

# **KAJIAN AWAL PENGARUH PERLAKUAN AWAL, SUHU, WAKTU, DAN KONSENTRASI ASAM TERHADAP HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**CHE183640.02 Laporan Penelitian**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana  
di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh:

**Stefanny**

(2017620037)

**William.C.**

(2017620098)

Pembimbing:

**Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2021**

# **KAJIAN AWAL PENGARUH PERLAKUAN AWAL, SUHU, WAKTU, DAN KONSENTRASI ASAM TERHADAP HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**CHE183640.02 Laporan Penelitian**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana  
di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh:

**Stefanny**

(2017620037)

**William.C.**

(2017620098)

Pembimbing:

**Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

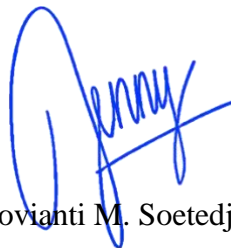
**JUDUL: Kajian Awal Pengaruh Perlakuan Awal, Suhu, Waktu, dan Konsentrasi Asam terhadap Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 02 Maret 2021

Pembimbing



Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo , S.T., M.Sc.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Stefanny

NRP : 6217037

Nama : William.C.

NRP : 6217098

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**KAJIAN AWAL PENGARUH PERLAKUAN AWAL, SUHU, WAKTU, DAN  
KONSENTRASI ASAM TERHADAP HIDROLISIS TANDAN KOSONG KELAPA  
SAWIT**

adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 28 Februari 2021



Stefanny

(6217037)



William.C.

(6217098)

## LEMBAR REVISI

**JUDUL: Kajian Awal Pengaruh Perlakuan Awal, Suhu, Waktu, dan Konsentrasi Asam terhadap Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 03 Maret 2021

Penguji Pertama



Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.

Penguji Kedua



Susiana Prasetyo, S.T., M.T.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tugas akhir pendidikan sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan informasi dari berbagai pihak mengenai topik yang penulis ambil. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam menyusun laporan penelitian ini, terutama kepada:

1. Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta saran selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orang tua dan segenap keluarga yang senantiasa selalu memberikan motivasi, dorongan, dan dukungan baik moril maupun materiil.
3. Sahabat-sahabat yang telah memberikan dukungan dan semangat.
4. Semua pihak baik secara langsung dan tidak langsung yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini sehingga selesai tepat pada waktunya.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati, penulis pun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dengan demikian, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga dapat dijadikan bekal untuk pembuatan laporan kedepannya. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, 26 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis .....	2
1.5 Hipotesis .....	3
1.6 Tujuan Penelitian .....	3
1.7 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	18
2.1 Kelapa Sawit .....	18
2.2 Limbah Kelapa Sawit.....	20
2.2.1 Limbah Cair Kelapa Sawit ( <i>POME</i> ) .....	21
2.2.2 Limbah Padat Kelapa Sawit .....	23
2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	23

2.4 Biomassa .....	25
2.4.1 Selulosa .....	27
2.4.2 Hemiselulosa .....	29
2.4.3 Lignin .....	30
2.5 <i>Bio-Refinery</i> .....	31
2.6 Piramida Biomassa.....	34
2.7 <i>Pre-Treatment</i> .....	35
2.8 Hidrolisis Asam .....	38
2.9 <i>Platform Chemicals</i> .....	39
2.9.1 Furfural.....	40
2.9.2 Sifat Senyawa dan Pembentukan Furfural .....	43
2.9.3 Kegunaan Furfural.....	48
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	51
3.1 Metodologi Penelitian .....	51
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	52
3.3 Prosedur Penelitian .....	53
3.3.1 <i>Pre-treatment</i> .....	53
3.3.2 Penelitian Utama .....	54
3.4 Variasi Percobaan .....	55
3.5 Analisis .....	56
3.6 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian .....	56
BAB 4 PEMBAHASAN .....	58
4.1 Percobaan Perlakuan Awal .....	58
4.2 Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	59



4.3 Kurva Standar .....	61
4.4 Analisis Hasil Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan HPLC.....	62
4.5 Perolehan Furfural Dengan dan Tanpa Perlakuan Awal pada TKKS.....	64
4.5.1 Perolehan Furfural terhadap Konsentrasi Asam.....	64
4.5.2 Perolehan Furfural terhadap Temperatur Reaksi .....	66
4.6 Perolehan Asam Levulinat Dengan dan Tanpa Perlakuan Awal pada TKKS .....	68
4.7 Perbandingan Perolehan Rendemen Furfural .....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	71
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran .....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS .....	78
LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEET .....	86
LAMPIRAN C DATA PENELITIAN DAN HASIL ANTARA .....	102
LAMPIRAN D GRAFIK.....	107
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN.....	117

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Tanaman kelapa sawit .....	18
<b>Gambar 2.2.</b> Luas areal perkebunan kelapa sawit (Ditjenbun, 2018) .....	19
<b>Gambar 2.3.</b> Produksi kelapa sawit berdasarkan provinsi 2015-2019 (Direktorat Jendral Perkebunan).....	19
<b>Gambar 2.4.</b> Pohon industri pemanfaatan limbah kelapa sawit (Departemen, 2006).....	20
<b>Gambar 2.5.</b> Tandan kosong kelapa sawit .....	23
<b>Gambar 2.6.</b> Tumpukan TKKS di pabrik pemerasan PTPN VIII Kebun Cikasungka Bogor (Rupaedah et al., 2019).....	25
<b>Gambar 2.7.</b> Sumber biomassa (Brown M, 2015) .....	26
<b>Gambar 2.8.</b> Struktur biomassa yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin (KIPMI,2016).....	26
<b>Gambar 2.9.</b> Struktur selulosa (Bittar, 2012).....	27
<b>Gambar 2.10.</b> (a) Struktur selulosa $\alpha$ . (b) Struktur selulosa $\beta$ (Nuringtyas, 2010).....	29
<b>Gambar 2. 11.</b> (a) Struktur xilan. (b) Struktur glukomannan (Wang, 1960) .....	29
<b>Gambar 2.12.</b> Warna lignin berdasarkan tingkat kecerahannya .....	30
<b>Gambar 2.13.</b> Gugus fungsional lignin (Lapierre, 2010).....	31
<b>Gambar 2.14.</b> Prinsip <i>bio-refinery</i> (Zeitsch, 2000).....	32
<b>Gambar 2.15.</b> Proses pembuatan biodiesel .....	32
<b>Gambar 2.16.</b> <i>Roquette</i> .....	33
<b>Gambar 2.17.</b> Diagram sederhana <i>bio-refinery</i> lignoselulosa.....	34
<b>Gambar 2.18.</b> Piramida nilai untuk biomassa (Hague & Utrecht, 2019).....	34
<b>Gambar 2.19.</b> Peran <i>pre-treatment</i> dalam konversi biomassa (P et al., 2009).....	35
<b>Gambar 2.20.</b> Estimasi harga dan volume bahan kimia berbasis bio (Soetedjo, 2017).....	40
<b>Gambar 2.21.</b> Rumus struktur furfural (Andaka, 2011).....	41
<b>Gambar 2.22.</b> Komposisi umum pada biomassa lignoselulosa dan produk turunan utama hidrolisis (João RM Almeida, Tobias Modig, 2008).....	44
<b>Gambar 2.23.</b> Dehidrasi dari gula C5 untuk produksi furfural (Zeitsch, 2000).....	46
<b>Gambar 2.24.</b> Aplikasi furfural di berbagai bidang (Machado, 2016).....	49
<b>Gambar 2.25.</b> Turunan senyawa furfural dan aplikasinya (Mathew et al., 2018).....	49
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram alir singkat penelitian.....	51
<b>Gambar 3.2.</b> Reaktor .....	52

<b>Gambar 3.3.</b> Diagram alir <i>pre-treatment</i> .....	53
<b>Gambar 3.5.</b> Diagram alir proses hidrolisis asam .....	54
<b>Gambar 4.1.</b> Hasil perlakuan awal (a) sebelum dan (b) sesudah pemanasan.....	59
<b>Gambar 4.2.</b> Contoh sampel pada konsentrasi asam 1M pada suhu 25°C selama 2 jam ...	60
<b>Gambar 4.3.</b> Contoh sampel pada suhu 120°C selama 2 jam (a) tanpa perlakuan awal, (b) dengan perlakuan awal .....	60
<b>Gambar 4.4.</b> Contoh sampel pada suhu 170°C selama 2 jam (a) tanpa perlakuan awal, (b) dengan perlakuan awal .....	61
<b>Gambar 4. 5</b> Contoh kromatogram HPLC dalam bentuk table pada sampel (T=170°C; C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> = 0,5M; t = 2 jam; <i>unpretreated</i> ) .....	62
<b>Gambar 4.6.</b> Perbandingan perolehan gula dan asam organik dengan perlakuan awal pada temperatur 170°C, C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1 M(Glukosa (marker:   ); Xilosa (marker:   ); Furfural (marker:   ); Asam Format (marker:   ); Asam levulinate (marker:   ) .....	63
<b>Gambar 4. 7</b> Perbandingan perolehan gula dan asam organic tanpa perlakuan awal dengan temperatur 170°C, C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1M (Glukosa (marker:   ); Xilosa (marker:   ); Furfural (marker:   ); Asam Format (marker:   ); Asam levulinate (marker:   ) .....	63
<b>Gambar 4. 8</b> Mekanisme singkat reaksi C5 (Dalessandro, Ellen; Pliego Jr., 2017) .....	64
<b>Gambar 4. 9</b> Pengaruh berbagai konsentrasi asam terhadap perolehan furfural (a) tanpa perlakuan awal (   ) dan (b) dengan perlakuan awal (---) (T=170°C; t=0-2 jam; C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0,5M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1M (marker:   ).....	64
<b>Gambar 4. 10</b> Pengaruh berbagai konsentrasi asam terhadap perolehan asam format (a) tanpa perlakuan awal (   ) dan (b) dengan perlakuan awal (---) (T=170°C; t=0-2 jam; C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0,5M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1M (marker:   ) .....	65
<b>Gambar 4. 11</b> Pengaruh berbagai temperatur reaksi terhadap perolehan furfural pada TKKS (a) tanpa perlakuan awal (   ) dan (b) dengan perlakuan awal (---) (C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1 M; t=0-2 jam; T=25°C (marker:   ); T=120°C (marker:   ); T=170°C (marker:   ).....	67
<b>Gambar 4. 12</b> Pengaruh berbagai temperatur reaksi terhadap perolehan asam format pada TKKS (a) tanpa perlakuan awal (   ) dan (b) dengan perlakuan awal (---) (C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1 M; t=0-2 jam; T=25°C (marker:   ); T=120°C (marker:   ); T=170°C (marker:   ) .....	67
<b>Gambar 4. 13</b> Pengaruh (a) konsentrasi asam (T=170°C) dan (b) temperatur reaksi (pada C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> = 1M ) terhadap perolehan asam levulinate selama 0 sampai 2 jam dengan tanpa perlakuan awal (   ) dan (b) dengan perlakuan awal (---) C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0,5M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1M (marker:   ); T=120°C (marker:   ); T=170°C (marker:   ).....	68
<b>Gambar 4. 14</b> Pengaruh konsentrasi asam terhadap perolehan 5-HMF pada (a) tanpa perlakuan awal dan (b) dengan perlakuan awal pada temperatur reaksi 170°C selama 0-2 jam C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =0,5M (marker:   ); C <sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> =1M (marker:   ).....	69

<b>Gambar A.1.</b> <i>Moisture analyzer instrument</i> .....	78
<b>Gambar A.2.</b> Diagram Alir Analisa Kadar Air .....	79
<b>Gambar A.3.</b> Diagram alir pembuatan kurva standar untuk analisa dengan HPLC .....	80
<b>Gambar A.4.</b> Diagram alir analisa sampel hasil hidrolisis.....	81
<b>Gambar A.5.</b> Diagram Alir Proses Hidrolisis Asam .....	83
<b>Gambar A.6.</b> Diagram Alir Analisis Kandungan Larutan Sampel TKKS Hasil.....	84
<b>Gambar A.7.</b> Diagram Alir Pembuatan Kurva Standar Gula.....	85

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Persentase kandungan lignoselulosa dalam TKKS.....	1
<b>Tabel 1.2.</b> Tabel premis <i>pre-treatment</i> basa berbahan TKKS .....	6
<b>Tabel 1.3.</b> Tabel premis <i>pre-treatment</i> kimia .....	8
<b>Tabel 1.4.</b> Tabel premis berbahan TKKS .....	12
<b>Tabel 1.5.</b> Tabel premis berbahan lainnya .....	16
<b>Tabel 2.1.</b> Jenis, Potensi, dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit (Departemen, 2006) 21	
<b>Tabel 2.2.</b> Parameter lingkungan limbah lair (Departemen, 2006)(Bapedal,Kepmen LH Nomor 51/MenLH/10/1995).....	22
<b>Tabel 2.3.</b> <i>Properties</i> tandan kosong kelapa sawit .....	23
<b>Tabel 2.4.</b> Komposisi kimia TKKS (Choi et al., 2013; Nurul Hazirah et al., 2014) .....	24
<b>Tabel 2.5.</b> Kelebihan dan kekurangan metode <i>pre-treatment</i> (P et al., 2009) .....	37
<b>Tabel 2.6.</b> Proses produksi furfural secara komersial .....	42
<b>Tabel 2.7.</b> Sifat furfural (Mathew et al., 2018; Setyadji, 2007).....	43
<b>Tabel 3.1.</b> Variasi percobaan <i>pre-treatment</i> 55	
<b>Tabel 3.2.</b> Variasi percobaan penelitian.....	55
<b>Tabel 3.2.</b> Variasi percobaan penelitian (Lanjutan).....	56
<b>Tabel 3.3.</b> Jadwal kerja penelitian.....	57
<b>Tabel 4.1.</b> Variasi dan hasil dari perlakuan awal menggunakan NH <sub>4</sub> OH 58	
<b>Tabel 4. 2</b> Waktu retensi masing-masing komponen.....	62

## INTISARI

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Selain sebagai penghasil, limbah dari kelapa sawit ini juga sangat besar dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan. Salah satu limbahnya adalah TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) yang merupakan biomassa lignoselulosa. Sehingga, TKKS ini dapat dimanfaatkan menjadi salah satu *platform chemical* yaitu Furfural. Permintaan Furfural di dunia sangat tinggi karena harganya yang cukup murah dan turunannya yang banyak. Namun, perolehannya cukup sulit karena furfural merupakan produk tengah yang mudah terdegradasi menjadi produk degradasi seperti asam format. Pada penelitian ini akan dilakukan hidrolisis TKKS menjadi furfural dengan berbagai macam kondisi operasi dan efektivitas perlakuan awal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi TKKS yang merupakan limbah kelapa sawit menjadi furfural. Sulitnya produksi furfural karena mudah terdegradasi dapat diatasi dengan percobaan mencari kondisi operasi yang tepat antara tiga variabel yang saling berhubungan, yaitu suhu, waktu dan konsentrasi asam. Selain itu, jumlah limbah TKKS juga dapat berkurang dan mengurangi permasalahan limbah kelapa sawit di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode reaksi hidrolisis asam. Umpan TKKS yang digunakan akan dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  5% selama 1-2 jam dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  10% selama 1 jam. Kondisi perlakuan awal yang terbaik adalah dengan menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  5% selama 1 jam. Reaksi hidrolisis akan dilakukan dalam reaktor *batch* dengan umpan TKKS sebesar 1 gram dan katalis asam  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Variasi konsentrasi asam yang digunakan adalah 0M, 0,5M, dan 1M. Reaksi berlangsung selama 0-2 jam dengan temperatur reaksi  $25^\circ\text{C}$ ,  $120^\circ\text{C}$ , dan  $170^\circ\text{C}$ . Kondisi operasi terbaik pada TKKS tanpa perlakuan awal adalah pada temperatur reaksi  $170^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi asam 1M selama 1 jam, dengan perolehan rendemen sebesar 0,008 g/g furfural. Sedangkan pada TKKS dengan perlakuan awal adalah pada temperatur  $170^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi asam 0,5M selama 1 jam, dengan perolehan rendemen sebesar 0,014 g/g furfural.

Kata Kunci: TKKS, perlakuan awal, hidrolisis, biomassa lignoselulosa, furfural

## ABSTRACT

Indonesia is the largest palm oil producing country in the world. Apart from being a producer, the waste from palm oil is also very large and only a small part is used. One of the wastes is OPEFB (Oil Palm Empty Fruit Bunches) which is lignocellulosic biomass. So, this OPEFB can be used as a platform chemical, namely Furfural. Furfural demand in the world is very high because the price is quite cheap and there are many derivatives. However, obtaining it is quite difficult because furfural is an intermediate product that is easily degraded into degradation products such as formic acid. In this research, OPEFB hydrolysis to furfural will be carried out with various operating conditions and the effectiveness of the pretreatment.

This study aims to convert OPEFB which is palm oil waste into furfural. The difficulty of furfural production because it is easily degraded can be overcome by trying to find the right operating conditions between three interrelated variables, namely temperature, time and acid concentration. In addition, the amount of OPEFB waste can also be reduced and minimize the problem of palm oil waste in Indonesia.

This research was conducted using the acid hydrolysis reaction method. The OPEFB feed used will be pre-treated first using 5% NH<sub>4</sub>OH for 1-2 hours and 10% NH<sub>4</sub>OH for 1 hour. The best pretreatment condition is to use 5% NH<sub>4</sub>OH for 1 hour. The hydrolysis reaction will be carried out in a batch reactor with 1 gram of OPEFB feed and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> acid catalyst. The variations in the concentration of the acid used were 0M, 0.5M, and 1M. The reaction lasts for 0-2 hours with reaction temperatures of 25°C, 120°C, and 170°C. The best operating conditions in OPEFB without pretreatment were at a reaction temperature of 170°C with an acid concentration of 1M for 1 hour, with a rendement of 0.008 g / g furfural. Meanwhile, the OPEFB with pretreatment was at a temperature of 170°C with an acid concentration of 0.5M for 1 hour, with a rendement of 0.014 g / g furfural.

Keyword: OPEFB, pretreatment, hydrolysis, lignocellulosic biomass, furfural

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkebunan kelapa sawit di Indonesia semakin luas dan terus meningkat setiap tahunnya. Hal tersebut memberi dampak positif terhadap penghasilan negara dimana tercatat bahwa kelapa sawit telah menyumbangkan devisa non migas sebesar USD 16,53 miliar pada tahun 2018 (LIPI, 2020). Negara Indonesia sendiri tercatat menguasai 56% minyak kelapa sawit dunia yang menjadikan Indonesia penghasil kelapa sawit terbesar di dunia (Quartz, 2019).

Dalam pengolahan di industri kelapa sawit, satu buah tandan buah segar (TBS) akan menghasilkan produk utama berupa *crude palm oil* (CPO) dan minyak inti kelapa sawit, lalu sisa dari hasil produksi adalah limbah padat dan limbah cair seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang dan tempurung, serta POME. Dengan adanya peningkatan produksi minyak kelapa sawit setiap tahunnya maka limbah yang dihasilkan tentunya juga akan meningkat.

Tandan kosong kelapa sawit sendiri merupakan salah satu bahan yang mengandung biomassa lignoselulosa.

**Tabel 1.1** Persentase kandungan lignoselulosa dalam TKKS

Komponen	Fraksi Massa (%wt)
Selulosa	59,7
Hemiselulosa	22,1
Lignin	18,1
Lainnya	0,1

Sejauh ini pemanfaatan TKKS dapat dikatakan belum maksimal karena TKKS hanya digunakan sebagai bahan bakar *boiler*, pupuk, pakan ternak, mulsa, dan briket. Padahal TKKS sendiri kaya akan biomassa lignoselulosa yang berpotensi untuk diolah lebih lanjut menjadi *platform chemicals* seperti furfural yang memiliki peran penting dalam berbagai industri dan memiliki nilai jual yang tinggi. Senyawa furfural sendiri banyak digunakan dan



dibutuhkan oleh berbagai bidang industri, seperti farmasi, pertanian, polimer, resin, dan banyak lagi. Kebutuhan furfural dalam negeri dapat dipenuhi dengan mengandalkan impor dari negara lain padahal Negara Indonesia sendiri kaya akan bahan biomassa yang mana jika berhasil diolah maka Negara Indonesia mampu memproduksi *platform chemical* secara mandiri. Selain itu, penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui kondisi yang *moderate* dan optimum sehingga diperoleh *yield* furfural yang tinggi dengan energi yang *moderate* yang mana banyak penelitian lebih condong menggunakan kondisi operasi yang ekstrim.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat terbesar yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit mengandung biomassa lignoselulosa yang dapat oleh lebih lanjut menjadi produk dengan nilai yang jauh lebih tinggi, yaitu furfural. Pengolahan tandan kosong kelapa sawit menjadi produk furfural dimulai dengan perlakuan awal secara mekanik lalu perlakuan awal secara kimiawi menggunakan ammonium hidroksida lalu hidrolisis menggunakan asam sulfat. Hidrolisis tandan kosong kelapa sawit dilakukan dengan berbagai kondisi operasi.

## 1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari tema sentral masalah di atas, ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan persentase rendemen furfural yang dihasilkan pada hidrolisis tandan kosong kelapa sawit dengan dan tanpa perlakuan awal secara kimiawi?
2. Bagaimana perbedaan persentase rendemen furfural yang dihasilkan pada berbagai kondisi operasi hidrolisis (waktu, temperatur, dan konsentrasi asam sulfat)?

## 1.4 Premis

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa literatur yang memiliki korelasi dan hubungan dengan penelitian seperti pada Tabel 1.2 untuk menetapkan jenis *pre-treatment* secara kimiawi, pada Tabel 1.3 untuk menetapkan variasi penelitian, variabel proses, bahan, dan alat yang sesuai dengan penelitian menggunakan bahan tandan kosong kelapa sawit, sedangkan pada Tabel 1.4 untuk bahan biomassa lainnya selain tandan kosong kelapa sawit.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dibuat berdasarkan studi literatur yang dituangkan dalam tabel premis sebelumnya adalah:

1. Persentase rendemen furfural yang diperoleh dari hidrolisis tandan kosong kelapa sawit dengan perlakuan awal kimia lebih baik dibanding tanpa perlakuan kimia.
2. Semakin tinggi temperatur operasi, maka persentase rendemen furfural akan semakin tinggi.
3. Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat, maka persentase rendemen furfural akan semakin tinggi.
4. Semakin lama waktu reaksi operasi, maka persentase rendemen furfural akan semakin tinggi.

## 1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengolah biomassa lignoselulosa yang terkandung dalam tandan kosong kelapa sawit menjadi salah satu platform chemical yaitu furfural. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh pre-treatment secara kimiawi terhadap penghilangan lignin dan perolehan furfural.
2. Mempelajari pengaruh variasi kondisi operasi (waktu, temperatur, dan konsentrasi asam) terhadap rendemen furfural.

## 1.7 Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain:

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mempelajari metode *pre-treatment*, konversi biomassa hidrolisis, beserta analisis produk akhir hasil hidrolisis dan mengetahui kondisi optimum untuk memperoleh furfural dengan rendemen atau *yield* tertinggi.
2. Bagi negara, penelitian ini diharapkan dapat menjadi batu loncatan dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah dari industri kelapa sawit sehingga dapat memproduksi *platform chemicals* yang penting dan memiliki nilai jual tinggi secara mandiri.

3. Bagi industri kelapa sawit, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai salah satu alternatif dalam mengolah limbah padat yang dihasilkan dalam proses produksinya.
4. Bagi masyarakat di sekitar industri kelapa sawit, penelitian ini diharapkan dapat menciptakan lapangan kerja dalam pengolahan limbah industri kelapa sawit.

**Tabel 1.2.** Tabel premis *pre-treatment* basa berbahan TKKS

Bahan	Jenis	Kandungan			Kondisi Operasi				Hasil (Optimum)	Pustaka
	Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Larutan	Keterangan		
TKKS	Basa	Selulosa: 39,8%	70 gram	30 mesh	t.d	5,99 menit	NaOH 2% 700 mL	Pengecilan ukuran, pengeringan dengan 125°C selama 24 menit. <i>Pretreatment</i> kimia dilakukan dengan perendam, dan menggunakan <i>microwave</i> 560 watt.	%hemiselulosa: 23,22%	(Sadrina, I.N., et al; 2019)

**Tabel 1.2.** Tabel premis *pre-treatment* basa berbahan TKKS (lanjutan)

Bahan	Jenis	Kandungan			Kondisi Operasi				Hasil (Optimum)	Pustaka
	Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Larutan	Keterangan		
TKKS	Basa	Selulosa: 26,93%	30 gram	60 mesh	t.d	12 menit	NaOH 1 M 150 mL	Pencucian, penjemuran selama 24 jam, pengecilan ukuran, pengeringan dengan oven 100- 110°C selama 24 jam	Selulosa: 57,76%	(Muslimah, H.H; 2017)
		Hemiselulosa: 30,97%							Hemiselulosa: 18,31%	
		Lignin: 17,61%							Lignin: 14,98%	
		Lainnya: 24,49%							Lainnya: 8,96%	

**Tabel 1.2.** Tabel premis *pre-treatment* basa berbahan TKKS (lanjutan)

Bahan	Jenis	Kandungan	Kondisi Operasi						Keterangan	Hasil (Optimum)	Pustaka
			Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi			
TKKS	Basa	Xylan: 21,4% Glucan: 36,3% Lignin: 21,3%	60 gram	t.d	Tempe	12 jam	NaOH 1,5% 300mL	Pengeringan di bawah matahari	Xylan: 28,3% Glucan: 44,9% Lignin: t.d	(Choi., et al; 2013)	

**Tabel 1.3.** Tabel premis *pre-treatment* kimia

Bahan	Jenis	Kandungan	Kondisi Operasi						Keterangan	Hasil (Optimum)	Pustaka
			Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi			
Batang Padi	Basa	Selulosa: 35% Hemiselulosa: 25% Lignin: 7%	100 gram	2 mm	110°C	1 jam	2 wt% NaOH	Diaduk selama 1 jam, dicuci hingga pH netral	Selulosa: 76% Hemiselulosa: 13% Lignin: 4%	(Ioelovich, M., & Morag, E; 2012)	

**Tabel 1.3.** Tabel premis *pre-treatment* kimia

Bahan	Jenis	Kandungan		Kondisi Operasi					Hasil (Optimum)	Pustaka
	Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Larutan	Keterangan		
Tebu	Basa	Glucan: 28,8%	t.d	t.d	t.d	t.d	NaOH	-	Glucan: 42,88%	(Beukes, N; 2011)
		Xylan: 14,2%							Xylan: 17,5%	
		Lignin: 42,4%							Lignin: 15,65%	
Rumput Gajah	Basa	Selulosa: 37%	100 gram	2 mm	110°C	1 jam	2 wt% NaOH	Diaduk selama 1 jam dan setelah <i>dipretreatment</i> , dicuci hingga pH netral.	Selulosa: 65%	(Ioelovich, M., & Morag, E; 2012)
		Hemiselulosa: 28%							Hemiselulosa: 16%	
		Lignin: 18%							Lignin: 12%	

**Tabel 1.3.** Tabel premis *pre-treatment* kimia (lanjutan)

Bahan	Jenis	Kandungan	Kondisi Operasi					Keterangan	Hasil (Optimum)	Pustaka
			Larutan	Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi			
Jerami Padi	Organik	Selulosa: 35,49% Xylan: 16,03% Lignin: 14,84%	t.d	t.d	130°C	8 jam	ChCl	-	Selulosa: 26,20% Xylan: 12,43% Lignin: 8,20%	(Nurwadah., et al; 2015)
TKKS	Asam	Selulosa: 36% Hemiselulosa: 25% Lignin: 18%	25 gram	t.d	120°C	2 jam	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9% 500mL	Pengeringan di bawah sinar matahari	Selulosa: 43% Hemiselulosa: 27% Lignin: 11%	(Iriadi., et al; 2019)



**Tabel 1.3.** Tabel premis *pre-treatment* kimia (lanjutan)

Bahan	Jenis	Kandungan	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
	Larutan		Awal	<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Larutan		
TKKS	Asam	Glukan: 38,31% Xylan: 11,09% Lignin: 39,82%	t.d	2 mm	121°C	90 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%	-	Glukosa: 24,2% Xylosa: 93,4%	(Gonzales, R. R., et al; 2016)
Batang Padi	Asam	Selulosa: 35% Hemiselulosa: 25% Lignin: 7%	100 gram	2 m	110°C	1 jam	3 wt% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Diaduk selama 1 jam dan setelah <i>dipretreatment</i> , dicuci hingga pH netral.	Selulosa: 60% Hemiselulosa: 5% Lignin: 13%	(Ioelovich, M., & Morag, E; 2012)

**Tabel 1.4.** Tabel premis berbahan TKKS

Bahan	<i>Pretreatment</i>	Kondisi Operasi					Keterangan (Kondisi Optimum)	Hasil (Optimum)	Pustaka
		<i>Feed Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis			
TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan dengan oven (60°C;24 jam)	10 gram	10 mesh	90°C	15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15% 250mL	Menggunakan gelombang mikro 400 W; 10 gram; 10 mesh; 90°C; 75 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15% 250mL.	Konsentrasi furfural 1,34 mg/mL	(Rahim, M., et al; 2015)
TKKS	Pemecahan biomassa dan pengeringan dengan matahari	25 gram	t.d.	120°C	60, 90, 120 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9%,  NaOH 9%	25 gram; 120°C; 120 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9% 500mL	<i>Yield</i> furfural 8,64%	(Iriadi., et al; 2019)

**Tabel 1.4.** Tabel premis berbahan TKKS (lanjutan)

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan (Kondisi Optimum)		
TKKS	Pengecilan ukuran dan Pengeringan (60°C;24 jam)	10 gram	12 mesh	90°C	75 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3%; 6%; 9%; 12%; 15%; 18% 250mL	Menggunakan <i>microwave</i> <i>power</i> 800W; 10 gram; 12 mesh; 90°C; 75 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9% 250mL	<i>Yield</i> furfural 0,962%	(Kusyanto, K., et al; 2019)
TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan	50 gram	20 mesh	100°C	120, 180, 240 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 6%; 9%; 12%	50 gram; 20mesh; 100°C; 180 menit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 9%	Volume furfural 13 mL	(Kurniasih, E; 2019)

**Tabel 1.4.** Tabel premis berbahan TKKS (lanjutan)

Bahan	<i>Pretreatment</i>	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
		<i>Feed</i> <i>Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan (Kondisi Optimum)		
TKKS	Pembersihan, pencacahan, dan pengecilan ukuran	100 gram	t.d	120°C	120, 180, 210 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5%; 7,5% 500mL	Menambahkan 125g NaCl; 100 gram; 120°C; 180 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7,5% 500mL	<i>Yield</i> furfural 13,22%	(Sampepana, E., et al; 2011)
TKKS	Pengecilan, perendaman dengan <i>aquaeous</i> <i>ammonia</i> 5% selama 1 hari	t.d	30 mesh	170, 180, 190 °C	5, 10,	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3% (1:20)	30 mesh; 170°C; 20 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3% (1:20)	<i>Yield</i> furfural 27,94%	(Panjaitan, J. R.H., et al; 2017)

**Tabel 1.4.** Tabel premis berbahan TKKS (lanjutan)

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan (Kondisi Optimum)		
TKKS	Pereaksian dengan NaHSO <sub>3</sub> 8% selama 30 menit	t.d	t.d	180°C	25, 50, 100 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,25; 0,5; 0,75; 3; 4;5; 6%	180°C; 25 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,75%	Konsentrasi furfural 18,8 g/L	(Tan, L., et al; 2016)
TKKS	Pengeringan, pengecilan ukuran, NaOH 0,5M serta menggunakan autoklaf pada 121 <sup>0</sup> C selama 12 menit	t.d	250, 500, 710, 1000 microns	45°C	60 menit	HCl 10-30% 100mL	250 microns; 45°C; 60 menit; HCl 10% 100mL	Konsentrasi furfural 22,5 g/L	(Najafpour, G; 2007)

**Tabel 1.5.** Tabel premis berbahan lainnya

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
		<i>Feed</i> <i>Loading</i>	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan (Kondisi Optimum)		
Sekam Padi	Penghalusan dan pengeringan dengan oven (100°C; 1 jam)	50 gram	80 mesh	85°C	4 jam	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1%;3%;5%; 7%;9% 500mL	50 gram; 80 mesh; 85°C; 4 jam; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1% 500mL	<i>Yield</i> furfural 1,815%	(Juwita, R., et al; 2012)
Sekam Padi	Penghalusan dan pengeringan dengan oven (100°C; 1jam)	50 gram	80 mesh	85°C	4 jam	HCl 1%;3%;5%; 7%;9% 500mL	50 gram; 80 mesh; 85°C; 4 jam; HCl 1% 500mL	<i>Yield</i> furfural 1,126%	(Juwita, R., et al; 2012)

**Tabel 1.5.** Tabel premis berbahan lainnya (lanjutan)

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Hasil (Optimum)	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	Waktu Operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan (Kondisi Optimum)		
Sekam Padi	Pembersihan, pengeringan dengan oven (100°C;1 jam)	50 gram	100 mesh	30,50, 70,100 ,105°C	10,40 70,100 130 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1% 250mL	50 gram; 100 mesh; 105°C; 100 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1% 250mL	Konsentrasi furfural 10,741 mol/L	(Amborowati, C., et al; 2016)
Jerami Padi	Pengecilan ukuran dan pengeringan dengan oven (100- 105°C;3 jam)	10 gram	60 mesh	100°C	60, 120, 180, 240, 300 menit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1%; 3%; 5% 250mL	Penambahan 250mL HCl 12%; 10 gram; 60 mesh; 100°C; 60 menit; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1% 250mL	Yield furfural 5,441%	(Mardina, P., et al; 2014)