

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Data Perkebunan Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) adalah tanaman penghasil minyak, baik minyak nabati maupun minyak industry (biodiesel). Di Indonesia, potensi areal kelapa sawit masih luas. Hal ini dikarenakan kecenderungan peningkatan luas areal perkebunan kelapa sawit, khususnya perkebunan rakyat. Peningkatan perkebunan rakyat pada periode tiga puluh tahun terakhir mencapai 45,1% per tahun sementara areal perkebunan negara meningkat 6,8% per tahun, dan areal perkebunan swasta meningkat 12,8% pertahun. Industri pengolahan kelapa sawit di Indonesia juga terus mengalami peningkatan (Fauzi, 2004). Penyebarannya pun sudah semakin pesat, telah menyebar di 22 propinsi, yang pada tahun 2010 luasnya mencapai 8,3 juta Ha, yang sekitar 41% merupakan perkebunan rakyat (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011).

Lampung merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki areal perkebunan kelapa sawit yang cukup luas. Data kebun sawit rakyat terluas ditemukan di Kabupaten Tulang Bawang yaitu seluas 17.316,7 ha yang tersebar di 12 kecamatan (Dinas Perkebunan Prop. Lampung, 2013). Namun sebagian besar

dari kebun sawit rakyat tersebut adalah binaan dari perusahaan Perkebunan Swasta. Luas perkebunan sawit swadaya masyarakat di Kabupaten Waykanan adalah seluas 11.089 ha dan tersebar di 14 kecamatan. Luasan perkebunan kelapa sawit di Lampung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perkebunan Kelapa Sawit Provinsi Lampung.

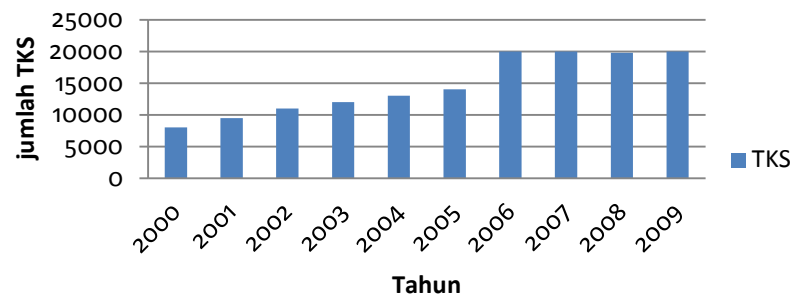
No.	Kabupaten	TBM (ha)	TM (ha)	TR (ha)	Total Luas (ha)
1.	Tulang Bawang	?	?	?	17316,7
2.	Waykanan	5118,0	5644,0	327,0	11089,0
3.	Lam. Selatan	2441,3	5590,0	22,5	8053,8
4.	Lam. Utara	2428,3	5119,5	203,0	7750,8
5.	Tuba Barat	1365,3	3443,0	-	4808,3
6.	Lam. Timur	2252,5	2167,5	4,5	4424,5
7.	Pesawaran	142,0	1138,5	-	1280,5*
8.	Pringsewu	246,0	759,0	-	1005,0

TBM= Tanaman Belum menghasilkan, TM= Tanaman Menghasilkan, TR= Tanaman Rusak,

\*data tahun 2010

## B. Tandan Kosong Sawit (TKS)

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, selain dihasilkan minyak sawit sebagai produk utama, dihasilkan juga limbah sebagai produk sampingnya. Limbah tersebut dapat berupa padat atau berupa cair. Tandan Kosong Sawit (TKS) merupakan salah satu limbah padat dari hasil pengolahan Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Sebanyak 25% TKS dihasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS). Data potensi limbah TKS sangat besar, seperti yang disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Perkiraan Jumlah TKS Tahun 2000-2009.

Pemanfaatan TKS yang masih kurang baik, menyebabkan potensi TKS hanya menjadi limbah menjadi cukup besar. Padahal bila ditinjau dari komposisi yang terkandung di dalamnya, TKS masih dapat dimanfaatkan dalam industri berbasis lignoselulosa, seperti pembuatan kertas, gula, furfural dan lignin (Susanto *et al.* 1999 dalam Simatupang, 2012). Menurut Syafwina *et al.* (2002) kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada tandan kosong kelapa sawit berturut-turut adalah 41,30 – 46,50 % selulosa, 25,30 – 33,80 % hemiselulosa dan 27,60 – 32,50 % lignin.

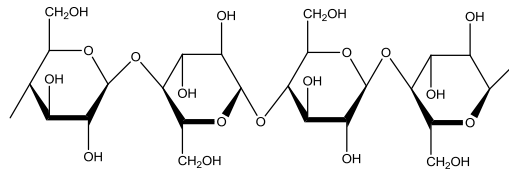
Tabel 2. Komposisi Tandan Kosong Sawit (TKS) (Darnoko *et al.*, 1992 dalam Yuwono, 2000).

Komposisi TKS	Bobot Kering (%)
Selulosa	45,95
Hemiselulosa (pentosa)	22,84
Lignin	16,49
Kadar abu	1,23
Kadar air	3,74

### 1. Selulosa

Selulosa adalah polimer tak bercabang dari monomer D-glukosa yang dihubungkan melalui ikatan beta-1,4 atau 1,4- $\beta$ -glukosida (Goyal *et al.*, 2006

dalam Riansa-ngawong, 2011). Sebanyak 5000 unit glukosa membentuk polimer berantai lurus yang terikat melalui ikatan hidrogen di antara gugus hidroksil pada rantai di sebelahnya. Struktur dari selulosa disajikan dalam Gambar 2.



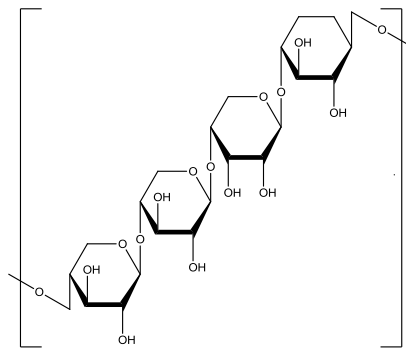
Gambar 2. Struktur Selulosa (Pushpamalar, 2006)

Selulosa merupakan bahan dasar dalam industri pembuatan kertas, dan serat. Di alam, selulosa hampir ditemukan pada semua jenis tanaman dengan kadar yang berlimpah. Kandungan selulosa kayu berkisar 48 – 50%, pada bagas berkisar antara 50 – 55% dan pada tandan kosong kelapa sawit sekitar 45%. Selulosa dapat dihidrolisis dengan asam kuat maupun dengan enzim selulase serta mikroba seperti bakteri dan kapang. Hidrolisis sempurna akan menghasilkan glukosa dan hidrolisis tidak sempurna menghasilkan disakarida berupa selobiosa. Hasil hidrolisis ini dapat dikonversi menghasilkan etanol dan asam asetat.

## 2. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah jenis polisakarida dengan berat molekul kecil, berantai pendek dibandingkan dengan selulosa dan banyak dijumpai pada kayu lunak. Hemiselulosa tersusun dari pentosan (pentosa dan arabinosa) dan heksosan (mannosa dan galaktosa) (Goksu *et al.*, 2007 dalam Azizin, 2010). Pentosa merupakan komponen hemiselulosa yang banyak ditemukan pada dinding tanaman, yaitu sekitar 30% (Sun *et al.*, 2004 dalam Azizin, 2010).

Dilihat dari strukturnya, hemiselulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai adsorben karena gugus -OH yang ada pada hemiselulosa dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Adanya gugus -OH pada hemiselulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Dengan demikian, selulosa dan hemiselulosa lebih kuat menjerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar (Steven, 2001). Struktur dari hemiselulosa disajikan pada Gambar 3.



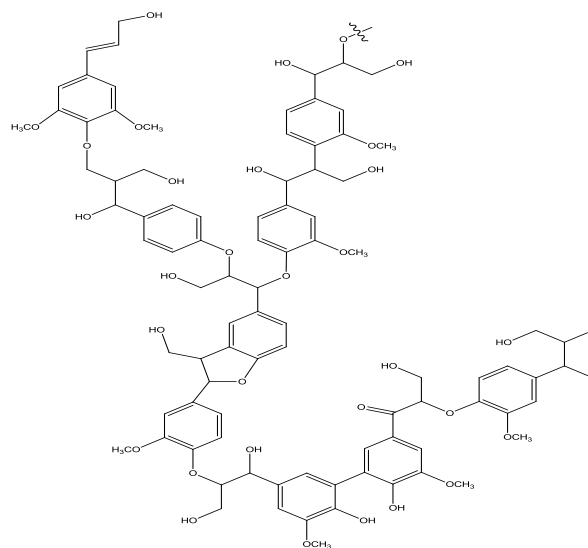
Gambar 3. Struktur Hemiselulosa (Carpita, 2000).

Hemiselulosa bersifat non-kristalin, mudah mengembang, lebih mudah larut dalam pelarut alkali dan lebih mudah dihidrolisis dengan asam. Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam tetapi mudah dihidrolisis dengan asam, sedang selulosa sebaliknya. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya. Selain itu, hemiselulosa berfungsi sebagai pendukung dinding sel yang dapat merekatkan serat-serat tunggal yang terdapat pada tanaman sehingga tanaman tersebut akan kuat. Namun, jika hemiselulosa dimasak, hemiselulosa

akan melunak dan pada saat hemiselulosa melunak, serat yang sudah terpisah akan lebih mudah menjadi berserabut (Oktarina, 2009).

### 3. Lignin

Jumlah lignin pada TKS cukup banyak, terdapat sekitar 16,49% (Darnoko, 1992 dalam Yuwono,2000). Lignin merupakan senyawa kompleks yang berbentuk aromatik dan memiliki gugus metoksil (Fengel, 1995 dalam Lubis, 2007). Struktur dasar lignin adalah fenil propana yang terhubung satu sama lainnya dengan ikatan karbon-karbon (C – C), ikatan karbon-oksigen (C–O), dan ikatan eter (-O-). Menurut Achmadi (1990) dalam Heradewi (2007), lebih dari dua per tiga unit fenil propana dalam lignin dihubungkan dengan ikatan eter, sedangkan sisanya (satu per tiga) dihubungkan melalui ikatan karbon-karbon. Struktur lignin yang kompleks memungkinkan lignin berfungsi sebagai semen atau lem yang dapat mengikat serat-serat dan memberikan sifat keras pada tanaman. Struktur lignin disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Lignin (Gregory, 2007)

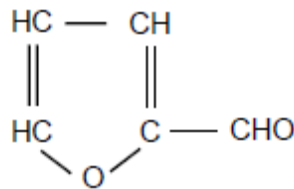
Selain memiliki ikatan antar molekulnya, lignin juga berikatan dengan hemiselulosa dan selulosa melalui ikatan arilalkil dan ikatan eter yang tahan terhadap hidrolisa. Hal ini menyebabkan pemanfaatan hemiselulosa dan selulosa menjadi kurang maksimal sehingga perlu dilakukannya perlakuan awal untuk menghilangkan lignin. Sifat lignin adalah tidak larut dalam air (hidrofobik) dan pelarut sederhana, namun dapat larut dalam larutan alkali. Pada saat pembuatan pulp, perlakuan kayu dengan ion  $\text{OH}^-$  akan menyebabkan degradasi parsial pada ikatan eternya, menghasilkan lignin alkali yang bersifat larut dalam air (hidrofilik).

### **C. Pemanfaatan TKS**

TKS banyak dijumpai di sekitar pabrik kelapa sawit (PKS), merupakan limbah berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara maksimal. TKS hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler di jalan-jalan sekitar perkebunan kelapa sawit untuk mengeraskan jalan atau dibuang diperkebunan kelapa sawit sebagai pupuk alami (Darwis *et al.* 1988 dalam Heradewi, 2009). Sebagai limbah berlignoselulosa, TKS dapat dimanfaatkan sebagai penetral pH limbah cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dan pupuk kalium dengan menggunakan abu dari hasil pembakaran TKS, pembuatan karbon aktif dengan cara karbonisasi pada temperatur  $700^\circ\text{C}$  (Alam *et al.*, 2009), pembuatan pupuk kompos karena memiliki unsur-unsur hara yang dapat meningkatkan kesuburan tanah (Humas, 2008), serta dalam pembuatan pulp atau bubur kertas dan etanol dengan memanfaatkan kandungan selulosa yang ada pada TKS.

#### D. Furfural

Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) atau disebut 2-furankarboksaldehyd, furanaldehyd, 2-furfuraldehyd, furaldehyd merupakan senyawa organik turunan furan yang berbentuk cair dan berwarna kuning-kecoklatan. Senyawa furfural memiliki titik didih  $161,5^\circ C$  dengan berat molekul sebesar  $96,086 \text{ g/gmol}$ , dan densitas pada suhu  $20^\circ C$  sebesar  $1,16 \text{ g/cm}^3$ . Furfural juga memiliki sifat yang kurang larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut-pelarut organik, seperti alkohol, eter, dan benzen (Kirk and Othmer, 1955 dalam Ganjar, 2011).

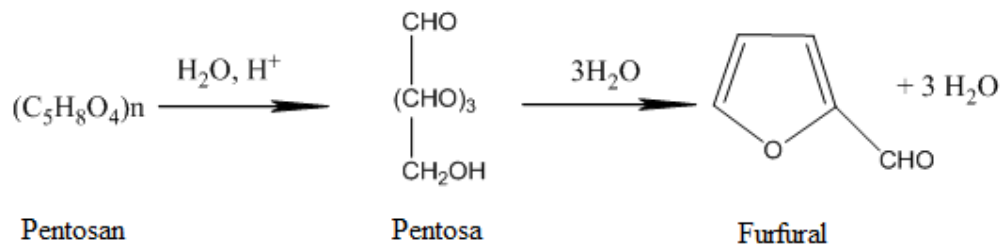


Gambar 5. Rumus Struktur Furfural (Ganjar, 2011)

Furfural memiliki aplikasi yang cukup luas terutama untuk mensintesis senyawa-senyawa turunannya. Di dunia hanya 13% saja yang langsung menggunakan furfural sebagai aplikasi, selebihnya disintesis menjadi produk turunannya (Witono, 2005). Kegunaan furfural dalam industri antara lain sebagai bahan kimia intermediet (misalnya untuk bahan baku metal furan, pidirin, tetrahidrofurfuril, dan lainnya); selektif solven dalam pemurnian minyak bumi maupun minyak nabati; pembuatan resin; zat penghilang warna pada industri sabun, varnish, dan kertas; resin pelarut dan agensia pembasah dalam industri pembuatan roda pengasah dan lapisan rem; dan untuk medium distilasi ekstraktif sebagai salah satu proses utama dalam pembuatan butadiene dari petroleum (Suharto, 2006).



Furfural pertama kali diisolasi pada tahun 1821 oleh Dobereiner yang berupaya untuk membuat asam formiat dari gula. Pada percobaannya menggunakan gula, asam sulfat, dan mangan dioksida untuk membuat asam formiat sebagai bahan awal untuk memproduksi furfural. Namun saat ini secara sintesis, furfural merupakan senyawa kimia yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dan dehidrasi pentosan dengan bantuan katalis asam. Pembentukan furfural dari pentosan melalui dua tahap, tahap pertama melibatkan reaksi hidrolisis katalis-asam, dimana rantai pentosan dihidrolisis pada suhu tinggi membentuk monomer pentosa dalam media berair. Sedangkan pada tahap kedua, pentosa dikonversi menjadi furfural melalui penghilangan air atau disebut proses siklodehidrasi seperti yang disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Proses Pembentukan Furfural (Othmer *et al.* 1980 dalam Ardiana, 2012)

Beberapa faktor penting yang berpengaruh terhadap pembuatan furfural dari lignoselulosa (limbah pabrik) adalah:

#### 1. Konsentrasi Katalisator

Hasil furfural akan bertambah dengan semakin besarnya konsentrasi katalisator yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah pereaksi yang teraktifkan sehingga konstanta kecepatan reaksi menjadi besar dan kecepatan

reaksi bertambah cepat pula. Namun, setelah mencapai konsentrasi asam yang optimum maka hasil furfural akan menurun karena peruraian furfural menjadi asam furoat sebagai hasil dari pemecahan gugus aldehid dan terbentuk sejenis damar yang berwarna hitam.

## 2. Suhu Reaksi

Reaksi akan berjalan cepat apabila suhu dinaikkan karena gerakan-gerakan molekul menjadi lebih cepat dengan bertambahnya suhu reaksi. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  (Groggins, 1958 dalam Ganjar, 2011). Dengan menggunakan suhu tinggi, konsentrasi asam yang rendah dan waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat. Sedangkan suhu yang rendah akan menyebabkan konsentrasi asam yang digunakan lebih tinggi.

## 3. Waktu Reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka hasil yang diperoleh akan bertambah besar karena pentosan yang bereaksi dengan asam lebih lama. Tetapi penambahan hasil furfural tidak berbanding lurus dengan penambahan waktu proses karena terlalu lama waktu reaksi dapat menimbulkan terbentuknya sejenis damar.

## 4. Kecepatan Pengadukan

Hasil furfural akan semakin besar dengan semakin besarnya kecepatan pengadukan karena dengan adanya pengadukan akan menambah jumlah

tumbukan antara molekul-molekul zat pereaksi (Groggins, 1958 dalam Ganjar, 2011).

#### 5. Pengaruh Ukuran Sampel

Semakin kecil ukuran butir maka semakin luas bidang persentuhan antar zat pereaksi, sehingga kontak antar molekul juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius yaitu semakin kecil ukuran butir maka nilai  $A$  (faktor frekuensi tumbukan) semakin besar sehingga nilai konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar pula.

#### E. Delignifikasi

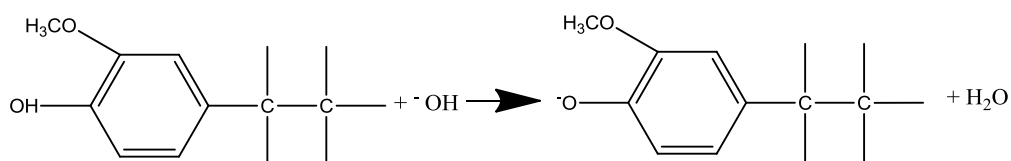
Delignifikasi merupakan proses pelarutan lignin dalam proses pembuatan bubur dalam industri kertas (pulping). Gullichsen (2000) mengatakan bahwa prinsip proses delignifikasi tergantung pada struktur kayu, metode pulping dan komponen bahan kimia yang akan digunakan. Proses delignifikasi yang umum digunakan adalah mekanis, semi kimia, kimia (alkali, sulfat/kraft, sulfit), dan proses non konvensional yang lebih berwawasan lingkungan. Salah satu proses delignifikasi yang sering digunakan adalah proses kimia menggunakan larutan alkali atau yang dikenal dengan proses *pulping* alkali. Delignifikasi dengan alkali dapat menyebabkan terputusnya ikatan eter antar unit-unit fenil propane, menurunkan bobot molekul dan menghasilkan gugus hidroksil fenol bebas. Reaksi yang terjadi akan menaikkan hidrofilitas lignin sehingga mudah larut. Alkali tidak mampu melarutkan selulosa alam, hanya sebagian selulosa terdepolymerisasi dengan

derajat polimerisasi rendah yang dapat larut dalam alkali (Achmadi, 1990 dalam Heradewi, 2007).

Selain itu, suhu, tekanan dan konsentrasi larutan pemasak yang digunakan selama proses pulping sangat mempengaruhi kecepatan pelarutan lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Dimana selulosa tidak akan rusak pada proses pelarutan lignin jika konsentrasi pelarut yang digunakan rendah dan suhu yang dipakai juga sesuai.

Akan tetapi, pemakaian suhu di atas 180°C akan menyebabkan degradasi selulosa lebih tinggi, dimana pada suhu tersebut lignin sudah habis terlarut dan sisa bahan pemasak akan mendegradasi selulosa.

Sodium hidroksida (NaOH) umumnya digunakan dalam delignifikasi menggunakan larutan alkali (*pulping* alkali). Penambahan NaOH dapat menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga mempercepat pemutusan ikatan intra-molekul lignin pada saat proses delignifikasi sehingga lignin akan larut dalam larutan pemasak (Damat, 1989 dalam Simatupang, 2012). Larutnya lignin disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil (Gilligan, 1974 dalam Lubis, 2007) seperti yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Reaksi Lignin Dengan Gugus Hidroksil pada Proses Delignifikasi (Gilligan, 1974 dalam Lubis, 2007)

## **F. Hidrolisis Asam**

Hidrolisis dengan asam encer sangat tergantung pada temperatur dan konsentrasi asam yang akan digunakan, terutama dalam menghidrolisis hemiselulosa.

Hidrolisis hemiselulosa dengan asam encer akan menghasilkan tiga jenis monosakarida, yaitu xylosa, arabinosa, dan glukosa. Dari ketiga monosakarida tersebut, kadar glukosa merupakan yang terendah sehingga tidak terjadi hidrolisis selulosa dalam filtrat. Hidrolisis hemiselulosa biasanya terjadi dalam pembentukan furfural. Ikatan glikosida pada hemiselulosa sangat rentan terhadap pemutusan oleh efek katalis berupa ion hidronium (Achmadi, 1990 dalam Nofriadi, 2009). Banyaknya hidrolisa asam bergantung pada bentuk ikatan glikosida, konsentrasi asam, suhu, dan lama reaksi. Degradasi hemiselulosa oleh asam lebih meningkat dibandingkan delignifikasi (penghilangan lignin), apabila suhu dinaikkan. Meskipun kebanyakan ikatan glikosida dalam hemiselulosa rentan terhadap hidrolisa asam, tetapi glikosida di antara asam glukoronat dengan rantai utama ternyata sangat kuat.

Asam yang sering digunakan dalam memproduksi furfural adalah asam sulfat karena asam sulfat merupakan asam kuat yang tidak mudah menguap sehingga kontak dengan partikel bahan baku akan lebih lama (Othmer dan Kirk, 1969 dalam Ganjar, 2011). Penggunaan asam sulfat cukup efektif untuk menghidrolisis hemiselulosa tanpa merusak selulosanya. Umumnya kadar asam sulfat yang digunakan sekitar 2-5% dari berat bahan bakunya. Jumlah ini dapat menutupi 1% seluruh permukaan partikel bahan baku. Pembentukan furfural juga dapat

menggunakan asam klorida. Namun, asam klorida jarang digunakan karena bersifat korosif dan tingkat keasamannya lebih besar dari asam sulfat serta lebih mudah melepaskan ion  $H^+$ . Ion  $H^+$  inilah yang diperlukan dalam proses hidrolisis.

### **G. Refluks**

Refluks merupakan teknik laboratorium yang dilakukan dengan cara mendidihkan campuran cairan dalam wadah yang disambungkan dengan pendingin (kondensor) sehingga uap dari cairan akan mengembun pada kondensor dan jatuh kembali ke dalam wadah. Teknik ini digunakan untuk reaksi yang berlangsung dalam waktu lama, seperti sintesis senyawa organik (Anonim, 2013).

### **H. Distilasi**

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam distilasi, campuran zat dididihkan sampai menguap, dan uap yang terbentuk didinginkan kembali menjadi bentuk cair. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu.

## I. Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan suatu metoda analisis yang berdasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu larutan berwarna pada panjang gelombang yang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma/kisi difraksi dan detektor tabung foto hampa. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk menganalisa suatu senyawa baik kuantitatif maupun kualitatif, dengan cara mengukur transmittan ataupun absorban suatu cuplikan sebagai fungsi dari konsentrasi. Untuk menganalisis furfural dapat digunakan spektrofotometer UV-Vis dan spektrofotometer IR.

### 1. Spektrofotometri UV-Vis

Pada spektrofotometri UV-Vis, panjang gelombang cahaya UV dan Visible (cahaya tampak) jauh lebih pendek daripada panjang gelombang radiasi inframerah. Satuan panjang gelombang yang digunakan pada spektrofotometri UV-Vis adalah *nanometer* ( $1\text{nm} = 10^{-7}\text{ cm}$ ). spectrum Visible adalah pada rentang sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spectrum UV pada rentang 100-400 nm. Baik radiasi UV maupun radiasi Visible, memiliki energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan radiasi inframerah. Adsorpsi cahaya UV dan Visible menyebabkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi yang berenergi lebih tinggi. Panjang gelombang cahaya UV atau Visible bergantung pada mudahnya promosi elektron. Dimana molekul-molekul yang memerlukan

lebih banyak energi akan menyerap panjang gelombang yang lebih pendek. Sedangkan molekul-molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah Visible (senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap cahaya pada daerah UV (Fessenden dan Fessenden, 1982). Pengukuran sebaiknya pada panjang gelombang dimana serapannya maksimum. Panjang gelombang ini disebut dengan panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{\text{maks}}$ ). Secara teoritis  $\lambda_{\text{maks}}$  furfural murni adalah 276 nm (Othmer, 1980 dalam Ardiana, 2012).

## 2. Spektrofotometri IR

Inti-inti atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami getaran (vibrasi). Hanya vibrasi yang bersifat asimetrik atau merubah kepolaran saja yang aktif pada inframerah karena mempunyai momen dipole. Bila molekul menyerap radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Jadi, molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi.

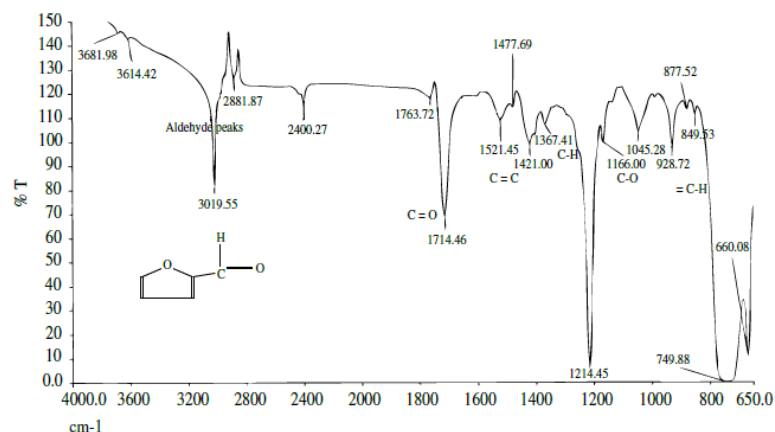
Vibrasi dalam molekul dapat berupa vibrasi ulur (ritme gerakan sepanjang sumbu ikatan sebagai interaksi pertambahan atau pengurangan jarak antar atom) atau vibrasi tekuk (menggambarkan suatu perubahan sudut ikatan antara ikatan-ikatan dengan suatu atom) ((Fessenden dan Fessenden, 1982). Penggunaan spektroskopi IR dalam karakteristik suatu senyawa, termasuk furfural menggunakan daerah



antara 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ , yang merupakan daerah yang paling banyak digunakan untuk keperluan yang praktis. Secara teoritis bilangan gugus fungsi per-variabel bebas dari furfural disajikan pada Table 3.

Table 3. Bilangan Gugus Fungsi Per-Variabel Bebas dari Furfural Secara Teoritis (Fessenden dan Fessenden, 1982)

No.	Gugus Fungsi	Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Vibrasi
1.	Karbonil (C=O)	1640-1820	Ulur
	C-H aldehyd	2700-2780	Ulur
		1360-1400-	Tekuk
2.	C-H alifatik	2820-2900	Ulur
3.	Eter (C-O)	1040-1260	Ulur
4.	Alkena		
	=CH <sub>2</sub>	2997-3080	Ulur
	C=C	1640	Ulur
	=CH <sub>2</sub>	909-993	Tekuk
5.	Aromatik		
	C-H	3000-3100	Ulur aromatik
	C-C	1400,1500,1600	Ulur pada cincin



Gambar 8. Spektrum IR Standart Furfural (Ong *et al.*, 2007)

## **J. Kromatografi Gas dan Spektroskopi Massa (GC-MS)**

Selain menggunakan spektrofotometer, furfural juga dapat dikarakterisasi menggunakan kromatografi. Kromatografi merupakan salah satu metode analitik untuk pemurnian atau pemisahan senyawa-senyawa organik dan anorganik sehingga senyawa tersebut dapat dianalisis dan dipelajari. Metode kromatografi adalah cara pemisahan dua atau lebih senyawa atau ion berdasarkan pada perbedaan migrasi dan distribusi senyawa atau ion-ion tersebut di dalam dua fasa yang berbeda. Dua fasa tersebut dapat berwujud padat-cair, cair-cair, atau gas-cair. Zat terlarut di dalam fasa gerak mengalir pada suatu fasa diam. Zat terlarut yang memiliki afinitas terhadap fasa gerak yang lebih besar akan tertahan lebih lama pada fasa gerak, sedangkan zat terlarut yang afinitasnya terhadap fasa gerak kecil akan tertahan lebih lama pada fasa diam. Dengan demikian senyawa-senyawa dapat dipisahkan komponen demi komponen akibat perbedaan migrasi di dalam fasa gerak dan fasa diam (Rohman, 2009).

Dalam analisis furfural, umumnya digunakan kromatografi gas-spekro massa (GC-MS). Dalam kromatografi gas, fase geraknya adalah gas dan komponen sampel pada fase uap. Pemisahan tercapai dengan partisi sampel antara fase gas bergerak dan fase diam berupa cairan dengan titik didih tinggi (tidak mudah menguap) yang terikat pada zat padat penyarap. Komponen campuran dapat diidentifikasi dengan menggunakan waktu retensi (waktu tambat) yang khas pada kondisi yang tepat. Waktu retensi adalah waktu yang menunjukkan berapa lama suatu senyawa tertahan pada kolom (Rohman, 2009). Waktu retensi diukur dari

jejak pencatat pada kromatogram dan serupa dengan volume retensi pada kromatografi cair kinerja tinggi dan Rf dalam kromatografi lempeng tipis. Dengan kalibrasi yang patut, banyaknya (kuantitas) komponen campuran dapat diukur secara teliti.

Pada spektro massa, bahan yang sedang diteliti ditembaki dengan berkas elektron dan secara kuantitatif mencatat hasilnya sebagai suatu spektrum fragmen ion positif. Terpisahnya fragmen-fragmen ion positif didasarkan pada massanya (lebih tepat massa dibagi muatan, tetapi kebanyakan ion bermuatan tunggal) (Fessenden dan Fessenden, 1982). Spektroskopi massa memungkinkan kita untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang tidak diketahui, dengan mengkalibrasikan terhadap senyawa yang sudah diketahui. Jadi spektrum massa dipakai untuk menentukan berat molekul atau rumus molekul atau mengidentifikasi senyawa dari pola fragmentasinya.

## **K. Penelitian Terdahulu**

1. Handojo, L. Herri Susanto, dan Nurul Seto W, 1999

Melakukan penelitian tentang pemulihan lindi hitam pemasakan tandan kosong sawit (TKS) dalam pelarut organik. Dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa reaksi pembentukan furfural berlangsung secara seri dan dilakukan secara enzimatik atau menggunakan katalis  $H_2SO_4$ .

2. Suropto Dwi Yuwono dan Herri Susanto, 2000

Melakukan penelitian tentang model *Waste Utilization Value* pada limbah pertanian sebagai bahan baku furfural, mereka mengatakan bahwa potensi pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber furfural dapat dinilai dengan menggunakan *Waste Utilization Value* (WUV). Tongkol jagung sebagai sumber furfural dengan potensi tertinggi setelah tandan kosong sawit (TKS).

3. A.Z. Habibie dan M.A. Angka Wijaya, 2002

Melakukan penelitian tentang pemisahan furfural dari hidrolisa pemasakan tandan kosong sawit. Pemisahan furfural dapat dilakukan dengan cara distilasi pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm.

4. Henny Suryani dan Maharini Rahmawati, 2006

Melakukan penelitian tentang pembuatan furfural dari bagasse dari limbah pabrik gula untuk mencari kondisi operasi yang optimum. Dari penelitian tersebut, disimpulkan bahwa kondisi optimum proses hidrolisa menjadi furfural adalah pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi asam sulfat 7%. Perolehan furfural adalah 48,04% berat untuk hasil hidrolisa dan 49,241% berat setelah proses distilasi dilakukan.

5. Suharto dan Herri Susanto, 2006

Melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi katalis terhadap perolehan furfural pada hidrolisis tongkol jagung. Pada penelitian ini, hidrolisis tongkol jagung dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer dilakukan dengan metode digester pada

kondisi operasi, yaitu tekanan 6 Bar, temperatur 157°C dan waktu operasi 2 jam, diperoleh furfural sebanyak 3,8 kg untuk 51 kg limbah tongkol jagung (kering oven).

6. Ganjar Andaka, 2011

Melakukan penelitian tentang hidrolisis ampas tebu menjadi furfural dengan katalisator asam sulfat. Hasil penelitian menunjukkan perolehan furfural mencapai titik maksimum pada suhu 100°C sebesar 5,07% dan perolehan furfural optimum pada waktu reaksi selama 120 menit, yaitu 5,67%.

7. Rena Ardiana dan Mitarlis, 2012

Melakukan penelitian tentang pemanfaatan kulit buah siwalan sebagai bahan dasar pembuatan furfural. Penelitian tersebut bertujuan mencari rendemen furfural tertinggi dengan variasi konsentrasi asam. Dimana diperoleh rendemen tertinggi yaitu 4,743% untuk konsentrasi asam sulfat 1,5 M.