

# HIDROLISIS AMPAS TEBU MENJADI FURFURAL DENGAN KATALISATOR ASAM SULFAT

**Ganjar Andaka**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Yogyakarta 55222  
email: ganjar\_andaka@akprind.ac.id

## ABSTRACT

*Hydrolysis of bagasse in the presence of sulfuric acid catalyst to produce furfural was studied. This objective of this work was to study the effects of reaction temperature and reaction time on yield of furfural.*

*The experiment were conducted by reacting bagasse with sulfuric acid in a three neck flask sized 500 mL equipped with stirrer, heater, condenser and thermometer. The reaction condition studied were reaction temperature ranging from 80°C to 100°C and reaction time from 30 minutes to 150 minutes. The concentration of furfurals were analyzed to calculate the yield of furfurals.*

*The analysis of bagasse obtained that the water content of 6.76% and pentosan content of 18.86%. The results of this study shows that yield of furfural reached a maximum at the temperature of 100°C is 5.07% and the yield of furfural reached a optimum at the reaction time for 120 minutes is 5.67%.*

**Keywords:** bagasse, furfural, hydrolysis, sulfuric acid.

## INTISARI

Hidrolisis ampas tebu memakai asam sulfat sebagai katalisator untuk membentuk fulfural dilakukan dengan mempelajari pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap yield furfural.

Penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan ampas tebu dengan asam sulfat di dalam labu leher tiga berukuran 500 mL yang dilengkapi dengan pengaduk, pemanas, pendingin balik dan termometer. Proses dijalankan pada variasi suhu antara 80°C sampai dengan 100°C dan variasi waktu reaksi antara 30 menit sampai dengan 150 menit. Konsentrasi furfural yang dihasilkan dianalisis untuk menghitung yield furfural.

Dari analisis bahan baku didapatkan bahwa kadar air ampas tebu sebesar 6,76% dan kadar pentosan sebesar 18,86%. Hasil penelitian menunjukkan *yield* furfural mencapai titik maksimum pada suhu 100°C sebesar 5,07% dan *yield* furfural mencapai titik optimum pada waktu reaksi hidrolisis selama 120 menit sebesar 5,67%.

**Kata kunci:** ampas tebu, furfural, hidrolisis, asam sulfat.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis, sehingga berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan mudah di Indonesia. Banyak manfaat yang dapat kita ambil dari tanaman-tanaman tersebut. Salah satunya adalah tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*). Tebu merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Luas areal tanaman tebu di Indonesia mencapai 344 ribu hektar dengan kontribusi utama adalah di Jawa Timur (43,29%), Jawa Tengah (10,07%), Jawa Barat (5,87%), dan Lampung (25,71%). Pada lima tahun terakhir, areal tebu Indonesia secara keseluruhan mengalami stagnasi pada kisaran sekitar 340 ribu hektar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007). Dari

seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2004 produksi gula Indonesia mencapai 2.051.000 ton hablur (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007).

Tebu yang diperoleh dari perkebunan pada umumnya diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Selama ini pemanfaatan ampas tebu (*sugar cane bagasse*) yang dihasilkan masih terbatas untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk (kompos), *pulp*, *particle board* dan untuk bahan bakar *boiler* di pabrik gula. Seperti halnya biomassa pada

umumnya, ampas tebu memiliki kandungan polisakarida yang dapat dikonversi menjadi suatu produk atau senyawa kimia yang dapat digunakan untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang terdapat dalam ampas tebu adalah pentosan. Kandungan pentosan yang cukup tinggi tersebut memungkinkan ampas tebu dapat diolah menjadi furfural. Selain ampas tebu, bahan baku lain yang dapat digunakan untuk memproduksi furfural adalah tongkol jagung, sekam padi, kayu, rami dan sumber lainnya yang mengandung pentosan.

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu usaha untuk meningkatkan nilai guna ampas tebu dan di masa yang akan datang dapat berkembang dengan baik. Untuk mendapatkan hasil furfural yang maksimal perlu diketahui faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembuatan furfural dari ampas tebu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap yield furfural yang dihasilkan dari hidrolisis ampas tebu dengan katalisator asam sulfat.

#### **Tebu (*Saccharum officinarum* L.)**

Tebu ialah suatu tanaman jenis rumput-rumputan, termasuk kelas *Monocotyledonae*, ordo *Glumiflorae*, keluarga *Gramineae* dengan nama ilmiah *Saccharum officinarum* L. Terdapat lima spesies tebu, yaitu *Saccharum spontaneum* (glagah), *Saccharum sinensis* (tebu Cina), *Saccharum barberry* (tebu India), *Saccharum robustum* (tebu Irian) dan *Saccharum officinarum* (tebu kunyah) (Sastrowijoyo, 1998). Tebu adalah bahan baku utama dalam pembuatan gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Sejak ditanam sampai bisa dipanen, umur tanaman tebu mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tanaman tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatera.

Sifat morfologi tebu diantaranya bentuk batang konis, susunan antar ruas berbuku, dengan penampang melintang agak pipih, warna batang hijau kekuningan, batang memiliki lapisan lilin tipis, bentuk buku ruas konis terbalik dengan 3-4 baris mata akar, warna daun hijau kekuningan, lebar daun 4-6 cm, daun melengkung kurang dari ½ panjang daun. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 1992). Sedangkan menurut Mui

(1996) bagas tebu yang dihasilkan dari produksi gula jumlahnya 30% dari tebu yang diolah, dan menurut Gandana (1982), bagas tebu yang dihasilkan dari produksi gula jumlahnya 31,34% dari tebu yang digiling. Husin (2007) menambahkan, berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Namun, sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Husin, 2007). Kandungan pentosan dalam beberapa bahan baku ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Pentosan dalam beberapa bahan baku (Kirk and Othmer, 1955).

Bahan Baku	Kandungan Pentosan (%)
Sekam pohon Oak	22
Tongkol jagung	22
Kulit biji kapuk	16,5
Batang pohon jagung	17
Kulit biji gandum	17
Bagas	17
Sekam padi	12
Kulit kacang tanah	12

Ampas tebu sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 µm, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan (Husin, 2007). Husin (2007) menambahkan bahwa bagas mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagas tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan, dan lignin.

Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan. Disamping untuk bahan bakar, ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas, *particleboard*, *fibreboard*, dan lain-lain (Penebar Swadaya, 1992). Ampas tebu juga mengandung polisakarida yang dapat dikonversi menjadi produk atau senyawa kimia untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang ada dalam ampas tebu

ialah pentosan dengan persentase sebesar 20-27%.

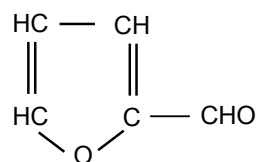
Kandungan pentosan yang cukup tinggi tersebut memungkinkan ampas tebu untuk diolah menjadi furfural. Furfural memiliki aplikasi cukup luas dalam beberapa industri dan dapat disintesis menjadi turunan-turunannya seperti furfural alkohol, furan, dan lain-lain. Kebutuhan furfural dan turunannya dalam negeri terus meningkat. Saat ini seluruh kebutuhan furfural dalam negeri diperoleh melalui impor. Impor furfural terbesar diperoleh dari Cina yang saat ini menguasai 72% pasar furfural dunia.

Tabel 2. Komposisi penyusun ampas tebu (Kirk and Othmer, 1955).

Komponen	Kandungan (% berat)
Ampas tebu basis basah	
Serat Selulose	25 – 40
Air	40 – 55
Gula	6 – 10
Albuminoid dan Getah	0,1 – 0,15
Ampas tebu basis kering	
Hidrogen (H)	5,5 – 6,6
Oksigen (O)	45 – 49
Karbon (C)	43 – 47
Abu	1,5 – 3,0

### Furfural

Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) atau sering disebut dengan 2-furankarboksaldehid, furanaldehid, 2-furfuraldehid, furaldehid, merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase cair berwarna kuning hingga kecoklatan dengan titik didih  $161,5^{\circ}C$ , berat molekul sebesar 96,086 g/gmol, dan densitas pada suhu  $20^{\circ}C$  adalah  $1,16 \text{ g/cm}^3$ . Furfural merupakan senyawa yang kurang larut dalam air, namun larut dalam alkohol, eter, dan benzena (Kirk and Othmer, 1955).



Gambar 1. Rumus struktur furfural.

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). Furfural dihasilkan dari biomassa (contohnya

ampas tebu) lewat 2 tahap reaksi, yaitu hidrolisis dan dehidrasi. Untuk itu, biasanya digunakan bantuan katalis asam, misalnya asam sulfat, asam nitrat dan lain-lain. Secara komersial, pembuatan furfural dapat berlangsung dalam siklus *batch* maupun kontinyu. Kegunaan furfural dalam industri antara lain sebagai: Bahan kimia intermediet (*chemical intermediate*), misalnya untuk bahan baku adiponitril  $[CN(CN_2)_4CH]$ , furfural alkohol, metil furan, *pirrole*, pidin, asam furoat, hidro furamid, dan tetrahidrofurfural alkohol; selective solvent dalam pemurnian minyak bumi maupun minyak nabati; pembuatan resin, misalnya fenol-aldehid (fenol-furfural); zat penghilang warna untuk wood resin pada industri sabun, vernish, dan kertas (Kirk and Othmer, 1955); resin pelarut dan agensia pembasah dalam industri pembuatan roda pengasah dan lapisan rem; dan untuk medium distilasi ekstraksif sebagai salah satu proses utama dalam pembuatan butadiena dari *petroleum* (Suharto, 2006).

Beberapa bahan sisa pertanian seperti tongkol jagung, kulit biji kapas, kulit kacang tanah, ampas tebu, kulit biji gandum, dan sekam padi mengandung pentosan yang apabila dihidrolisis akan menghasilkan furfural (Kirk and Othmer, 1955). Proses pembuatan furfural biasanya dilakukan dalam dua tahap, yaitu proses perebusan dan pengambilan atau pemindahan hasil (Kirk and Othmer, 1955). Pada proses yang dilakukan di Quaker Oats Company, Cedar Rapids, Iowa, USA, bahan baku limbah pertanian dan katalisator dimasukkan ke dalam suatu alat yang mempunyai kapasitas 5000 liter sekali isi. Kemudian dimasukkan uap air ke dalam tangki perebus supaya tekanan mencapai 60 psi lalu kran dibuka, *steam* keluar bersama furfural yang terbentuk dan disimpan pada kolom pemisah (Groggins, 1958). Hasil furfural dalam industri berwarna kuning terang sampai coklat. Beberapa faktor penting yang berpengaruh terhadap pembuatan furfural dari ampas tebu adalah:

#### a. 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. Tetapi setelah mencapai konsentrasi asam yang optimum maka hasil furfural akan menurun. Hal ini disebabkan karena peruraian furfural menjadi asam furoat sebagai hasil dari

pemecahan gugus aldehid dan terbentuk sejenis damar yang berwarna hitam (Dunlop, 1948).

b. Suhu reaksi.

Reaksi akan berjalan cepat apabila suhu dinaikkan. Hal ini karena gerakan-gerakan molekul menjadi lebih cepat dengan bertambahnya suhu reaksi. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu 10°C (Groggins, 1958). Dengan menggunakan suhu tinggi dapat digunakan konsentrasi asam yang rendah dan waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat. Sedangkan suhu yang rendah akan menyebabkan konsentrasi asam yang digunakan lebih tinggi.

c. Waktu reaksi.

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

d. Kecepatan pengadukan.

Hasil furfural akan semakin besar dengan semakin besarnya kecepatan pengadukan. Hal ini karena dengan adanya pengadukan akan menambah jumlah tumbukan antara molekul-molekul zat pereaksi sehingga nilai frekuensi tumbukan (A) pada persamaan Arrhenius bertambah besar. Persamaan Arrhenius:

$$k = Ae^{-E/RT}$$

dengan  $k$  adalah konstanta kecepatan reaksi,  $A$  adalah faktor frekuensi tumbukan,  $E$  adalah energi aktivasi,  $R$  adalah konstanta gas umum, dan  $T$  adalah suhu absolut.

Dengan naiknya nilai  $A$  (faktor frekuensi tumbukan) maka bertambah pula nilai  $k$  (konstanta kecepatan reaksi) (Groggins, 1958).

e. Pengaruh rasio larutan dengan padatan.

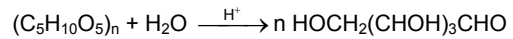
Pengaruh rasio larutan dengan padatan akan berpengaruh terhadap hasil furfural. Hal ini dikarenakan jika volume larutan semakin besar maka hasil furfural yang diperoleh semakin besar. Dengan volume larutan yang semakin besar maka kemungkinan terjadinya tumbukan antar molekul pentosan dengan molekul air semakin besar.

f. Pengaruh kehalusan bahan.

Semakin kecil ukuran butir maka semakin luas bidang persentuhan antar zat pereaksi, sehingga kontak antar molekul

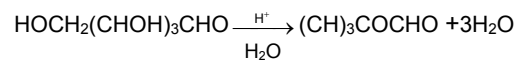
juga semakin besar. Sehingga, sesuai dengan persamaan Arrhenius yaitu semakin kecil ukuran butir maka nilai  $A$  (faktor frekuensi tumbukan) semakin besar sehingga nilai konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar pula.

Reaksi pembentukan furfural merupakan reaksi berurutan (seri) dan dapat dinyatakan sebagai berikut:



Pentosan

Pentosa



Pentosa

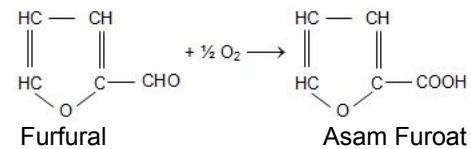
Furfural

Air

Perolehan furfural menurut persamaan reaksi di atas secara stoikiometri adalah 73 gram per 100 gram pentosan (Suharto, 2006).

Asam sebagai katalisator yang membantu kerja air dalam proses hidrolisis mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil furfural. Dengan naiknya konsentrasi asam yang ditambahkan sampai pada konsentrasi yang optimum maka hasil furfural akan bertambah besar. Banyaknya hasil furfural juga dipengaruhi oleh lamanya waktu reaksi. Hasil furfural akan semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu reaksi sampai pada waktu optimum (Groggins, 1958)

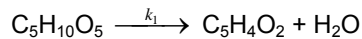
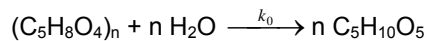
Furfural dapat dioksidasi dengan senyawa permanganat dan bikromat menghasilkan asam furoat.



Furfural

Asam Furoat

Menurut Arnold and Buzzard (2003), kinetika reaksi hidrolisis pembentukan furfural dari pentosan dalam bahan baku ampas tebu dengan katalisator asam sulfat dapat dinyatakan sebagai berikut:



Persamaan kinetika reaksi sebagai berikut:

$$\frac{dC_{pa}}{dt} = k_0 C_{pn} - k_1 C_{pa}$$

dengan  $C_{pa}$  adalah konsentrasi pentosa,  $C_{pn}$  adalah konsentrasi pentosan,  $k_0$  adalah konstanta kecepatan pembentukan pentosa,

dan  $k_1$  adalah konstanta kecepatan pembentukan furfural.

Dari uraian tersebut di atas dapat ditarik suatu hipotesis bahwa ampas tebu mengandung pentosan sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan furfural dengan cara hidrolisis menggunakan larutan yang mengandung asam sulfat sebagai katalisator. Dengan suhu reaksi yang relatif tinggi dan waktu reaksi hidrolisis yang lama akan meningkatkan perolehan *yield* furfural.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Baku

- Ampas tebu, didapatkan dari penjual sari tebu di sekitar kota Yogyakarta.
- Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 98% dibeli di Toko Kimia Chemix Yogyakarta.

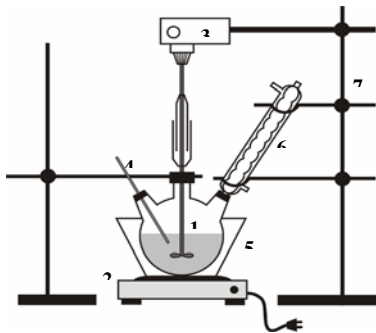
### Bahan Pembantu

- Aquadest* diperoleh dari Laboratorium Proses Kimia dengan sifat fisis pada  $29^\circ C$  mempunyai densitas ( $\rho$ ) sebesar  $0,9959761 \text{ g/cm}^3$  dan viskositas ( $\mu$ ) sebesar  $0,008180 \text{ g/cm}\cdot\text{det}$ .
- Natrium bisulfit,  $NaHSO_3$ , berwujud padatan berwarna putih, dibeli di Toko Kimia Chemix Yogyakarta.
- Asam klorida,  $HCl$ , dengan konsentrasi 37% dibeli di Toko Kimia Chemix Yogyakarta.
- Indikator *amylum*, diperoleh dari Toko Kimia Chemix Yogyakarta.
- Iodium dengan konsentrasi 0,107 N, dibeli di Toko Kimia Chemix Yogyakarta.

### Rangkaian Alat

- Satu set rangkaian alat hidrolisis (Gambar 2).
- Alat pembantu
 

- Kertas saring	- Timbangan elektrik
- Oven	- Corong gelas
- Gelas arloji	- Buret
- Eksikator	- Labu Erlenmeyer
- Gelas piala	- Piknometer
- Saringan Hisap	



Gambar 2. Rangkaian alat penelitian.

### Pelaksanaan Penelitian

Cara kerja penelitian meliputi 2 tahap yaitu persiapan bahan baku dan proses hidrolisis.

#### a. Persiapan bahan baku.

Bahan baku pembuatan furfural yang digunakan adalah ampas tebu. Ampas tebu dicuci dengan air bersih agar kotoran-kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dapat hilang. Setelah bersih, kemudian dijemur di bawah sinar matahari, dan setelah kering dihaluskan dan diayak. Sebagian bubuk ampas tebu dianalisis kadar air dan kadar pentosannya sesuai metode yang ditulis oleh Sudarmadji dkk. (1997).

#### b. Proses hidrolisis.

Bahan baku ampas tebu yang telah digiling halus ditimbang sebanyak 5 gram, lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang sudah berisi larutan asam sulfat dengan volume 150 mL dan konsentrasi sebesar 12%. Rangkaian alat disiapkan kemudian pemanas listrik dan motor pengaduk dihidupkan, serta pendingin balik dijalankan. Proses dijalankan pada variasi suhu antara  $80^\circ C$  sampai  $100^\circ C$  (untuk variabel suhu reaksi). Waktu reaksi divariasi antara 30 menit sampai 150 menit (untuk variabel waktu reaksi). Perhitungan waktu reaksi dimulai pada saat suhu reaksi tersebut tercapai. Setelah variasi waktu yang dikehendaki tercapai, pemanas listrik dan motor pengaduk dimatikan dan hasil reaksi dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Setelah dingin, cairan dan padatan yang terdapat di dalam labu leher tiga disaring dengan menggunakan saringan hisap dan filtrat yang diperoleh dianalisis kadar fulfuralnya.

### Prosedur Analisis

#### Analisis Bahan Baku

##### a. Menentukan kadar air.

Gelas arloji dimasukkan ke dalam oven selama 30 menit pada suhu  $110^\circ C$ . Kemudian dimasukkan ke dalam eksikator selama 20 menit lalu dilakukan penimbangan. Pekerjaan ini dilakukan berulang-ulang sampai didapatkan berat gelas arloji yang konstan. Lima gram ampas tebu dimasukkan ke dalam botol timbang lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu  $105 - 110^\circ C$  selama 3 – 5 jam. Kemudian bahan dimasukkan ke dalam eksikator. Setelah itu sampel ditimbang. Pengeringan dan penimbangan diulangi sampai didapatkan berat sampel yang

konstan. Perhitungan kadar air mengacu pada metode Sudarmadji dkk. (1997).

b. Menentukan kadar pentosan.

Ampas tebu sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung distilasi 500 mL, lalu ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 100 mL, kemudian dipanaskan. Pemanasan mula-mula dijalankan secara perlahan. Setelah itu diambil hasil sulingan sebanyak 30 mL, lalu ke dalam tabung distilasi dimasukkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL dan proses dijalankan kembali. Bila larutan di dalam tabung distilasi sudah banyak teruapkan maka ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL lagi dan proses dijalankan hingga didapatkan volume distilat sebanyak 360 mL. Distilat yang terkumpul ditambahkan 1 gram *phloroglucinol* dan ditambahkan asam klorida 12% hingga volumenya menjadi 400 mL. Larutan tersebut dibiarkan selama 1 malam hingga didapatkan endapan berwarna hitam (*furfural phloroglucid*). Kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan hisap dan dicuci dengan 150 mL *aquadest*. Endapan yang terdapat di kertas saring dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 100°C. Setelah kering, lalu bahan didinginkan dan ditimbang. Pengeringan dan penimbangan dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan berat konstan (misal *w* gram). Menurut Griffin (1927) perhitungan berat pentosan dilakukan dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Horber:

➤ Bila berat *phloroglucid*, *w* lebih kecil dari 0,030 gram maka berat pentosan =  $(w + 0,0052) \times 0,8949$  gram

➤ Bila berat *phloroglucid*, *w* lebih besar dari 0,300 gram maka berat pentosan =  $(w + 0,0052) \times 0,8824$  gram

➤ Bila berat *phloroglucid*, *w* antara 0,030 – 0,300 gram maka berat pentosan =  $(w + 0,0052) \times 0,8866$  gram

Persentase berat pentosan dalam bahan baku (ampas tebu) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar pentosan} = \frac{\text{berat pentosan (g)}}{\text{berat ampas tebu (g)}} \times 100\%$$

### Analisis Hasil

Analisis hasil secara kualitatif dilakukan dengan cara membuat larutan anilin dan asam asetat dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian dipersiapkan sampel yang akan dianalisis dengan meletakkan sampel di atas gelas arloji. Kemudian sampel tersebut

ditetesi dengan larutan anilin dan asam asetat. Apabila terjadi warna kemerah-merahan berarti sampel mengandung furfural. Perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi merah tua dengan penambahan pereaksi anilin asetat disebabkan terjadi kondensasi antara furfural dengan anilin membentuk senyawa dianil hidroksiglukoat dialdehida yang berlangsung dua tahap. Tahap pertama adalah pembentukan warna kuning selanjutnya bereaksi dengan anilin kedua, sehingga terjadi pemecahan cincin furfural dan pembentukan dialdehida (Hidajati, 2006).

Untuk analisis kuantitatif, furfural dapat ditentukan secara volumetrik dengan beberapa *reagent* seperti *hydroxylamine*, *potassium bisulfite*, dan *phenyl-hydrazine* serta dapat dilakukan lebih baik dengan beberapa modifikasi metode analisis *bromine* secara berlebih (Hughes and Acree, 1937). Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengambil filtrat yang terbentuk sebanyak 15 mL larutan filtrat dan ditambahkan dengan 20 mL natrium bisulfit 0,1 N. Kemudian larutan dikocok dan didiamkan selama 15 – 20 menit agar furfural bereaksi dengan natrium bisulfit. Setelah itu larutan dititrasi dengan iodium yang normalitasnya sudah diketahui, misalnya diperlukan titrasi sebanyak  $V_1$  mL iodium (dengan indikator *amylum*).

Sebagai pembanding, dibuat blangko dari natrium bisulfit sebanyak 20 mL kemudian dititrasi dengan larutan iodium yang kadar normalitasnya sama dan ditambahkan indikator *amylum*. Misalnya diperlukan larutan iodium sebanyak  $V_2$  mL. Menurut Dunlop (1948) dan Dunlop and Trymble (1939) untuk mengetahui besarnya *yield* furfural dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Yield furfural} = \frac{m}{n} \times \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 48,04}{\text{berat ampas tebu (mg)}} \times 100\%$$

dengan:

48,04 = berat setara furfural (*mg/mgrek*)

$V_1$  = volume iodium hasil titrasi sampel (*mL*)

$V_2$  = volume iodium hasil titrasi blangko (*mL*)

$N$  = normalitas iodium (*mgrek/mL*)

$n$  = volume sampel (*mL*)

$m$  = volume hasil reaksi keseluruhan (*mL*)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis bahan baku ampas tebu diperoleh data kadar air sebesar 6,77% dan kadar pentosan sebesar 18,86%. Hasil analisis pentosan bahan baku tersebut masih

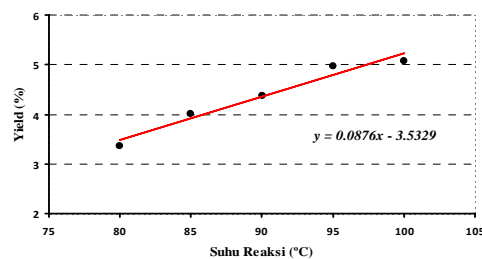
di atas data pustaka yang disebutkan oleh Kirk and Othmer (1955), bahwa kadar pentosan untuk ampas tebu sebesar 17% sehingga hasilnya dapat dikatakan cukup baik. Sedangkan Husin (2007) kadar pentosan ampas tebu sebesar 27%. Hal ini dikarenakan komposisi nutrisi ampas tebu bervariasi tergantung pada jenis tebu, umur tanaman tebu saat dipanen, metode pemanenan dan efisiensi mesin pengolah tebu menjadi gula (Miksusanti, 2004).

### Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Hasil Furfural

Percobaan pengaruh suhu reaksi terhadap yield furfural dilakukan dengan cara memvariasi suhu reaksi antara 80°C sampai dengan 100°C, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat ampas tebu, waktu reaksi, volume dan konsentrasi asam sulfat, dan kecepatan pengadukan. Kondisi operasi pada variabel suhu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, waktu reaksi 90 menit (1,5 jam), konsentrasi asam sulfat 12% sebanyak 150 mL, dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm (putaran per menit).

Tabel 3. Pengaruh suhu reaksi terhadap yield furfural.

Suhu reaksi (°C)	Volume Hasil (mL)	Yield Furfural (%)
80	130	3,36
85	128	4,01
90	132	4,37
95	127	4,96
100	129	5,07



Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu reaksi dengan yield furfural.

Dari Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa yield furfural mencapai nilai maksimum pada suhu reaksi 100°C yaitu sebesar 5,07%. Hal ini karena pada suhu yang tinggi menyebabkan kecepatan reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi semakin besar. Dengan demikian semakin tinggi suhu reaksi maka hasil furfural yang didapatkan

semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar, dan menyebabkan kecepatan reaksi akan semakin bertambah besar pula. Dengan demikian hasil furfural yang didapatkan akan semakin bertambah besar.

Pada penelitian ini suhu reaksi dibatasi hingga batas maksimum 100°C. Hal ini dikarenakan titik didih larutan hanya dapat mencapai titik maksimum pada suhu 102 – 103°C pada tekanan atmosferis. Peningkatan suhu reaksi dapat dilakukan dengan cara menaikkan tekanan operasi di atas tekanan atmosferis. Namun perlu diperhatikan bahwa tekanan operasi yang dapat dicapai harus disesuaikan dengan ketahanan alat yang digunakan. Untuk tekanan operasi yang tinggi dapat digunakan reaktor yang mempunyai ketahanan yang memadai, misalnya berupa autoclave. Tekanan operasi yang tinggi juga dapat meningkatkan titik didih larutan sehingga energi yang diperlukan untuk mencapainya juga meningkat. Efisiensi energi menjadi pertimbangan penting dalam penentuan tekanan operasi.

Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4, hubungan antara suhu reaksi ( $x$ , dalam °C) dengan yield furfural ( $y$ , dalam %) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$y = 0,0876x - 3,5329$$

dengan ralat rerata dari perhitungan sebesar 2,58%.

### Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Hasil Furfural

Percobaan pengaruh waktu reaksi terhadap yield furfural dilakukan dengan cara memvariasi waktu reaksi antara 30 menit sampai dengan 150 menit, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat ampas tebu, suhu reaksi, volume dan konsentrasi asam sulfat, dan kecepatan pengadukan. Kondisi operasi pada variabel waktu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, suhu reaksi 100°C, konsentrasi asam sulfat 12% sebanyak 150 mL, dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm (putaran per menit).

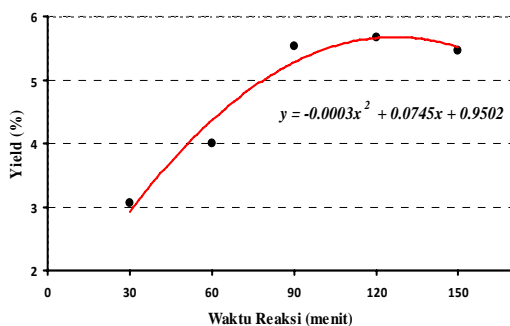
Tabel 4. Pengaruh waktu reaksi terhadap yield furfural.

Waktu Reaksi (menit)	Volume Hasil (mL)	Yield Furfural (%)
30	125	3,06
60	136	4,01
90	140	5,53
120	135	5,67



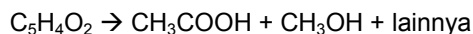
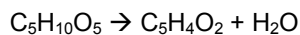
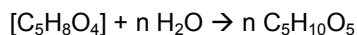
150	133	5,47
-----	-----	------

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa *yield* furfural mencapai optimum yang pada waktu reaksi selama 120 menit, yaitu sebesar 5,67%. Hal ini karena semakin lama waktu reaksi maka hasil reaksi akan semakin bertambah besar sampai semua reaktan bereaksi semua. Setelah semua reaktan habis bereaksi, maka hasil reaksi akan cenderung konstan. Demikian juga pada reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi fulfural ini, setelah waktu optimum tercapai, maka *yield* furfural yang didapatkan cenderung konstan, bahkan untuk penambahan waktu reaksi selanjutnya menyebabkan *yield* furfural cenderung menurun. Hal ini disebabkan semakin lama waktu reaksi maka furfural yang terbentuk mengalami proses degradasi menjadi asam asetat, methanol dan senyawa-senyawa organik lainnya. Proses degradasi furfural dapat dilihat dari larutan hasil yang mengandung endapan damar berwarna hitam.



Gambar 5. Grafik hubungan antara waktu reaksi dengan *yield* furfural.

Terjadinya proses degradasi furfural ini disebabkan reaksi pembentukan furfural merupakan reaksi seri dimana senyawa furfural sebagai *intermediate product*. Secara ringkas reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut (Suharto dan Susanto, 2006):



Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 5, hubungan antara waktu reaksi ( $x$ , dalam menit) dengan *yield* furfural ( $y$ , dalam %) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$y = -0,0003x^2 + 0,0745x + 3,5329$$

dengan ralat rerata dari perhitungan sebesar 4,36%.

## Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Teoritis

Perolehan furfural tertinggi dari penelitian ini adalah pada waktu reaksi 120 menit sebesar 283,5 mg untuk setiap 5 gram ampas tebu kering (*yield* sebesar 5,67%). Jika dianggap bahwa setiap 5 gram ampas tebu kering mengandung 17% pentosan maka terdapat 850 gram pentosan dalam bahan baku. Konversi teoritis pentosan menjadi furfural secara stoikiometri reaksi sebesar 73%, maka furfural yang terbentuk secara teoritis sebesar 620 mg. Persentase furfural yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 45,69% dari hasil teoritis, yang berarti hampir mendekati harapan secara teknis. Dari kajian tersebut, upaya perbaikan proses untuk meningkatkan hasil furfural perlu dilakukan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ampas tebu mengandung pentosan yang dapat dihidrolisis menjadi furfural dengan katalisator asam sulfat.
2. Semakin tinggi suhu reaksi maka *yield* furfural akan semakin besar. Pada penelitian ini, hasil furfural mencapai titik maksimum pada suhu reaksi 100°C dengan *yield* sebesar 5,07%.
3. Semakin lama waktu reaksi maka hasil furfural yang terbentuk akan semakin besar. Namun setelah waktu optimum tercapai, *yield* furfural yang didapatkan cenderung konstan, dan untuk penambahan waktu reaksi selanjutnya menyebabkan *yield* furfural cenderung menurun dengan adanya reaksi lanjut. Pada penelitian ini, hasil furfural mencapai titik optimum pada waktu reaksi 120 menit dengan *yield* sebesar 5,67%.

### Saran

Produk yang didapatkan dari penelitian ini masih berupa *crude furfural*. Untuk mendapatkan produk furfural menjadi *commercial grade*, maka proses pemurnian perlu dilakukan lebih lanjut.

### DAFTAR PUSTAKA

Arnold, D. R., and Buzzard, J. L., 2003, A Novel and Patented Process for Furfural Production, Proceeding of



- The South African Chemical Engineering Congress.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007, Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Tebu, Edisi 2, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Dunlop, A. P., 1948, Furfural Formation and Behavior, *Ind. Eng. Chem.* Vol. 40, pp. 204 – 209, The Quaker Oats Company, Chicago.
- Dunlop, A. P., and Trymble, F., 1939, *Industrial Methods of Analysis*, 5<sup>th</sup> ed., p. 602, The Quaker Oats Company, Chicago.
- Gandana, S. G. 1982. Pengawasan Giling Cara Hawaii pada Kondisi di Indonesia, *Majalah Perusahaan Gula Th. XIV No. 2 Juni 1982*, BP3G Pasuruan.
- Griffin, R. C., 1927, *Technical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., pp. 491 – 494, McGraw–Hill Book Company, New York.
- Groggins, P. H., 1958, *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5<sup>th</sup> ed., pp. 775 – 777, McGraw–Hill Book Company, New York.
- Hidajati, N., 2006, Pengolahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pembuatan Furfural, *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 8, p. 48, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Surabaya.
- Hughes, E. E., and Acree, S. F., 1937, Analysis of Mixtures of Furfural and Methylfurfural, pp. 318–321, National Bureau of Standards, Washington.
- Husin, 2007, Analisis Serat Bagas, (<http://www.free.vlsm.org/>, diakses tanggal 6 Juli 2009).
- Kirk, R. E. and Othmer, D., 1955, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 10, pp. 237 – 250, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Miksusanti, 2004, Pengaruh Penyimpanan terhadap Struktur Kimia Karbohidrat pada Ampas Tebu, Makalah Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana - S3, Institut Pertanian Bogor.
- Mui, N.T., 1996, Effect of Management Practices on Yield and Quality of Sugar Cane and on Soil Fertility, Goat and Rabbit Research Centre, Son Tay, Ha Tay, Vietnam.
- Penebar Swadaya, 1992, *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*, Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sastrowijoyo, 1998, Klasifikasi Tebu, (<http://arluki.wordpress.com/2008/10/14/tebu-sugarcane/>, diakses tanggal 8 Desember 2009).
- Sudarmadji S., Haryono, B., dan Suhardi, 1997, *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi 4, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suharto, 2006, Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Commercial Grade Furfural. Laporan Akhir Kumulatif – Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, LIPI.
- Suharto dan Susanto, H., 2006, Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Perolehan Furfural pada Hidrolisis Tongkol Jagung, Seminar Nasional IPTEK Solusi Kemandirian Bangsa, Yogyakarta.
- Susanto, H., Suharto dan Kismurtono, 2004, *Rekayasa Digester Pemasakan Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Furfural dan Pulp*, Laporan Akhir RUT IX.
- Witono, J. A., 2005, *Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia*, (<http://www.chem-is-try.org/>, diakses tanggal 21 Desember 2009).