas Chromatografi. *Jurnal Matematika, Saint dan Teknologi*. 15(1): 12-20.
- Kontasubrata dan Sri, 1992. Perkembangan Analisis Gula Secara KLT dan KCKT. *JKTI*. 2(1): 93-98.
- Kristina, Evi, R. S 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.

- Kumar, R., Singh. S dan Singh. V. O. 2008. Bioconversion of Lignocellulosic Biomass: Biochemical and Molecular Perspectives. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 35:377–391.
- Kurniyanto. E. 2009. Penentuan Karbohidrat bijih Padi di Sekitar Letusan Lumpur Beragam Kaasan Bledug Kuwu Grobogan Jawa Tengah Sebagai Alternatif. *Skripsi:* Universitas Islam Negri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Nadia, A., Fauziah., A, Mayori, E dan Sunardi. 2017. Potensi Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit di Kalimantan Selatan untuk Produksi Bioetanol dan Xylitol. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains.* 8(2): 41-51.
- Ningsih, A. Y., Kartini. R. L dan Rosdiana. M. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia.* 1 (18): 30-34.
- Novia., Astriana W dan Rosmawati 2014. Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia.* 3(20): 38-48.
- Novia, M. Faizal, M., F., Ariko, dan D., H., Yogamina. 2011. Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH Untuk Produksi Etanol. *Prosiding Seminar Nasional Avoer ke-3:* 451-462.
- Novia., Khairunnas dan Gigih T. P. 2015. Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Saat Pretreatment dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia.* 3 (21): 16-25.
- Nugrahini, P., Sitompul H., Putra, R. P. 2016. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Enzim Selulase pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa. *Analytical and Environmental Chemistry.* 1 (01): 8-16.
- Merina, F dan Trihardiningrum. 2011. Produksi Bioetanol dari Eceng Gondok (*Eichhrorania Crassipes*) dengan *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi:* ITS Surabaya.
- Muin, R., Lestari D., Sari, W. T. 2014. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Biji Alpukat. *Jurnal Teknik Kimia.* 4 (20): 1-6.
- Olofson, K., Magnus. B and Gunnar. L. 2008. A Short Review on SSF-an Interesting Process Option for Ethanol Production from Lignocellosic Feedstocks. *Biotechnology for Biofuels.* 1(17): 1-14.
- Osvaldo, Z. S., Panca Putra S., M. Faizal. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia.* 2(18): 1-11.
- Pradnyana, A.D.K., Prawata A. O.M dan Nyoman S. 2014. Penentuan Kadar Sukrosa Pada Kelapa dan Niraaren dengan Menggunakan Metode Luff Schoorl. *Chemistry Laboatory.* 1(1): 37-41.

- Putra, I.N.W., Kusuma, I.G.B.W dan Winaya I.N.S. 2011. Proses Treatment dengan Menggunakan NaoCl dan H₂SO₄ untuk Mempercepat Pembuatan Etanol dari Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii. *Jurnal Energi dan Manufaktur.* 3(1): 64-68.
- Putri. 2019. Optimasi Proses Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Ozon pada Produksi Bioetanol. *Skripsi:* Universitas Sriwijaya.
- Rachmaniah, O., Febriyanti L, dan Lazuardi K. 2009. *Pengaruh Liquid Hot Water terhadap Perubahan Struktur Sel Bagas.* Prosiding Seminar Nasional XIV, FTI-ITS, 30-40; Surabaya: 22-23 Juli 2009.
- Ratnasari, D., Hidayati.R.N dan Dewi. K. N. 2018. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Lama Fermentasi Terhadap Kadar Etanol Serasa Lamun. *CHEESA.* 1(1): 31-36.
- Ratnayani, K., Adhi, D dan Dewi, G. 2008. Penentuan Kadar Glukosa dan Fruktosa pada Madu Randu dan Madu Kelengkeng dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Jurnal Kimia.* 2(2): 77-86.
- Rilek, N. M., Hidayat., N dan Sugiarto. Y. 2017. Hidrolisis Lignoselulosa Hasil Pretreatment Pelepas Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) menggunakan H₂SO₄ pada Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri.* 6 (2): 76-82.
- Riyanto, D. F. Penentapan Kadar Etanol dan Profil Senyawa yang Terdapat dalam Hasil Produksi “CIU” Rumahan Dusun Sentul Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo Dengan Metode Kromatografi Gas. *Skripsi.* Universitas Sanaata Dharma Yogyakarta.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan M. Nasikin. 2007. Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Etanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara Teknologi.* 11(1): 17-24.
- Sartini, Fitriani, R dan Rosliana. 2018. Pengaruh Kadar Asam Sulfat pada Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKS) dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Yang dihasilkan. *ISSN:* 2356-458.
- Sarwono, R., Tri wahyuni E., Aristiawan Y., Kurniawan. H dan Anindyawati T. 2014. Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit (TKS) Menjadi Etanol. *Jurnal Selulosa.* 4 (1): 1-6.
- Shokrkar, H., Sirous, E and Mehdi, Z. 2017. Bioethanol Production From Acidic And Enzymatic Hydrolysates Of Mixed Microalgae Culture. *Journal of fuel.* 200: 381-383.
- Sixta, Herbert, 2006. *Handbook of Pulp.* page 610-611, 634, 849-852.
- Suryanto, H. 2006. Review: Serat Alam: Komposisi, Struktur Dan Sifat Mekanisme. *Artikel:* Universitas Malang.

- Talebnia, F. 2008. Ethanol production from cellulosic biomass by encapsulated *Saccharomyces Cerevisiae*. ISBN: 978-91-7385-097-1. Sweden: Chalmers University Of Techology.
- Taherzadeh, J. M and Keikhosro Karimi. 2007. Pretretmet Limbah Lignoselulosa Untuk Meningkatkan Bioetanol dan Produksi Biogas. *Int. J. Mol. Sci* 9. Hal 1621-1651.
- Taherzadeh, J. M and Keikhosro Karimi. 2009. Enzyme Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials:a review. *Bioresources*. 2(4): 707-738.
- Travaini, R. C. Marangon, C., J dan Colodette, L. 2015. *Pretretament of Biomassa*. Department of Chemical Engineering and Environmental Technology: University of Valladolid.
- Wulandari, D. D. 2017. Kualitas Madu (Keasaman, Kadar Air dan Kadar Gula Pereduksi) Berdasarkan Perbedaan Suhu Penyimpanan. *Jurnal Kimia Riset*. 2(1): 16-22