

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

Laporan Penelitian (CHE184650.04)

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

oleh:

Andreas Adi Wicaksono

(2016620050)

Pembimbing:

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



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

2021

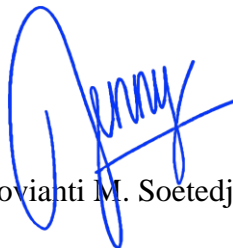
LEMBAR PENGESAHAN

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

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 21 Februari 2021

Pembimbing



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

Program Studi Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan
Bandung

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andreas Adi Wicaksono

NRP : 6216050

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

KAJIAN AWAL PENGARUH 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, 4 Maret 2021



Andreas Adi Wicaksono
(6216050)

INTISARI

Pada industri kelapa sawit, proses produksi akan menghasilkan limbah berupa limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat yang terdiri dari cangkang, serabut, tandan kosong saat ini lebih banyak dijadikan pupuk, pakan ternak, arang, kompos dan lainnya. Di sisi lain, apabila melihat kandungan biomassa lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, dapat diolah lebih lanjut menjadi beberapa produk seperti *platform chemicals*. *Platform chemicals* merupakan senyawa kimia yang mempunyai nilai jual dan nilai guna yang tinggi. Salah satu *platform chemicals* yaitu asam levulinat dan furfural. Pengolahan lignoselulosa dapat dilakukan dengan memecah rantai panjang selulosa dan hemiselulosa melalui proses hidrolisis dengan bantuan katalis berupa asam sulfat.

Tahapan proses hidrolisis pada tandan kosong kelapa sawit yaitu berupa proses *pretreatment*, hidrolisis tandan kosong kelapa sawit, dan analisa sampel oleh kolom kromatografi HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Proses *pretreatment* fisik pada tandan kosong kelapa sawit berupa pencucian, pengeringan dan pengecilan ukuran. Proses hidrolisis tandan kosong kelapa sawit berlangsung pada reaktor dengan volume 10 mL yang dipanaskan menggunakan *hotplate* dan media panas berupa *silicon oil*. Variasi yang dilakukan berupa konsentrasi asam, waktu reaksi, dan suhu reaksi. Waktu reaksi divariasikan pada 6, 10, 20 dan 45 menit, suhu reaksi 120⁰C, 150⁰C dan 170⁰C serta konsentrasi asam yang digunakan 0,05 M, 0,1 M, 0,15 M dan 0,5 M.

Hasil dari analisa produk akhir menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi asam dan suhu akan mempengaruhi perolehan gula (glukosa, arabinosa dan xilosa) dan asam organik (asam asetat, asam levulinat, dan furfural). Perolehan gula akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu reaksi dan konsentrasi asam. Perolehan furfural akan meningkat hingga mencapai titik optimum dan akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu reaksi. Furfural dapat diperoleh pada waktu reaksi 10 menit, konsentrasi asam 0,5 M dan suhu 170⁰C.

Kata Kunci: hidrolisis, tandan kosong kelapa sawit, furfural, asam levulinat, HPLC

Abstract

In the palm oil industry, the production process will produce waste in the form of solid waste, liquid waste and gas waste. Solid waste consisting of shells, fibers, empty bunches is now more used as fertilizer, animal feed, charcoal, compost and others. On the other hand, when looking at the biomass content of lignocellulose consisting of cellulose, hemicellulose and lignin, it can be further processed into several products such as platform chemicals. Platform chemicals are chemical compounds that have a high selling value and useful value. One of the chemicals platform is levulinic acid and furfural. Lignocellulose treatment can be done by breaking down long chains of cellulose and hemicellulose through the process of hydrolysis with the help of catalysts in the form of sulfuric acid.

The stages of the hydrolysis process in empty palm bunches are pretreatment process, hydrolysis of empty palm bunches, and sample analysis by HPLC (High Performance Liquid Chromatography) chromatography column. Physical pretreatment process on empty bunches of palm oil in the form of washing, drying and downsizing. The process of hydrolysis of empty palm bunches takes place in reactors with a volume of 10 mL heated using hotplates and hot media in the form of silicon oil. Variations are made in the form of acid concentration, reaction time, and reaction temperature. Reaction times varied at 6, 10, 20 and 45 minutes, reaction temperatures were 120⁰C, 150⁰C and 170⁰C and acid concentrations used were 0.05 M, 0.1 M, 0.15 M and 0.5 M.

The results of the final product analysis showed that changes in acid concentration and temperature will affect the acquisition of sugars (glucose, arabinosa and xilosa) and organic acids (acetic acid, levulinic acid, and furfural). The sugar gain will increase as the reaction time increases and the concentration of acid increases. Furfural gains will increase to the optimum point and will decrease as reaction times increase. Furfural can be obtained at a reaction time of 10 minutes, an acid concentration of 0.5 M and a temperature of 170⁰C.

Keyword: palm oil empty fruit brunches, hydrolysis, furfural, levulinic acid, HPLC

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan anugerah-Nya, laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan 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 mendapat bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan informasi dari berbagai pihak mengenai topik yang penulis ambil. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam menyusun laporan penelitian, terutama kepada:

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

Akhir kata, dengan kerendahan hati, penulis menyadari dengan masih banyaknya kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dengan demikian, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga ke depannya dapat menjadi bekal untuk pembuatan laporan selanjutnya. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi Semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR REVISI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	8
1.6 Tujuan Penelitian.....	8
1.7 Manfaat Penelitian	8
BAB II.....	10
TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Kelapa Sawit	10
2.1.1 Selulosa	12
2.1.2 Hemiselulosa	13
2.1.3 Lignin	13
2.2 Bio-Refinery	14
2.3 Platform Chemicals.....	14
2.3.1 Furfural	16
2.3.2 Asam Levulinat	22
2.4 Pembentukan Furfural	23
2.5 Pembuatan Asam Levulinat	26
BAB III.....	29
METODOLOGI PENELITIAN	29

3.1 Metodologi Penelitian.....	29
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	31
3.3.1 <i>Pretreatment</i>	31
3.3.2 Penentuan Nilai Perpindahan Panas	32
3.3.2 Penelitian Utama	33
3.4 Variasi Percobaan.....	38
BAB IV.....	40
PEMBAHASAN	40
4.1 Percobaan Hidrolisis	40
4.2 Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit	41
4.3 Kurva Standar	41
4.3.1 Kurva Standar Glukosa	42
4.3.2 Kurva Standar Xilosa	43
4.3.3 Kurva Standar Asam Format.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.4 Kurva Standar Asam Asetat	43
4.3.5 Kurva Standar Asam Levulinat.....	44
4.3.7 Kurva Standar Furfural	45
4.4 Analisa Hasil Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	45
4.4.1 Peroleh Gula Terhadap Variasi Percobaan	47
4.4.2 Perolehan Asam Organik Terhadap Variasi Percobaan	56
4.5 Perolehan Asam Levulinat Hasil Reaksi Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit	67
4.6 Perolehan Furfural Hasil Reaksi Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit	68
BAB V	71
KESIMPULAN	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN A	76
PROSEDUR ANALISIS	76
A.1 Analisa Sampel	76
LAMPIRAN B	79
<i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	79
B.1 Asam Sulfat	79

B.2 Asam Levulinat.....	81
B.3 Furfural	84
B.4 Gliserol.....	87
B.6 Silicon Oil.....	89
C.1 Hubungan Panas Reaktor.....	93
C.2 Kurva Standar	94
C.2.1 Glukosa.....	94
C.2.2 Xilosa.....	94
C.2.3 Furfural	95
C.2.4 Fruktosa	95
C.2.5 Arabinosa.....	95
C.2.6 Asam Levulinat	96
C.2.7 Asam Asetat	96
C.2.8 Asam Formiat	96
C.2.9 5-HMF	96
C.2.10 Asam Laktat	97
C.3 Run Utama.....	97
D.1 Hubungan Panas	100
LAMPIRAN E.....	102
E.1 Pembuatan Kurva Standar	102
E.2 Perolehan Produk Hidrolisis.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Produksi Kelapa Sawit Per Tahun	2
Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit [5]	11
Gambar 2.2 Struktur Selulosa	13
Gambar 2.3 Prinsip Biorefinery (Zeitsch, 2000)	14
Gambar 2.4 Struktur Kimia Furfural	17
Gambar 2.5 Senyawa Turunan Furfural (Machado, 2016)	20
Gambar 2.6 Kebutuhan Impor Furfural di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2018)	22
Gambar 2.7 Turunan Senyawa dari Asam Levulinat	23
Gambar 2.8 Produksi Furfural dari Hemiselulosa	23
Gambar 2.9 Dehidrasi Gula C ₅ pada produksi Furfural	24
Gambar 2.10 Mekanisme Pemutusan Ikatan Hemiselulosa Menjadi Xylose	24
Gambar 2.11 Mekanisme Pembentukan Furfural dari Xylose	25
Gambar 2.12 Mekanisme Pemutusan Rantai Selulosa menjadi Glukosa	26
Gambar 2.13 Pembentukan Senyawa Asam Levulinat dari HMF	27
Gambar 2.14 Pembentukan Senyawa Asam Levulinat dari Gula C ₅	27
Gambar 2.15 Pembentukan Senyawa HMF	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Singkat Penelitian	29
Gambar 3.2 Rangkaian Alat Utama Penelitian	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Pretreatment	31
Gambar 3.4 Penentuan Koefisien Perpindahan Panas	32
Gambar 3.5 Reaktor dengan Indikator Suhu	33
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian Utama	34
Gambar 3.7 Wadah Reaktor	35
Gambar 3.8 Isi dari Wadah Reaktor yang Berisi Silicon Oil	35
Gambar 3.9 Reaktor	36
Gambar 3.10 Thermocouple tipe K	36
Gambar 3.11 HPLC	37
Gambar 3.12 Contoh Kromatogram dari HPLC	37

Gambar 4.1 Rangkaian Alat Percobaan.....	40
Gambar 4.2 Profil Kenaikan Suhu Pada Reaktor Pada Pengaturan Suhu Reaksi (a. 120 ⁰ C; b. 150 ⁰ C; c.170 ⁰ C).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Kurva Standar dari Senyawa Glukosa	42
Gambar 4.4 Kurva Standar dari Senyawa Xilosa	43
Gambar 4.5 Kurva Standar dari Senyawa Asam Formiat.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Kurva Standar dari Senyawa Asam Asetat	44
Gambar 4.7 Kurva Standar dari Senyawa Asam Levulinat	44
Gambar 4.8 Kurva Standar dari Senyawa Furfural.....	45
Gambar 4.9 Contoh Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Gula Pada Suhu 120 ⁰ C	46
Gambar 4.10 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Glukosa [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	47
Gambar 4.11 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Xilosa [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	48
Gambar 4.12 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Arabinosa [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	48
Gambar 4.13 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Glukosa [T = 150 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	49
Gambar 4.14 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Xilosa [T = 150 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	49
Gambar 4.15 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Arabinosa [T = 150 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	50
Gambar 4.16 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Glukosa [T = 170 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)]	50
Gambar 4.17 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Xilosa [T = 170 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)]	51
Gambar 4.18 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Arabinosa [T = 170 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)]	51
Gambar 4.19 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Glukosa [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	52
Gambar 4.20 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Xilosa [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	52
Gambar 4.21 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Arabinosa [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	53

Gambar 4.22 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Glukosa [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	53
Gambar 4.23 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Glukosa [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	54
Gambar 4.24 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Glukosa [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	54
Gambar 4.25 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Glukosa [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	55
Gambar 4.26 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Xilosa [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	55
Gambar 4.27 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Arabinosa [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	56
Gambar 4.28 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Asetat [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	57
Gambar 4.29 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Levulinat [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	58
Gambar 4.30 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Furfural [M = 0,05 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	58
Gambar 4.31 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Asetat [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	59
Gambar 4.32 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Levulinat [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	59
Gambar 4.33 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Levulinat [M = 0,1 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	60
Gambar 4.34 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Asetat [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	60
Gambar 4.35 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Asam Levulinat [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	61
Gambar 4.36 Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Furfural [M = 0,15 M; t = 0-45 menit; 120 ⁰ C (marker: -); 150 ⁰ C (marker: -); 170 ⁰ C (marker: -)]	61
Gambar 4.37 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Asetat [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	62
Gambar 4.38 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Levulinat [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	62
Gambar 4.39 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Furfural [T = 120 ⁰ C; t = 0-45 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	63

Gambar 4.40 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Asetat [T = 150 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)]	63
Gambar 4.41 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Levulinat [T = 150 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -)].....	64
Gambar 4.43 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Asetat [T = 170 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)]	65
Gambar 4.44 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Asam Levulinat [T = 170 ⁰ C; t = 0-10 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)]..	65
Gambar 4.45 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Perolehan Furfural [T = 170 ⁰ C; t = 0-60 menit; 0,05M (marker: -); 0,1 M (marker: -); 0,15 M (marker: -); 0,5 M (marker: -)] *data pada waktu reaksi 30, 45 dan 60 menit pada konsentrasi asam 0,5 M berasal dari peneliti sebelumnya*	66
Gambar 4.46 Penyederhanaan Mekanisme Pembentukan Asam Levulinat	67
Gambar 4.47 Penyederhanaan Reaksi Hidrolisis dari Hemiselulosa Menjadi Furfural	69
B.6 Silicon Oil	89
Gambar D.1 Hubungan Panas Reaktor Terhadap Waktu Pada Suhu 120 ⁰ C	100
Gambar D.2 Hubungan Panas Reaktor Terhadap Waktu Pada Suhu 150 ⁰ C	100
Gambar D.3 Hubungan Panas Reaktor Terhadap Waktu Pada Suhu 170 ⁰ C	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Produksi Kelapa Sawit [1]	1
Tabel 2.1 Jenis, Potensi, dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit [4]	10
Tabel 2.2 Komposisi Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit [7]	11
Tabel 2.3 Platform Chemicals dari Biomassa Terbaik 2004-2016 [10] [11] [12]	15
Tabel 2.4 Estimated Price and Volumes of the Emerging Near-term Deployment Biobased Chemical [2]	16
Tabel 2.5 Sifat Fisik dari Furfural	17
Tabel 2.6 Aplikasi Furfural di Berbagai Bidang (Machado, 2016)	19
Tabel 2.7 Senyawa Turunan Furfural dan Kegunaannya	20
Tabel 3.1 Variasi Percobaan	38
Tabel 3.2 Rencana Kerja Penelitian	39

BAB I PENDAHULUAN

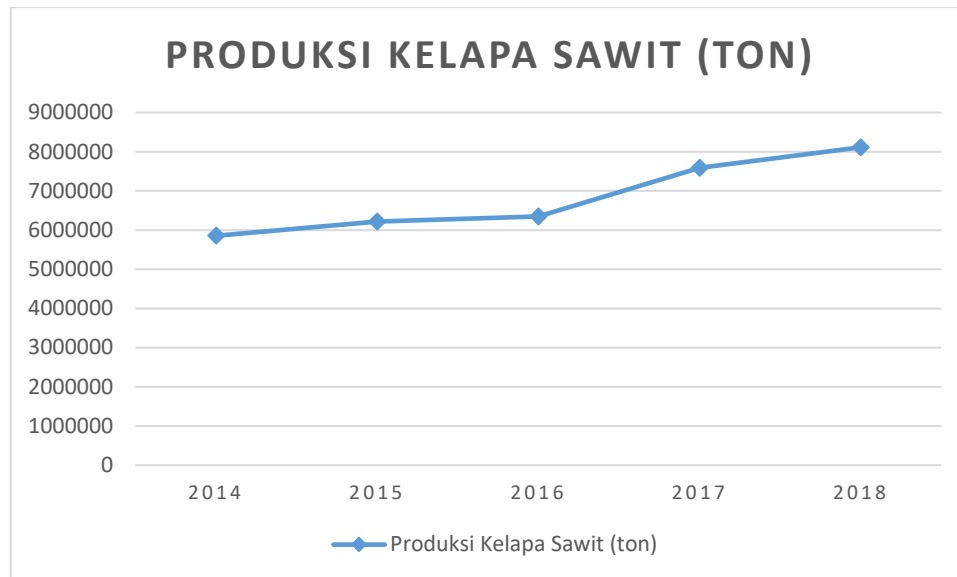
1.1 Latar Belakang Masalah

Kelapa sawit merupakan salah penghasil terbesar di Indonesia dengan memberikan kontribusi terhadap Produk Domestik Bruto sekitar 13,14% pada tahun 2017. Luas area dari perkebunan kelapa sawit juga cukup tinggi dengan luas sekitar 12 juta hektar dan produksi sekitar 34 juta ton CPO (*crude palm oil*) sehingga tidak heran akan terus meningkat nilainya. Perkebunan kelapa sawit mayoritas terdapat di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Volume ekspor dari minyak kelapa sawit pun mencapai 29.000 ton dengan nilai ekspor US\$ 20 juta.. [1]

Berdasarkan Direktorat Jenderal Perkebunan dalam Statistik Perkebunan Indonesia, peningkatan luas perkebunan kelapa sawit terjadi selama kurang lebih 5 tahun terakhir sehingga produksi minyak kelapa sawit pun juga bertambah. Berikut data yang menampilkan luas perkebunan dan produksi minyak kelapa sawit selama 5 tahun terakhir :

Tabel 1.1 Data Produksi Kelapa Sawit [1]

Tahun	Produksi (Ton)
2014	5.855.638
2015	6.214.003
2016	6.346.192
2017	7.593.045
2018	8.113.446



Gambar 1.1 Grafik Produksi Kelapa Sawit Per Tahun

Pada 1 ton kelapa sawit yang diolah, akan menghasilkan 23% limbah tandan kosong kelapa sawit, 6,5% limbah cangkang, 4% limbah lumpur sawit, 13% limbah serabut dan 50% limbah cair. Walaupun sebagian limbah industri kelapa sawit sudah dapat diolah seperti limbah cair menjadi biogas, limbah padat menjadi pupuk namun sebagian besar menjadi permasalahan untuk lingkungan. Padahal, limbah padat kelapa sawit merupakan sumber dari biomassa lignoselulosa yang akan karbon rantai C₅ dan C₆ sehingga dapat dikonversi menjadi *platform chemicals* atau bahan kimi yang memiliki nilai jual yang tinggi seperti furfural dan asam levulinat.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian ini yaitu jumlah limbah padat yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit terbanyak berasal dari tandan kosong kelapa sawit sebesar 23% [2], yang semakin meningkat jumlahnya dengan semakin berkembangnya industri kelapa sawit dan menjadi masalah lingkungan padahal limbah tandan kosong kelapa sawit dapat diolah dengan hidrolisis asam menjadi bahan kimia platform yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti furfural yang sampai saat ini kebutuhannya cukup tinggi dan terpenuhi dengan impor. Adapun proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti %-loading, konsentrasi asam dan

temperatur sehingga perlu dilakukan studi terkait kondisi reaksi yang dapat menghasilkan konversi limbah tandan kosong kelapa sawit dan selektifitas furfural terbaik.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan tema sentra masalah di atas, beberapa masalah dapat diidentifikasi dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Apakah kondisi operasi hidrolisis (suhu, waktu, dan konsentrasi asam) akan mempengaruhi hasil rendemen produk furfural dan asam levulinat?
2. Bagaimana pengaruh kondisi konsentrasi asam yang rendah terhadap hasil rendemen produk furfural dan asam levulinat?
3. Apakah kondisi operasi suhu tinggi, konsentrasi asam sedang dan waktu yang singkat dapat memperoleh asam levulinat dan furfural?

1.4 Premis

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa literatur yang memiliki korelasi dan hubungan dengan penelitian seperti pada **Tabel 1.2** untuk menetapkan variasi penelitian, variabel proses, bahan dan alat yang sesuai dengan penelitian berbahan TKKS sedangkan untuk **Tabel 1.3** untuk bahan biomassa lainnya.

Tabel 1.2 Premis dengan Bahan TKKS

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Optimum					Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis		
TKKS	Pengeringan dengan oven pada suhu 105 °C	t.d	150-500µm mesh	120; 150; 180°C	0-60 menit	H ₂ SO ₄ 0,125 M dan 0,25 M	-	t.d	150-500µm mesh	180 °C	60 menit	H ₂ SO ₄ 0,25 M	Yield Asam Levulinat 6,27%	[33]
TKKS	Pengeringan dengan oven pada suhu 105 °C dan metode ball milling	t.d	150-500 µm mesh	120-200 °C	0-200 menit	H ₂ SO ₄ 0,25 M	-	t.d	150-500µm mesh	185,98 °C	195,77 menit	H ₂ SO ₄ 0,25 M	Yield Asam Levulinat 7%	[34]
TKKS	Pengeringan dan penggilingan	1% dan 5% - berat	100 mesh	190 °C	0-250 menit	H ₂ SO ₄ 1 M	-	1%-berat	100 mesh	190 °C	100 menit	H ₂ SO ₄ 1 M	Yield Asam Levulinat 9,38%	[21]
TKKS	Pengeringan dengan oven pada suhu 45 °C selama 3 hari	0,4 hingga 0,8 gram	1 mm	240-280 °C	1 hingga 30 menit	[Etanol] : [Asam Format] = 1:1 ; 1:2	Tekanan 35 MPa	0,4 gram	1 mm	280	20 menit	[Etanol] : [Asam Format] = 1:2	Yield Furfural 5,8%	[17]

TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan dengan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam	10 gram	10 mesh	90 °C	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 menit	H ₂ SO ₄ 2,8 M	Gelombang mikro 400 watt selama 15 menit	10 gram	10 mesh	90 °C	75 menit	H ₂ SO ₄ 2,8 M	Yield Furfural 1,34%	[26]
------	---	---------	---------	-------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	---------	---------	-------	----------	--------------------------------------	----------------------	------

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Optimum					Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis		
TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan	50 gram	20 mesh	100 °C	120; 180; 240 menit	H ₂ SO ₄ 1,12 M dan 1,68 M	-	50 gram	20 mesh	100 °C	60 menit	H ₂ SO ₄ 1,68 M	Yield Furfural 9%	[4]
TKKS	Pengeringan dengan oven pada suhu 105 °C sepanjang malam	1 gram	< 1 mm	100-130 °C	30-90 menit	H ₂ SO ₄ 0,26 M	-	1 gram	<1 mm	130 °C	90 menit	H ₂ SO ₄ 0,26 M	Yield Furfural 3,9%	
TKKS	Pengeringan dengan oven suhu 80 °C sepanjang malam	45 gram	1; 2; 4; 8 mm	120-140 °C	30 menit	H ₂ SO ₄ 0,05 M	Hidrolisis 2 tahap	45 gram	-	130 °C	30 menit	H ₂ SO ₄ 0,05 M	Yield Asam Levulinat 9,38%	

TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan dengan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam	10 gram	10 mesh	90 °C	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 menit	H ₂ SO ₄ 2,8 M	Gelombang mikro 400 watt selama 15 menit	10 gram	10 mesh	90 °C	75 menit	H ₂ SO ₄ 2,8 M	Furfural 1,34%	[26]
------	---	---------	---------	-------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	---------	---------	-------	----------	--------------------------------------	----------------	------

Tabel 1.3 Premis dengan Bahan Selain TKKS

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Optimum					Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Suhu Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis		
Ampas Tebu dan Tempurung	Penggilingan, penghalusan dan pengayakan	5 gram (ratio 1:1 ; 1:4 ; 2:3 ; 3:2 ; 4:1)	60 mesh	80; 85 ; 90 ; 95 ; 100 °C	60; 120; 180; 240; 300 menit	HCl 3,9 M	-	5 gram (ratio 1:4)	60 mesh	100 °C	300 menit	HCl 3,9 M	Yield Furfural 7,74%	[13]

Pati Ubi Gajah	-	1 gram	-	150; 170; 190 °C	70-85 menit	H ₂ SO ₄ 0,18; 0,56; 0,93 M	-	5 gram	-	170 °C	70 menit	H ₂ SO ₄ 0,93 M	Yield Asam Levulinat 4,9%	[28]
Ampas Tebu	-	5 gram	-	80; 85; 90; 95; 100 °C	30; 60; 90; 120; 150 menit	H ₂ SO ₄ 2,24 M	-	5 gram	-	100 °C	300 menit	H ₂ SO ₄ 2,24 M	Yield Furfural 5,67%	[14]

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dibuat berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan yaitu :

1. Semakin tinggi suhu, persentase rendemen furfural dan asam levulinat yang dihasilkan akan semakin tinggi.
2. Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 , persentase rendemen furfural dan asam levulinat yang dihasilkan akan semakin tinggi.
3. Semakin lama waktu reaksi, persentase rendemen furfural dan asam levulinat yang dihasilkan akan semakin tinggi.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengolah biomassa yang terkandung di dalam TKKS menjadi *platform chemicals* dengan nilai jual tinggi. Tujuan khusus dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mempelajari pengaruh variasi kondisi operasi (suhu, waktu, dan konsentrasi asam) terhadap persen perolehan furfural dan asam levulinat.
2. Mencari kondisi untuk memperoleh furfural dan asam levulinat dengan persentase rendemen tertinggi.

1.7 Manfaat Penelitian

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

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mempelajari metode konversi biomassa hidrolisis beserta analisis produk akhir hasil hidrolisis dan mengetahui kondisi optimum untuk memperoleh furfural dan asam levulinat dengan persentase rendemen tertinggi
2. Bagi negara, penelitian diharapkan dapat menjadi pemacu dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah dari industri kelapa sawit dan untuk negara dapat memasok furfural dan asam levulinat secara mandiri.

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