

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

Laporan Penelitian

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

Oleh:

Graziano Chrisma Benaya (6216055)

Maximilian (6216043)

Pembimbing:

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

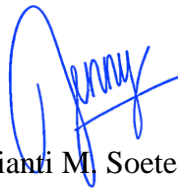
**JUDUL : KAJIAN AWAL PENGARUH TEMPERATUR, WAKTU, DAN
KONSENTRASI ASAM TERHADAP HIDROLISIS TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 September 2020

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 : Graziano Chrisma Benaya

NRP : 6216055

Nama : Maximilian

NRP : 6216043

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

KAJIAN AWAL PENGARUH TEMPERATUR, 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, 11 Agustus 2020

Graziano Chrisma Benaya

Maximilian

(6216055)

(6216043)

LEMBAR REVISI

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

CATATAN :

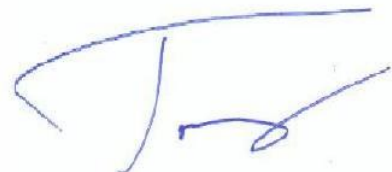
Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 2 September 2020

Penguji Pertama



Yansen Hartanto, S.T., M.T.

Penguji Kedua



Tony Handoko, S.T., M.T.

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 materil.
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, 11 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
INTISARI.....	xiii
Abstract.....	xiv
BAB I.....	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	9
1.6 Tujuan Penelitian	9
1.7 Manfaat Penelitian	9
BAB II	10
TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Perkembangan Industri Kelapa Sawit.....	10
2.1.1 Analisis Ekspor Kelapa Sawit di Pasar Internasional	12
2.2 Limbah Kelapa Sawit.....	13
2.2.1 Limbah Cair Kelapa Sawit (POME).....	14
2.2.2 Limbah Padat Kelapa Sawit	15
2.2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	17
2.3 Biomassa.....	19
2.3.1 Selulosa.....	20
2.3.2 Hemiselulosa	21
2.3.3 Lignin	21







2.4	<i>Bio-Refinery</i>	22
2.4.1	Piramida Nilai Biomassa	23
2.4.2	Hidrolisis	24
2.4.2.1	Hidrolisis Biologi	24
2.4.2.2	Hidrolisis Kimia	25
2.5	<i>Platform Chemicals</i>	26
2.5.1	Furfural	28
2.5.1.1	Sifat Senyawa Furfural dan Pembentukan Furfural	28
2.5.1.2	Kegunaan Furfural	29
2.5.2	Asam Levulinat	31
2.5.2.1	Penggunaan Turunan Asam Levulinat	32
BAB 3		37
METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	Metodologi Penelitian	37
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	37
3.3	Prosedur Penelitian	38
3.3.1	Pretreatment	39
3.3.2	Penentuan Nilai Perpindahan Panas	39
3.3.3	Penelitian Utama	40
3.4	Variasi Percobaan	41
3.5	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	42
BAB IV		43
PEMBAHASAN		43
4.1	Percobaan Hidrolisis	43
4.2	Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit	44
4.3	Kurva Standar	46
4.3.1	Kurva Standar Glukosa	46
4.3.2	Kurva Standar Xilosa	47
4.3.3	Kurva Standar Asam Levulinat	48
4.3.4	Kurva Standar 5-HMF	49
4.3.5	Kurva Standar Furfural	49
4.4	Analisis Hasil Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan HPLC	50

4.4.1 Perolehan gula terhadap variasi percobaan	52
4.5 Perolehan Asam Levulinat Hasil Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	53
4.6 Perolehan Furfural Hasil Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit	56
BAB V	60
KESIMPULAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN A	66
PROSEDUR ANALISIS	66
A.1 Analisa Sampel	66
LAMPIRAN B.....	69
MATERIAL SAFETY DATA SHEET.....	69
B.1 Asam Sulfat.....	69
B.2 Asam Levulinat	71
B.3 Furfural.....	73
B.4 Gliserol.....	75
B.5 Silicon Oil	77
LAMPIRAN C.....	80
DATA PENELITIAN DAN HASIL ANTARA.....	80
C.1 Hubungan Panas Reaktor	80
C.2 Kurva Standar.....	81
C.3 Run Utama	83
LAMPIRAN D	88
Grafik.....	88
D.1 Hubungan panas.....	88
D.2 Kurva Standar	89
D.3 Perolehan.....	91
LAMPIRAN E.....	106
CONTOH PERHITUNGAN	106
E.1 Pembuatan Kurva Standar (Glukosa, Xylosa, Fruktosa, Asam Laktat, Asam Asetat, 5-HMF, Asam Levulinat, Furfural) dan Asam Sulfat 5 M; 0,5 M; 1 M)	106
E.2 Perolehan Produk Hidrolisis.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perkembangan Luas Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 1980-2016 (Kementrian Pertanian, 2015).....	11
Gambar 2. 2 Perkembangan Produksi CPO Indonesia 1980-2016 (Kementrian Pertanian, 2015).....	11
Gambar 2. 3 Konsumsi CPO Menurut Industri Pengguna Domestik (APROBI, GIMNI, BPS).....	11
Gambar 2. 4 Nilai Ekspor Minyak Sawit dan Turunannya Indonesia (database PASPI) ...	12
Gambar 2. 5 Contoh pengolahan limbah padat kelapa sawit. (BPDP, Potensi Limbah Kelapa Sawit Indonesia, 2018).....	16
Gambar 2. 6 Tandan Kosong Kelapa Sawit (Zafar, 2015)	17
Gambar 2. 7 Tumpukan tandan kosong kelapa sawit (Zafar, 2015).....	17
Gambar 2. 8 Struktur Selulosa.....	21
Gambar 2. 9 Prinsip Biorefinery (Zeitsch, 2000)	22
Gambar 2. 10 Piramida nilai untuk biomassa (Lene, 2014).	23
Gambar 2. 11 Senyawa-senyawa turunan furfural (Machado, 2016).....	30
Gambar 2. 12 Turunan Senyawa Asam Levulinat.....	32
Gambar 2. 13 Skema Reaksi yang disederhanakan untuk Konversi dari Biomassa Lignoselulosa menjadi Asam Levulinat dan Furfural (Girisuta B. , 2007)	33
Gambar 2. 14 Pembentukan Senyawa HMF (van Dam, Kieboom, & van Bekkum, 1986) (Moreau, et al., 1996)	34
Gambar 2. 15 Mekanisme reaksi untuk konversi dari HMF menjadi Asam Levulinat (Horvat, Klaic, Metelko, & Sunjic, 1985)	34
Gambar 2. 16 Pembentukan Asam Levulinat dari Gula C5 (Rackemann, Doherty, & S., 2011).....	35
Gambar 2. 17 Produksi furfural dari hemiselulosa (Yan K. W., 2014).....	36
Gambar 2. 18 Dehidrasi dari Gula C5 untuk produksi furfural (Yan K. W., 2014).....	36
Gambar 3. 1 Diagram alir singkat penelitian	37
Gambar 3. 2 Reaktor.....	38
Gambar 3. 3 Diagram alir pretreatment.....	39
Gambar 3. 4 Diagram alir penentuan koefisien perpindahan panas reaktor.....	40

Gambar 3. 5 Diagram alir proses hidrolisis	41
Gambar 4.1 Rangkaian Alat Percobaan.....	43
Gambar 4.2 Contoh sampel pada temperatur 150 °C dan waktu reaksi 30 menit.....	44
Gambar 4.3 Contoh sampel pada konsentrasi asam 0,5 M dan waktu reaksi 30 menit	45
Gambar 4.4 Contoh sampel pada konsentrasi asam 0,5 M, dan temperatur 150 °C	45
Gambar 4.5 Hasil kurva standar glukosa	47
Gambar 4.6 Hasil kurva standar xilosa	48
Gambar 4.7 Hasil kurva standar asam levulinat	48
Gambar 4.8 Hasil kurva standar 5-HMF	49
Gambar 4.9 Hasil kurva standar furfural.....	50
Gambar 4.10 Contoh Grafik Sampel dari HPLC	51
Gambar 4.11 Contoh Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Perolehan Gula dan Asam Organik Pada 150 °C dan Konsentrasi Asam 0,5 M	51
Gambar 4.12 Persamaan Arrhenius	52
Gambar 4.13 Simplifikasi Mekanisme Pembentukan Asam Levulinat (LA)	53
Gambar 4.14 Pengaruh temperatur dan konsentrasi asam terhadap perolehan asam levulinat pada pengamatan waktu reaksi 30, 45, dan 60 menit. (— = 120°C, — = 150°C, — = 170°C, - - - = 0,5 M, — = 1 M.)	54
Gambar 4.15 Pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi asam terhadap perolehan asam levulinat pada pengamatan temperatur 120, 150, dan 170 °C. (— = 30 menit, — = 45 menit, — = 60 menit, - - - = 0,5 M, — = 1 M.).....	54
Gambar 4.16 Pengaruh temperatur dan waktu reaksi terhadap perolehan asam levulinat pada pengamatan konsentrasi asam 0; 0,5 ; dan 1 M. (— = 120°C, — = 150°C, — = 170°C, ••••• = 30 menit, - - - = 45 menit, — = 60 menit.)	55
Gambar 4.17 Simplifikasi hidrolisis hemiselulosa menjadi furfural.....	56
Gambar 4.18 Pengaruh temperatur dan konsentrasi asam terhadap perolehan furfural pada pengamatan waktu reaksi 30, 45, dan 60 menit. (— = 120°C, — = 150°C, — = 170°C, - - - = 0,5 M, — = 1 M.).....	57
Gambar 4.19 Pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi asam terhadap perolehan furfural pada pengamatan temperatur 120, 150, dan 170 °C. (— = 30 menit, — = 45 menit, — = 60 menit, - - - = 0,5 M, — = 1 M.)	58

Gambar 4.20 Pengaruh temperatur dan waktu reaksi terhadap perolehan furfural pada pengamatan konsentrasi asam 0; 0,5 ; dan 1 M. ( = 120°C,  = 150°C,  = 170°C,  = 30 menit,  = 45 menit,  = 60 menit.)58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Komposisi Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Chang, 2014)	1
Tabel 1. 2 Premis dengan bahan TKKS	4
Tabel 1. 3 Premis dengan Bahan Selain TKKS	7
Tabel 2. 1 Jenis, potensi, dan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit (Sri, 2014)	13
Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah POME.....	14
Tabel 2. 3 Komposisi Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Chang, 2014)	18
Tabel 2. 4 Platform Chemicals dari Biomassa Terbaik 2004-2016 (Werpy & Petersen, 2004) (Bozell & Petersen, 2010) (Bidy, Scarlata, & Kinchin, 2016).....	27
Tabel 2. 5 Estimated Price and Volumes of the Emerging Near-term Deployment Biobased Chemical (Soetedjo, 2017)	27
Tabel 2. 6 Sifat Furfural (Yan K. , 2014)	29
Tabel 2. 7 Aplikasi Furfural di Berbagai Bidang (Machado, 2016).....	30
Tabel 2. 8 Senyawa Turunan Furfural dan Kegunaannya (Machado, 2016).....	31
Tabel 3. 1 Variasi percobaan penelitian.....	42
Tabel 3. 2 Jadwal kerja penelitian	42
Tabel 4.1 Waktu retensi dan A/h masing-masing komponen	46

INTISARI

Didalam industri kelapa sawit, proses produksinya akan menghasilkan limbah padat berupa 4 % *wet decanter solid*, 6,5 % cangkang, 13 % serabut (fiber), dan 23 % tandan kosong. Limbah-limbah tersebut kebanyakan dijadikan pupuk, makanan ternak, arang, kompos. Sementara itu, jika kita melihat kandungan biomassa lignoselulosa yang terdiri dari 40,14 % selulosa, 30,46 % hemiselulosa, dan 22,28 % lignin. Lignoselulosa yang terdapat dalam tandan kosong kelapa sawit ini berpotensi untuk diolah lebih lanjut untuk menjadi beberapa produk berupa *platform chemicals* seperti asam levulinat dan juga furfural. *Platform chemicals* yang bisa dihasilkan ini mempunyai nilai jual dan nilai guna yang tinggi. Pengolahan lignoselulosa ini dapat dilakukan dengan memecah selulosa dan hemiselulosa lewat proses hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi tertentu.

Tahapan proses dalam hidrolisis tandan kosong kelapa sawit terdiri dari proses pretreatment, hidrolisis tandan kosong kelapa sawit, dan analisa hasil hidrolisis oleh HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Proses *pretreatment* tandan kosong kelapa sawit terdiri dari pencucian, pengeringan, dan pengecilan ukuran. Proses hidrolisis tandan kosong kelapa sawit berlangsung pada reaktor berkapasitas 10 mL yang dipanaskan menggunakan *hotplate* dan media pemanas *silicon oil*. Variasi yang dilakukan adalah pada waktu reaksi, konsentrasi asam, dan temperatur reaksi. Waktu reaksi divariasikan sebesar 30, 45, dan 60 menit, temperatur reaksi 120 °C, 150 °C, dan 170 °C, dan konsentrasi asam sulfat yang digunakan 0 M, 0,5 M, dan 1 M. Analisis hasil hidrolisis dilakukan dengan menggunakan HPLC.

Hasil dari Analisa produk akhir menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi asam dan temperatur sangat berpengaruh terhadap perolehan gula (glukosa dan xilosa) dan asam organik (furfural dan asam levulinat). Waktu reaksi juga memberikan dampak yang serupa, tetapi lebih sensitif kepada produk asam organik. Perolehan gula (glukosa dan xilosa) akan meningkat hingga mencapai titik optimumnya dan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya temperatur, konsentrasi asam, dan juga waktu reaksi. Perolehan furfural juga akan meningkat hingga mencapai titik optimumnya dan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya temperatur, konsentrasi asam, dan juga waktu reaksi. Sedangkan perolehan asam levulinat akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya temperatur, konsentrasi asam, dan juga waktu reaksi. Perolehan tertinggi furfural diperoleh pada kondisi temperatur 150 °C, waktu reaksi 30 menit, dan konsentrasi asam 0,5 M. Perolehan tertinggi dari asam levulinat diperoleh pada kondisi temperatur 170 °C, waktu reaksi 60 menit, dan konsentrasi asam 1 M.

Abstract

Solid waste of palm oil industry consists 4 % wet decanter solids, 6,5 % shells, 13 % fibers, and 23 % palm oil empty fruit bunches. Solid wastes are made into fertilizer, feed, charcoal, compost. Meanwhile, if we look into womb of the palm oil empty fruit bunches, it contains 0,14 % cellulose, 30,46 % hemicelulose, and 22,28 % lignin. This lignocelulose potentially to be processed into products such as platform chemicals like levulinic acid and furfural. This platform chemicals have high value of selling and utilization. The processing of lignocelulose can be done by disintegrating cellulose dan hemicelulose by hidrolisis by using sulfuric acid with certain concentration.

The palm oil empty fruit bunches that will be used must go through the pretreatment process first. The pretreatment that will be done are washing, drying, and cutting the empty fruit bunches into smaller fractions. The main research method is acid hydrolysis process and the product will be analyzed by HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Acid hydrolysis of empty fruit bunches takes place in a batch reactor with a capacity of 10 mL. The mixture in the reactor is heated using hotplate with silicon oil as the heating media. The variations applied for acid hydrolysis were temperature of the reaction 120 °C, 150 °C, and 170 °C, acid concentration 0 M, 0,5 M, and 1 M, and time of the hydrolysis reaction 30, 45, and 60 minutes. The analysis of hydrolysis products is carried out using HPLC.

The results of the final product analysis show that changes in acid concentration and temperature greatly affect the yield of sugars (glucose and xylose) and organic acids (furfural and levulinic acid). The reaction time also has a similar effect, but is more sensitive to organic acid products. Sugar recovery (glucose and xylose) will increase until it reaches its optimum point and will decrease with increasing temperature, acid concentration and reaction time. Furfural recovery will also increase until it reaches its optimum point and decrease with increasing temperature, acid concentration, and also reaction time. Meanwhile, the levulinic acid yield will increase with increasing temperature, acid concentration, and also reaction time. The highest furfural yields were obtained at conditions of temperature 150 °C, reaction time of 30 minutes, and acid concentration of 0.5 M. The highest yield of levulinic acid was obtained at conditions of temperature 170 °C, reaction time 60 minutes, and 1 M acid concentration.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkebunan kelapa sawit semakin luas dan terus meningkat seiring juga dengan besarnya devisa negara yang dihasilkan dari kelapa sawit. Hampir 70 % perkebunan kelapa sawit terletak di Sumatra, industri yang sudah dimulai sejak masa kolonial Belanda. Sebagian besar dari sisanya sekitar 30 % berada di pulau Kalimantan. Perkebunannya meningkat dari 300 ribu hektar pada tahun 1980 lalu meningkat menjadi 11,6 juta hektar pada tahun 2016, lalu juga produksi CPO meningkat dari sekitar 700 ribu ton pada tahun 1980 menjadi 33,5 juta ton pada tahun 2016.

Didalam industri kelapa sawit, satu tandan buah segar akan menghasilkan produk utamanya yang berupa *crude palm oil* (CPO) dan minyak inti sawit, lalu sisa dari produksinya akan menjadi limbah padat dan juga cair seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, POME. Dikarenakan produksi CPO meningkat maka limbah yang dihasilkan juga akan meningkat.

Tandan kosong kelapa sawit ini mengandung banyak biomassa, Persentase kandungan selulosa, lignin, dan hemiselulosa pada tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Komposisi Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Chang, An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for biooil production, 2014*)

komponen	% berat kering
Selulosa	23,7-65,0
Hemiselulosa	20,58-33,52
Lignin	14,1-30,45

Hal yang sangat disayangkan, limbah padat TKKS belum dimanfaatkan secara maksimal, TKKS adalah sumber biomassa lignoselulosa yang berpotensi menghasilkan produk yang memiliki nilai jual tinggi. Sampai saat ini umumnya TKKS yang dihasilkan dibakar untuk bahan bakar, sebagai pupuk, atau bahan pembuat etanol dan pulp. Padahal, TKKS berpotensi untuk diolah lebih lanjut menjadi platform chemicals furfural dan asam levulinat. Furfural digunakan pada beberapa industri seperti pada pengolahan minyak,

pembuatan nilon, pembuatan resin, dan farmasi. Asam levulinat digunakan sebagai solven, sumber karet sintetis, pretreatment pembuatan resin fenol formaldehid (Bader, 1960). *Platform Chemicals* ini cukup menarik untuk diproduksi karena kegunaannya banyak, bahan baku tersedia banyak, nilai jual tinggi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tandan kosong kelapa sawit ini merupakan limbah padat yang dihasilkan dari kelapa sawit dengan komposisi limbah padat yang paling banyak yaitu 23% (Sri, 2014). Maka dari itu, dengan semakin berkembangnya industri kelapa sawit, maka limbah tandan kosong yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Beberapa pemanfaatan dari tandan kosong kelapa sawit ini adalah sebagai pupuk, bahan serat, papan partikel sebagai peredam suara, pulp. Pemanfaatan tersebut dinilai masih belum cukup efektif untuk mengurangi jumlah limbah TKKS. Sementara itu bila ditinjau kembali kandungan didalam TKKS ini terdapat biomassa lignoselulosa yang bisa diolah lebih lanjut untuk menghasilkan produk yang cukup penting dan dibutuhkan dewasa ini dan juga memiliki nilai jual yang cukup tinggi. Produk tersebut merupakan furfural dan asam levulinat. Metode pengolahan biomassa yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah hidrolisis asam.

1.3 Identifikasi Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh temperatur hidrolisis terhadap persentase rendemen furfural dan asam levulinat?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi H_2SO_4 terhadap persentase rendemen furfural dan asam levulinat?
3. Bagaimana pengaruh waktu hidrolisis terhadap persentase rendemen furfural dan asam levulinat?

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 dengan bahan TKKS, sedangkan Tabel 1.3 untuk bahan biomassa lain.

Tabel 1.2 Premis dengan bahan TKKS

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis		
TKKS	Pengeringan dengan oven pada temperatur 105 °C	t.d	150-500µm mesh	120; 150; 180°C	0-60 menit	H ₂ SO ₄ 0,25-0,6N	-	t.d	150-500µm mesh	180 °C	60 menit	H ₂ SO ₄ 0,5N	Asam Levulinat 9,27 g/L	(S. X. Chin, 2015)
TKKS	Pengeringan dengan oven pada temperatur 105 °C dan metode ball milling	t.d	150-500µm mesh	120-200 °C	0-200 menit	H ₂ SO ₄ 0,25-0,6N	-	t.d	150-500µm mesh	185,98 °C	195,77 menit	H ₂ SO ₄ 0,57N	Asam Levulinat 10,77	(S. X. Chin, 2015)
TKKS	Pengeringan dan penggilingan	1 dan 5 wt%	100 mesh	190 °C	0-250 menit	H ₂ SO ₄ 1M	-	1 wt%	100 mesh	190 °C	100 menit	H ₂ SO ₄ 1M	Asam Levulinat yield 9,38%	(A. Kurnia, 2014)
TKKS	Pengeringan dengan oven hingga kandungan air 10%	10 gram	t.d	80; 90; 100; 105°C	30; 60; 90; 120 menit	H ₂ SO ₄ (250mL) 5; 8; 10; 15 %	-	10 gram	t.d	90 °C	120 menit	H ₂ SO ₄ 15%	Furfural 0,368 g/L; kadar 30,36%	(Parasta, 2014)

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Operasi						Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis			
TKKS	Pengecilan ukuran dan pengeringan dengan oven pada temperatur 60 °C selama 24 jam	10 gram	10 mesh	90 °C	15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 menit	H ₂ SO ₄ (250mL) 15 %	Gelombang mikro 400 watt selama 15 menit	10 gram	10 mesh	90 °C	75 menit	H ₂ SO ₄ 15%	Furfural 1,34 g/L	(M. Rahim and M. Nadir, 2015)	
TKKS	Pengeringan dengan oven pada temperatur 45 °C selama 3 hari	0,4 - 0,8 gram	1 mm	240 - 280 °C	1 - 30 menit	[Etanol]/[Asam Format]= 1/1 ; ½	Tekanan 35 Mpa	0,4 gram	1 mm	280 °C	20 menit	[Etanol]/[Asam Format]= 1/2	Furfural yield 35,8 %	(T. L.-K. Young, 2016)	
TKKS	Penjemuran dan pengecilan ukuran hingga kurang dari 1 mm dan pengeringan dengan oven pada temperatur 105 °C sepanjang malam	1 g TKKS / 8 liquid (basis kering)	< 1 mm	100 - 130 °C	30 - 90 menit	26 g H ₂ SO ₄ / 100 g cairan	-	1 g TKKS / 8 liquid (basis kering)	< 1 m	115 °C	60 menit	H ₂ SO ₄ (Xylos): 4%	Xylos: 30,81 g/L	(S. Rahman , J. Choudh ury, A.L.Ahm ad and A.H.Ka maruddi n, 2006)	
										130 °C	90 menit	H ₂ SO ₄ (Glukosa): 6%	Glukosa: 7,61 g/L		
										130 °C	90 menit	H ₂ SO ₄ (Asam Asetat): 6%	Asam Asetat: 6,54 g/L		
										130 °C	90 menit	H ₂ SO ₄ (Furfural): 6%	Furfural: 3,99 g/L		

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Operasi					Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis		
TKKS	Penjemuran, pengecilan ukuran, pengeringan dengan oven temperatur 80 °C sepanjang malam	45 gram	1; 2; 4; 8 mm	120 - 140 °C	t.d	H ₂ SO ₄ 3%(w/v)	Hidrolisis 2 tahap	45 gram	t.d	130 °C	30 meni	H ₂ SO ₄ 3%(w/v)	Xylos: 93,5 g/L dengan Yield: 56,5% Asam Asetat: 27,4 g/L Furfural: 8 g/L HMF: 0,7 g/L	(Chang, 2014)
TKKS	Pengeringan hingga kadar < 5% air, Pengecilan ukuran	5 gram	1; 2; 4 mm	120 – 170 °C	30 – 90 menit	H ₂ SO ₄ 5 mM	Hidrolisis 2 tahap	5 gram		170 °C	90 menit	H ₂ SO ₄ 5 mM	Kondisi optimum asam levulinat yaitu 170 °C, 1 M, 90 menit Dan furfural pada 150°C, 0,5 M, 30 menit	(M. Gozan, J. R. H. Panjaitan, D. Tristantini, R. Alamsyah and Y. J. Yoo, 2018)

Tabel 1.3 Premis dengan Bahan Selain TKKS

Bahan	Pretreatment	Kondisi Operasi						Kondisi Operasi						Hasil	Pustaka
		Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsetrasi Katalis			
Glukosa	Pengeringan dengan oven pada temperatur 55 oC sepanjang malam	11,7; 5,84; 1,17 %-berat	2-3 mm	140-200 °C	0-120 menit	H ₂ SO ₄ 0,1;0,5;1 M	Reaktor ampul	t.d	t.d	175 °C	0-30 menit	H ₂ SO ₄ 1M	Asam Levulina t 46%-61%-berat	(Girisuta, Janssen, & Heeres, 2006)	
Sekam Padi	t.d	10 gram sekam padi / 500 ml larutan asam dalam erlenmeyer	60 mesh	125 °C	30 menit	Asam Sulfat 100 mL,3-35% (w/w)	Autoclave dengan temperatur optimum 125+_5 C	10 gram sekam padi / 500 ml larutan asam dalam erlenmeyer	60 mesh	110 °C	30 menit	H ₂ SO ₄ 100 mL,20% (w/w)	Furfural 3,3 % (wt)	(H. D.Mansilla, J. Baeza, S. Urzua, G. Maturana and J. Villasenor, 1998)	
Sekam padi	Pengeringan dengan oven pada temperatur 105°C selama 12jam	L/S= 8 mL / g	60 mesh	177 °C	4,8 jam	H ₂ SO ₄ 2,5% L/S= 8 mL/g	Dua tahap hidrolisis	L/S= 8 mL / g	60 mesh	177 °C	4,8 jam	H ₂ SO ₄ 2,5% L/S= 8 mL/g	Furfural 8,9 % (wt)	(R. Suxia, 2012)	
Bahan		Kondisi Operasi						Kondisi Operasi						Hasil	Pustaka

	Pretreatment	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsentrasi Katalis	Keterangan	Feed Loading	Ukuran Partikel	Temperatur Operasi	waktu operasi	Konsentrasi Katalis		
Sekam Padi	Ekstraksi dengan soxhlet	1 gram sekam padi	t.d	160 dan 170 °C	60; 70; 90 menit	HCl 4,2%; Asam Sulfat 4%	Reaktor Pressurized PTFE reactor	1 gram sekam padi	t.d	170 °C	60 menit	HCl 4,5 %	Asam Levulinit 45,7-59,4 % berat	(D. B.Bevilaqua, 2013)
Bagas Tebu	t.d	1 gram bagas tebu/10 g larutan basis kering	< dari 0,5 mm	100;122 ;128 °C	0 - 300 menit	Asam Sulfat 2%;4%;6%	t.d	1 gram bagas tebu/10 g larutan basis kering	< dari 0,5 mm	100 °C	300 menit	H ₂ SO ₄ 4%	Xylos :19,2 g/L Glukosa : 5,03 g/L Asam Asetat: 3,66 g/L Furfural : 1,27 g/L	(R. Aguilar, 2002)
Bagas Tebu	t.d	L/S= 5 mL / g	t.d	t.d	8 jam	HCL: 5% v/v H ₂ SO ₄ : 5% v/v	Distilasi	L/S= 5 mL / g	t.d	t.d	8 jam	HCL: 5% v/v H ₂ SO ₄ : 5% v/v	Furfural (H ₂ SO ₄) : 3,59 g/kg Furfural (HCL): 4,81 g/kg	(Chang, 2014)

1.5 Hipotesis

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

1. Semakin tinggi temperatur maka persentase rendemen furfural dan asam levulinat akan semakin tinggi.
2. Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 maka persentase rendemen furfural dan asam levulinat akan semakin tinggi.
3. Semakin lama waktu reaksi maka persentase rendemen furfural dan asam levulinat akan semakin tinggi.

1.6 Tujuan Penelitian

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

1. Mempelajari pengaruh variasi kondisi operasi (temperatur, 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 antara lain:

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 *yield* tertinggi.
2. Bagi negara, penelitian ini diharapkan dapat menjadi batu locatan dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah dari industri kelapa sawit dan untuk negara dapat memasok asam levulinat dan furfural secara mandiri.
3. Bagi industri kelapa sawit, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah TKKS sebagai salah satu alternatif dalam mengolah limbah padat yang dihasilkan dalam proses produksinya.
4. Bagi masyarakat disekitar industri kelapa sawit, penelitian ini dapat menciptakan lapangan kerja dalam pengolahan limbah industri kelapa sawit.