

**PENGARUH *PRETREATMENT* TKKS MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS* DILANJUTKAN HIDROLISIS DENGAN ASAM SULFAT EN CER UNTUK MENGHASILKAN GULA PEREDUKSI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Bidang  
Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**OLEH:**

**M HUSNIL MUBAROQ**

**08031282025058**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH *PRETREATMENT* TKKS MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS* DILANJUTKAN HIDROLISIS DENGAN ASAM SULFAT  
ENCER UNTUK MENGHASILKAN GULA PEREDUKSI**

**SKRIPSI**

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

**oleh:**

**M HUSNIL MUBAROQ**

**08031282025058**

**Indralaya, 31 Juli 2024**

**Mengetahui,**

**Pembimbing**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 197111191997021001**

**Dekan FMIPA**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi M Husnil Mubaroq (08031282025058) dengan judul “Pengaruh *Pretreatment* TKKS Menggunakan *Ionic Liquids* Dilanjutkan Hidrolisis dengan Asam Sulfat Encer untuk Menghasilkan Gula Pereduksi” telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 31 Juli 2024

Ketua :

1. **Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si.**

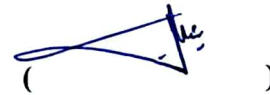
NIP. 197211092000032001

(  )

Sekretaris

2. **Dr. Zainal Fanani, M.Si.**

NIP. 196708211995121001

(  )

Pembimbing:

1. **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

(  )

Penguji:

1. **Dra. Julinar, M.Si.**

NIP. 196507251993032002

(  )

2. **Dr. Eliza, M. Si.**

NIP. 196407291991022001

(  )

Mengetahui,

Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharni, M.Si.**

NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : M Husnil Mubaroq

NIM : 08031282025058

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 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 31 Juli 2024

Penulis



M Husnil Mubaroq

NIM. 08031282025058

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

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

Nama Mahasiswa : M Husnil Mubaroq

NIM : 08031282025058

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non eksklusif (*nonexclusively royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "Pengaruh *Pretreatment* TKKS Menggunakan *Ionic Liquids* dilanjutkan Hidrolisis dengan Asam Sulfat Encer untuk Menghasilkan Gula Pereduksi". Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, 31 Juli 2024

Yang Menyatakan,



M Husnil Mubaroq

NIM. 08031282025058

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dari Ibnu 'Abbas, Rasulullah Shallallahu 'Alaihi wa Sallam bersabda :

*“Manfaatkan lima perkara sebelum lima perkara. Waktu mudamu sebelum datang waktu tuamu. Waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu. Masa kayamu sebelum datang masa kefakiranmu. Masa luangmu sebelum datang masa sibukmu, hidupmu sebelum datangnya kematianmu”* (HR. Al Hakim)

Filsuf Cina pernah mengatakan :

*“Perjalanan seribu mil selalu dimulai dengan langkah pertama. Berhenti berpikir, dan akhiri masalahmu, Jika anda depresi, anda hidup di masa lalu. Jika anda cemas, anda hidup di masa depan. Dan Jika anda damai, anda hidup di saat ini”* (Lao Tzu)

Dan ibu saya mengatakan :

*“Kalau ketemu orang yang ngeyel, Iyain aja biar mereka senang”* (Istiqomah)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala
2. Nabi Muhammad Shallallahu ,alaihi Wa Sallam

Dan kupersembahkan kepada:

1. kedua orang tuaku Abu Mansur dan Istiqomah yang selalu mendoakan dan sebagai support system terbaik yang pernah ada.
2. Saudara saudariku yang selalu memberikan nasehat dalam setiap kondisi.
3. Keluarga besarku Bani Wahab dan Bani Karto Senen.
4. Pembimbingku Prof. Hermansyah S.Si., M.Si. Ph.D.
5. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
6. Sahabat sahabat ku.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT yang begitu banyak memberikan kenikmatan dan kecerdasan akal kepada kita sehingga mampu menyerap berbagai ilmu pengetahuan dan semoga sholat beserta salam selalu tercurahkan kepada baginda nabi Muhammad SAW sebagai prototipe kehidupan, yang cerdas lagi rendah hati, yang terpercaya lagi santun, semoga kita bisa menjadikan beliau sebagai suri tauladan dalam kehidupan sehari-hari dan semoga kita termasuk ke dalam umatnya yang akan diberikan syafaat di akhirat nanti.

Penulis mengucapkan puji syukur karena dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pengaruh Pretreatment TKKS Menggunakan Ionic Liquids dilanjutkan Hidrolisis dengan Asam Sulfat Encer untuk Menghasilkan Gula Pereduksi”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tentunya bukanlah hal yang mudah bagi penulis karena tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D** yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, pengalaman, motivasi, saran, petunjuk dan kesabaran hati kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan.
3. Ibu Dra. Julinar M.Si dan ibu Dr. Eliza M.Si selaku dosen penguji sidang sarjana.

4. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
5. Mbak Novi dan Kak Chosiin selaku admin jurusan yang sudah banyak membantu dan memberi penjelasan informasi kepada penulis sehingga tugas akhir dapat diselesaikan sebagaimana mestinya.
6. Analis jurusan kimia (Yuk Nur, Mbak Yanti, Mbak Dessy, dan Bu Yuniar) yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan kemudahan selama penulis menjadi Koas lab Biokimia dan masa penelitian penulis.
7. Kepada kedua orang tua ku **Abu Mansur** dan **Istiqomah** yang telah mendoakan, membesarkan, dan mendidikku hingga saat ini.
8. Kepada saudara saudariku (**Mbak Lis, Mas Teguh, Mbak Aliyah, Mas Sigit, Mbak Yesi, Mas Muri, Mas Harun, Mbak Kharisma, Mas Puat, dan Intan**) terima kasih atas kehangatan dan supportnya selama ini.
9. Kepada keluarga besar **Bani Wahab** dan **Bani Karto** Senen terima kasih atas segala doa, saran dan masukannya yang membangun selama ini.
10. Kepada **TKKS Pride** (Rafly dan Eva) rekan seperjuangan dalam penelitian yang selalu menjadi pengingat dan support penulis selama penulis mengerjakan skripsi, *See You on Top* gais sehat selalu semoga kita nanti bertemu dalam versi terbaik masing masing.
11. Kepada sahabat sahabatku selama perkuliahan **RISSHAN SQUAD** (Sandi, Siska, Risma, Nadiyah), **YKKA** (Muti, dan Zahra), **WEG** (Adi, Angga, Almer, Alhadyu, Alif, Nadhif, Dimas, Kodrat, Risky, Jansen, Eja, Bang Salo dan Bang Risky firdaus) **Biokimia Squad** (Ayu, Nissa, Zahra, Eka, Dita, Novta, Zaharo, dan Maria) terima kasih telah menjadi tempat bercerita penulis, tempat berbagi gelak tawa, suka dan duka selama perkuliahan, sampai jumpa di chapter baru dalam kehidupan *See You on Top*.
12. Teruntuk **Einsteinium** terima kasih atas segala kisah selama masa perkuliahan
13. Kepada adik asuhku (**Cecil, Yanti, Manda, Ghita**) tetap semangat dan gapai mimpi kalian yaa
14. Kepada **Kosmic, Askara, Himaki**, terima kasih atas segala ilmu dan pengalaman menariknya selama kuliah.



15. Internal Squad (**Mandah, Riska, Atika, Muslim, Qodri, Inggrit, Dedew, Rara, Looke, Ghita, dan Rani**) Semangat menggapai mimpi, next time ayok kita nyeblok yaa.
16. Adik-adik kimia Angkatan 21, 22, 23, 24 tetap semangat dan yang rajin yaa belajarnya.
17. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, semoga Allah swt membalas kebaikan yang telah dilakukan. Aamiin.
18. Yang terakhir terima kasih kepada diriku sendiri **M Husnil Mubaroq** yang telah berani menyelesaikan skripsi ini dengan berbagai drama dan deadline yang ada, **Kamu Hebat Nil**. Terimakasih karena sudah melawan semua rasa malas mu.

Demikianlah skripsi ini penulis persembahkan sebagai sebuah karya yang diharapkan dapat memberi manfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis berterima kasih apabila pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang membangun.

## SUMMARY

### **EFFECT OF OPEFB *PRETREATMENT* USING *IONIC LIQUIDS* CONTINUED WITH HYDROLYSIS WITH DILUTE SULFURIC ACID TO PRODUCE REDUCT SUGARS**

M Husnil Mubaroq: Supervised by Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.  
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya  
University.

xvii + 51 pages + 3 tables + 11 figures + 8 attachments

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) are the most abundant solid waste from the palm oil industry, which has not yet been optimally utilized. The structure of OPEFB consists of 41.3-45.0% cellulose, 25.3-33.8% hemicellulose, and 27.6-32.5% lignin. The high cellulose and hemicellulose content indicates that EFB can be used as raw material for bioethanol production, but the presence of high lignin can inhibit the breakdown of cellulose into glucose. In the bioethanol production process, the first step is the *pretreatment* of lignocellulose to break the bonds between cellulose, hemicellulose, and lignin. In this study, *pretreatment* was carried out using imidazolium chloride [IM][Cl] ionic liquids (ILs) with varying ILs weights, followed by hydrolysis with dilute sulfuric acid. Subsequently, the lignin, cellulose, and hemicellulose content was analyzed using the Chesson method. OPEFB samples before and after *pretreatment* were characterized using XRD and SEM-EDS. Meanwhile, the reducing sugar content resulting from hydrolysis was analyzed using the DNS method. *Pretreatment* with ILs affects the lignocellulose content of OPEFB. Before *pretreatment*, the contents of the lignin, cellulose, and hemicellulose were 25.58%, 29.00%, and 11.08%, respectively. Pretreatment with 2.5 g ILs resulted in the largest reduction in lignin content from 25.58% to 12.4%, with the highest hemicellulose content being 25.68%. Meanwhile, using 10 g ILs showed the highest cellulose content of 52.12%. The crystal size of OPEFB after pretreatment decreased by 19.4379%. After pretreatment, the surface structure of OPEFB became uneven, rough, more porous, and showed the presence of silica bodies. Hydrolysis of OPEFB pretreated with 2.5 g ILs showed the highest increase in reducing sugar content of 0.10498 mg/mL, compared to 0.00153 mg/mL in untreated OPEFB. These results indicate that pretreatment with ILs and heating reduces lignocellulose content, alters the crystalline structure of cellulose, changes the surface structure of OPEFB, and increases the hydrolysis capability using dilute sulfuric acid.

**Keywords:** OPEFB, Ionic Liquids, *Pretreatment*, Dilute acid hydrolysis, Lignin.

Citations: 30 (2008-2022)

## RINGKASAN

### **PENGARUH *PRETREATMENT* TKKS MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS* DILANJUTKAN HIDROLISIS DENGAN ASAM SULFAT EN CER UNTUK MENGHASILKAN GULA PEREDUKSI**

M Husnil Mubaroq: Dibimbing oleh Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xvii + 51 halaman + 3 tabel + 11 gambar + 8 lampiran

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang paling berlimpah dari industri kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal. TKKS merupakan biomassa lignoselulosa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang tinggi. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi menunjukkan bahwa TKKS dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol namun keberadaan lignin yang tinggi dapat menghambat pemecahan selulosa menjadi glukosa. Proses *pretreatment* atau delignifikasi biomassa lignoselulosa untuk memutuskan ikatan antara selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan langkah penting dalam pemanfaatan biomassa lignoselulosa TKKS. Dalam penelitian ini, dilakukan *pretreatment ionic liquids* (ILs) imidazolium klorida [IM][Cl] dengan variasi berat ILs 2,5 g; 5 g; 7,5 g; dan 10 g. Kadar lignoselulosa TKKS dianalisis menggunakan metode Chesson. Karakterisasi TKKS sebelum dan sesudah *pretreatment* dilakukan dengan XRD dan SEM-EDS. Selanjutnya, dilakukan hidrolisis TKKS menggunakan asam sulfat encer 2%. Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis dianalisis menggunakan metode DNS. *Pretreatment* menggunakan ILs mempengaruhi kadar lignoselulosa pada TKKS. Hasil penelitian menunjukkan sebelum *pretreatment*, kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa berturut-turut adalah 25,58%, 29,00%, dan 11,08%. *Pretreatment* dengan *ionic liquid* 2,5 g, menghasilkan pengurangan kadar lignin terbesar yaitu dari kadar awal 25,58% menjadi 12,4%, dengan kadar hemiselulosa tertinggi 25,68%. Sedangkan penggunaan *ionic liquid* 10 g menunjukkan kadar selulosa tertinggi yaitu 52,12%. Ukuran kristal TKKS setelah *pretreatment* mengalami penurunan sebesar 19,4379%. Struktur permukaan TKKS setelah *pretreatment* menjadi tidak rata, kasar, lebih berpori dan terlihat adanya badan silika. Hidrolisis TKKS yang diberi *pretreatment* dengan ILs berat 2,5 g menunjukkan peningkatan kadar gula pereduksi tertinggi sebesar 0,10498 mg/mL, dibandingkan pada TKKS tanpa *pretreatment* kadar gula pereduksi sebesar 0,00153 mg/mL. Hasil ini mengindikasikan bahwa *pretreatment* dengan ILs dan pemanasan menyebabkan penurunan kadar lignoselulosa, perubahan struktur kristal selulosa, perubahan permukaan TKKS, dan peningkatan kemampuan hidrolisis dengan asam sulfat encer.

**Kata Kunci:** TKKS, *Ionic Liquids*, *Pretreatment*, Hidrolisis asam encer, Lignin.

Sitasi: 30 (2008-2022)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Kelapa Sawit</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 <i>Ionic Liquids</i></b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 <i>Pretreatment</i></b> .....	<b>8</b>
<b>2.5 Lignoselulosa</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5.1 Selulosa</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5.2 Hemiselulosa</b> .....	<b>11</b>
<b>2.5.3 Lignin</b> .....	<b>11</b>
<b>2.6 Hidrolisis Lignoselulosa</b> .....	<b>12</b>
<b>2.7 Metode DNS</b> .....	<b>13</b>

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Waktu dan Tempat.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1. Alat .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2. Bahan .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.1. Persiapan Sampel.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2. <i>Pretreatment</i> dengan <i>Ionic Liquid</i>.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.3. Penentuan Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin</b>	
<b>Menggunakan Metode Chesson .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.3.1 Uji Kadar hemiselulosa (Kanani dkk., 2018).....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.3.2. Uji Kadar selulosa (Kanani dkk., 2018) .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.3.3. Uji Kadar lignin (Kanani dkk., 2018).....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.4. Karakterisasi hasil delignifikasi.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.4.1 X Ray Diffraction (XRD) .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.4.2 Scanning Electron Microscope- Energy</b>	
<b>Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS).....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.5. Hidrolisis Asam Encer .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.6 Analisa Kadar Glukosa .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.6.1 Persiapan kurva standart (Safari dkk, 2017) .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.6.2 Analisis Glukosa Hasil Hidrolisis (Putri, 2014) .....</b>	<b>18</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Pengaruh <i>Pretreatment</i> Terhadap Kadar Lignin, Selulosa dan</b>	
<b>Hemiselulosa TKKS.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1 Pengaruh <i>Pretreatment</i> Terhadap Kadar Lignin TKKS ..</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2 Pengaruh <i>Pretreatment</i> Terhadap Kadar Selulosa TKKS</b>	<b>20</b>
<b>4.1.3 <i>Pretreatment</i> Terhadap Kadar Hemiselulosa TKKS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Perbandingan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> TKKS Setelah</b>	
<b><i>Pretreatment</i> dan Non <i>Pretreatment</i> .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Perbandingan Morfologi TKKS Setelah <i>Pretreatment</i> dan Non</b>	
<b><i>Pretreatment</i> menggunakan SEM-EDS.....</b>	<b>23</b>

<b>4.4 Pengaruh <i>Pretreatment</i> Ionic Liquids Terhadap Gula</b>	
<b>Pereduksi Hasil Hidrolisis.....</b>	<b>26</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>28</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>45</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>29</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>32</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Struktur kation <i>ionic liquid</i> imidazolium dan piridinium.....	6
<b>Gambar 2.</b> Struktur glukosa dan dan selulosa .....	10
<b>Gambar 3.</b> Struktur hemiselulosa. ....	11
<b>Gambar 4.</b> Struktur a.) lignin dan b.) strktur aromatik penyusun lignin .....	12
<b>Gambar 5.</b> Reaksi DNS dengan Gula Pereduksi .....	14
<b>Gambar 6.</b> Kadar lignin TKKS sebelum dan sesudah <i>pretreatment</i> . ....	19
<b>Gambar 7.</b> Kadar Selulosa TKKS sebelum dan sesudah <i>pretreatment</i> .....	21
<b>Gambar 8.</b> Kadar hemiselulosa TKKS sebelum dan sesudah <i>Pretreatment</i> .....	21
<b>Gambar 9.</b> Difraktogram XRD TKKS sesudah dan sebelum <i>pretreatment</i> .....	22
<b>Gambar 10.</b> a) TKKS non <i>pretreatment</i> perbesaran 100x b) TKKS pretreatment perbesaran 100x c) TKKS non <i>pretreatment</i> perbesaran 500x A d) TKKS pretreatment perbesaran 500x A e) TKKS non <i>pretreatment</i> perbesaran 500x B f) TKKS non pretreatment perbesaran 500x B. ....	24
<b>Gambar 11.</b> Kadar gula pereduksi yang dihasilkan TKKS setelah dihidrolisis. .	26

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Komponen TKKS (Haniati dkk. 2021). .....	5
<b>Tabel 2.</b> Indeks kristanilitas TKKS seteah <i>pretreatment</i> dan sebelum <i>pretreatment</i> .....	22
<b>Tabel 3.</b> Analisis unsur menggunakan EDS sampel <i>pretreatment</i> dan non <i>pretreatment</i> .....	24



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Diagram Alur Penelitian .....	33
<b>Lampiran 2.</b> Penentuan kadar Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Chesoon.....	34
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Karakterisasi XRD Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	38
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Karakterisasi SEM-EDS Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	42
<b>Lampiran 5.</b> Pembuatan Larutan Standar Glukosa.....	45
<b>Lampiran 6.</b> Data Absorbansi dan Kurva Standar Glukosa .....	47
<b>Lampiran 7.</b> Data Kadar Glukosa Hidolisis Menggunakan Asam pada Tandan Kosong Kelapa Sawit Hasil Pretratmet dengan Ionic Liquids .....	48
<b>Lampiran 8.</b> Gambar Hasil Penelitian .....	50

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah limbah yang dihasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dalam industri kelapa sawit. Produk utama dari industri ini adalah Minyak Kelapa Sawit Mentah (Crude Palm Oil atau CPO). Setiap ton TBS menghasilkan sekitar 0,255 ton CPO dan 0,215 ton TKKS (Supranto et al., 2014). TKKS biasanya digunakan sebagai mulsa, bahan baku kompos, dan pakan ternak. TKKS terdiri dari 35-50% selulosa, 28-33% hemiselulosa, dan 15-17% lignin. Oleh karena itu, TKKS yang berlimpah di Indonesia memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol generasi kedua (G2) (Haniati et al., 2021).

Dalam pembuatan bioetanol, tahap awal adalah pretreatment atau delignifikasi lignoselulosa untuk memisahkan selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Delignifikasi adalah proses penghilangan lignin dari bahan baku, menghasilkan selulosa berkualitas tinggi (Yoricha et al., 2016). Berdasarkan prinsip teknologinya, metode pretreatment dapat diklasifikasikan menjadi perlakuan fisik, kimia, fisika-kimia, dan biologis (Hidayat, 2013). Metode fisik umumnya melibatkan penggunaan kekuatan mekanik untuk mengurangi ukuran substrat, tidak menghasilkan inhibitor, dan meningkatkan produksi metana, tetapi membutuhkan banyak energi. Metode kimia lebih sederhana dan memerlukan energi lebih sedikit dibandingkan metode fisik, namun tantangannya adalah menetralisasi pH setelah pretreatment. Metode biologis menggunakan enzim atau mikroba untuk mengurai lignin dan hemiselulosa, sedangkan selulosa tetap relatif utuh. Metode ini membutuhkan energi lebih sedikit dan tidak menggunakan bahan kimia, tetapi memerlukan kontrol yang cermat selama operasi (Wadchasi et al., 2019).

Delignifikasi selulosa menggunakan cairan ionik (ionic liquids, ILs) terbukti lebih efektif dibandingkan tanpa penggunaan ILs. ILs merupakan garam yang berbentuk cair pada suhu kamar dan mampu mengurangi derajat kristalinitas serta meningkatkan porositas sampel, sehingga memudahkan proses delignifikasi pada TKKS (Yoricha et al., 2016). Pretreatment dengan ILs adalah metode baru yang ramah lingkungan, efektif dalam menghancurkan ikatan lignin dan

hemiselulosa tanpa merusak struktur glukosa, mengurangi kristalinitas selulosa, memiliki volatilitas dan tekanan uap yang rendah, serta dapat didaur ulang. ILs juga memiliki sifat-sifat khusus seperti rentang suhu fluida yang luas, stabilitas termal tinggi, dan tekanan uap yang sangat rendah (Nurdin et al., 2021).

Proses hidrolisis memainkan peran penting dalam produksi bioetanol. TKKS memiliki potensi sebagai sumber glukosa melalui hidrolisis dengan asam atau enzim. Larutan gula yang dihasilkan kemudian dapat dikonversi menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi, seperti alkohol (Yoricha et al., 2016). Metode hidrolisis memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Hidrolisis asam terbagi menjadi dua jenis, yaitu hidrolisis asam pekat dan encer. Hidrolisis asam pekat memiliki keunggulan dalam hal efisiensi tinggi, kondisi operasional ringan, dan peningkatan pemecahan selulosa. Namun, kelemahannya adalah metode ini tidak ramah lingkungan, korosif, dan membutuhkan konsumsi asam yang tinggi. Hidrolisis asam encer memiliki kelebihan seperti biaya produksi lebih rendah, lebih ramah lingkungan, dan pengolahan yang lebih ekonomis. Kelemahannya adalah produksi gula yang lebih rendah, kondisi operasional yang ekstrim, dan risiko menghasilkan produk samping jika suhu terlalu tinggi (Lenihan et al., 2010). Hidrolisis enzim memiliki keunggulan ramah lingkungan dan tidak menghasilkan senyawa penghambat proses fermentasi, tetapi memiliki kelemahan berupa harga yang mahal, merupakan produk impor, dan memerlukan waktu lebih lama untuk menghidrolisis (Maharani dan Khatimah, 2020). Hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer dipilih karena metode ini umum digunakan, biaya operasionalnya lebih murah, dan ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan yang dipelajari pada penelitian ini berupa:

1. Bagaimana kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa pada sampel TKKS yang *dipretreatment* dengan berbagai konsentrasi *ionic liquids* imidazolium klorida [IM][Cl]?
2. Bagaimana karakterisasi TKKS hasil *pretreatment* menggunakan XRD dan SEM-EDS?

3. Bagaimana kadar gula pereduksi hasil hidrolisis menggunakan asam sulfat encer terhadap TKKS yang sudah terdelignifikasi dengan *ionic liquids* imidazolium klorida [IM][Cl]?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa pada sampel TKKS yang *dipretreatment* dengan berbagai konsentrasi *ionic liquids* imidazolium klorida [IM][Cl].
2. Melakukan karakterisasi TKKS hasil *pretreatment* menggunakan XRD dan SEM-EDS.
3. Menentukan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis menggunakan asam sulfat encer terhadap TKKS yang sudah terdelignifikasi dengan *ionic liquids* imidazolium klorida [IM][Cl].

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran baru terhadap pemanfaatan limbah TKKS di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan.
2. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode *pretreatment* dalam mendegradasi selulosa dengan *ionic liquids* yang telah terbukti ramah terhadap lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Admojo L., dan Setyawan B. 2018. Potensi Pemanfaatan Lignoselulosa dari Biomasa Kayu Karet. *Warta Per karetan*. 37 (1). 39-50.
- Astuti, Widi. 2018. *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Unnes Press.
- Bahrin, E.K.; Baharuddin, A.S.; Ibrahim, M.F.; Razak, M.N.A.; Sulaiman, A.; Abd-Aziz, S.; Hassan, M.A.; Shirai, Y.; and Nishida, H. 2012. Physicochemical Property Changes and Enzymatic Hydrolysis Enhancement of Oil Palm Empty Fruit Bunches Treated with Superheated Steam. *BioResource*. 7: 1784–1801.
- Financie R., Moniruzzaman M., dan Uemura Y. 2015. Characterization of Empty Fruit Bunch Treated with Ionic Liquid Prior to Enzymatic Delignification. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 10 (4). 165-170.
- Gunam I. B. W., Setiyo Y., Antara N.S., Wijaya I. M. M., Arnata I.W., dan Putra I. W. W. P. 2020. Enhanced Delignification of Corn Straw with Alkaline Pretreatment at Mild Temperature. *Rasayan Journal Chemistry*. 13 (2). 1022-1029.
- Haniati M., Fajrin A.N.A., Tetrisyanda R., dan Kuswandi K. 2021. Pra Desain Pabrik Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik ITS*. 10 (2): B164-B170.
- Hariyani N., Novia., Syarif V.L., dan Ananda S.R. 2015. Pengaruh konsentrasi Asam dan Waktu Hidrolisis pada Pembentukan bioetanol dari Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*. 4 (21). 40-47.
- Hariyanja J.W., Idiawati N., dan Rudiansyah. 2015. Optimasi Jenis dan Konsentrasi Asam pada Hidrolisis Selulosa dalam Tongkol Jagung. *JKK*. 4 (4). 66-71.
- Hidayat M.R. 2013. Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol. *BIOPROPAL INDUSTRI*. 4(1). 33-48.
- Isroi., Ishola M.M., Millati R., Syamsiah S., Cahyanto M.N. Niklasson C. and Taherzadeh M.J. 2012. Structural Changes of Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) after Fungal and Phosphoric Acid Pretreatment. *Molecules*. 17(12):14995-15012.
- Kanani, N., Rahmayetty. dan Endarto, Y. W. 2018. Pengaruh Penambahan FeCl<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Kadar Lignin pada Delignifikasi Tongkol Jagung dengan Pelarut NaOH Menggunakan Bantuan Gelombang Ultrasonic. *Jurnal Muhammadiyah Jakarta*. 17(2): 6.
- Kristiani, A., Sembiring K.C., Abimanyu H., dan Aulia F. 2013. Hidrolisis Lignoselulosa Pelepah dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Katalis Zirconia Tersulfatasi. *JKTI*. 15 (2). 74-77

- Kunz T., Lee E.J., Schiwiek V., Seewald T. and Methner F.J. 2011. Glucose – a Reducing Sugar? Reducing Properties of Sugars in Beverages and Food. *BrewingScience*. 64. 61-67.
- Lempang Mody. 2016. Pemanfaatan Lignin Sebagai Bahan Perekat Kayu. *Info Teknis EBONI*. 13(2). 139-150.
- Lenihan P., Orozco A., O’Neil e. Ahmad M.N.M., Rooney D.W. dan Walker G.M. 2010. Dilute Acid Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass. *Chemical Engenering Journal*. 152 (2). 395-403.
- Maharani D.M. dan Khadimah N. 2020. Perbandingan Hidrolisis Ubi Nagara (*Ipomea Batatas L*) Menggunakan Metode Asam-Enzim dan Enzim-Enzim. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 4(1). 8-17.
- Mohammad I.N., Ongkudon C.M., dan Misson M. 2020. Physicochemical Properties and Lignin Degradation of Thermal-Pretreated Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Energies*. 13(5966): 1-12.
- Mudzakir A., Rizky K.M., Munawaroh H.S.H., dan Puspitasari D. 2022. Oil Palm Empty Fruit Bunch Waste *Pretreatment* with Benzotriazolium-Based Ionic Liquids for Cellulose Conversion to Glucose: Experiments with Computational Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Science & Technology*. 7(2): 291-310.
- Negi S. dan Ajay K.P. 2015. Chapter 8 : Ionic Liquid *Pretreatment*. *Pretreatment of Biomass*. Uttar Pradesh, India.
- Nora S dan Marbun A. 2019. Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Keras Presisi. Pusat Pendidikan Pertanian Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian. Jakarta Selatan.
- Nurdin M., Haznan A., Hadijah P., Idal S., Maulidiyah M., Dwipayogo W., Ansharullah A., Muhammad N., La O.A.S., Zul A. dan Faizal M. 2014. Optimization of OPEFB lignocellulose transformation process through ionic liquid [TEA] [HSO<sub>4</sub>] based *pretreatment*. *Scientific Reports*. 11: 1-11.
- Pahan, I. 2008. Kelapa Sawit, Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Penebar Swadaya. Jakarta
- Putri E.S. 2014. “Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi”. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Pujiati., Ardhi M.W. dan Prastyo E.N. 2018. Bioteknologi Berbasis Proyek Produksi Purifikasi Enzim Selulase dari Kapang *Trichoderma Viride* dan Potensinya dalam Bioscouring. CV AE Media Grafika. Magetan.

- Safari S., Bahri, S., Nurhaeni. 2017. Pemanfaatan Kulit Jagung (*Zea Mays*) untuk Produksi Glukosa Menggunakan Kapang *Trichoderma* Sp. *Jurnal Kovalen*. 3(1): 17-23.
- Sutini, Widiastuty Y.R. dan Ramadhani A.N. 2019. Review: Hidrolisis Lignoselulosa dari *Agricultural Waste* Sebagai Optimasi Produksi *Fermentable Sugar*. *Equilibrium*. 3(2). 59-69.
- Sorn V, Chang, K.L., Phitsowan, P., Ratanakhanokchai, K., and Dong C. 2019. Effect of Microwave-assisted Ionic Liquid/Acidic Ionic Liquid *Pretreatment* on the Morphology, Structure, and Enhanced Delignification of Rice Straw. *Bioresource Technology*: 1-35.
- Supranto S., Ahmad T., Dedi E.Y dan Ian K. 2014. Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber Conversion to High Refined Cellulose using Nitric Acid and Sodium Hydroxide as the Delignificating Agents . *AUN/SEED-Net Regional Conference on Chemical Engineering*. 1 : 1-15.
- Wadchasit P., Chairat S., dan Khamchai N. 2020. The effect of *pretreatment* methods for improved biogas production from oil-palm empty fruit bunches (EFB): experimental and model. *International Conference on Sustainable Energy and Green Technology 2019*. 436: 1-7.
- Yoricha G., Dalimunthe S. A. P., Manurung R., dan Bangun N. 2016. Hidrolisis Hasil Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dalam Sistem Cairan Ionik Choline Chloride. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 5 (1): 27-33.