

## OPTIMASI KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN KECEPATAN PENGADUKAN PADA PROSES HIDROLISIS AMPAS TEBU MENJADI FURFURAL

Ganjar Andaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 9 Nopember 2012, revisi masuk: 11 Januari 2013, diterima: 13 Januari 2012

### 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 catalyst concentration and stirrer speed 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 catalyst concentration ranging from 4% to 20% and stirrer speed from 100 rpm to 500 rpm at reaction temperature 100°C and reaction time 120 minutes. The concentration of furfural was analyzed to calculate the yield of furfural. The analysis of bagasse obtained that the water content of 6.76% and pentosan content of 18.86%. The results show that yield of furfural reached a maximum at the catalyst concentration of 8% is 5.79% and the yield of furfural reached an optimum at the stirrer speed of 400 rpm is 6.29%.*

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

### INTISARI

Hidrolisis ampas tebu memakai asam sulfat sebagai katalisator untuk membentuk furfural dilakukan dengan mempelajari pengaruh konsentrasi katalisator ( $H_2SO_4$ ) dan kecepatan pengadukan 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 konsentrasi katalisator antara 4% sampai dengan 20% dan variasi kecepatan pengadukan antara 100 putaran/menit sampai dengan 500 putaran/menit pada temperatur reaksi 100°C dan waktu reaksi 120 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 konsentrasi katalisator 8% yakni sebesar 5,79%, dan *yield* furfural mencapai titik optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/menit yakni sebesar 6,29%.

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

### PENDAHULUAN

Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan mudah di Indonesia karena Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis. 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 perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2004 produksi gula di Indonesia mencapai 2.051.000 ton hablur (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007).

<sup>1</sup>) [ganjar\\_andaka@akprind.ac.id](mailto:ganjar_andaka@akprind.ac.id)

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. 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

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu usaha untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi ampas tebu. 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 barberi* (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 di antaranya bentuk batang konis, susunan antar ruas berbuku, 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). Ampas tebu sebagian besar mengandung *lignocellulose*. Pan-

jang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20  $\mu\text{m}$ , 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, *particle-board*, *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%.

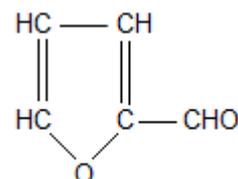
Tabel 2. Komposisi penyusun ampas tebu (Kirk and Othmer, 1955).

Komponen	Kandungan (% berat)
Ampas tebu basis basah:	
Serat Sellulose	25 – 40
Air	40 – 55
Gula	6 – 10
<i>Albuminoid</i> 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

Kandungan pentosan yang cukup tinggi tersebut memungkinkan ampas tebu dapat 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 di Indonesia 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.

Furfural ( $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ ) 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  $161,5^\circ\text{C}$ , berat molekul sebesar 96,086 g/gmol, dan densitas pada suhu  $20^\circ\text{C}$  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 [ $\text{CN}(\text{CN}_2)_4\text{CH}$ ], 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 ekstraktif sebagai salah satu proses utama dalam pembuatan butadiena dari pada *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). 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 ini akan bertambah dengan semakin besarnya konsentrasi katalisator yang digunakan. Hal ini disebabkan bertambahnya jumlah pereaksi yang teraktifkan sehingga konstanta kecepatan reaksi menjadi besar dan kecepatan reaksi bertambah cepat. 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 akan berjalan cepat apabila suhu dinaikkan, hal ini karena gerakan-gerakan molekul menjadi lebih cepat. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu 10°C (Groggins, 1958).

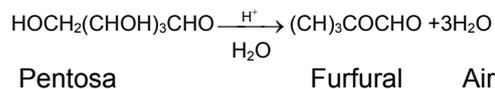
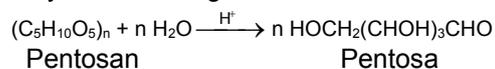
Dengan menggunakan suhu tinggi dapat digunakan konsentrasi asam yang rendah dan waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat. c). Waktu reaksi semakin lama maka hasil yang diperoleh akan bertambah besar karena pentosan yang berkontak dengan asam lebih lama. d). Kecepatan pengadukan. Hasil furfural akan semakin besar dengan semakin

besarnya kecepatan pengadukan. Hal ini karena dengan adanya pengadukan akan menambah jumlah tumbukan antar zat pereaksi sehingga nilai frekuensi tumbukan (*A*) pada persamaan Arrhenius bertambah besar. Persamaan Arrhenius:

$$k = Ae^{-E/RT} \dots\dots\dots (1)$$

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.

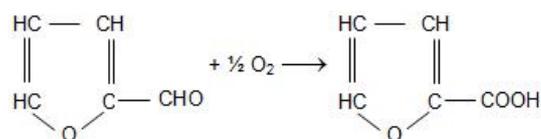
Reaksi pembentukan furfural merupakan reaksi berurutan (seri) dan dapat dinyatakan sebagai berikut:



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).

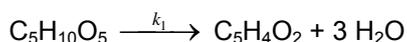
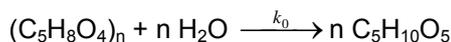
Furfural dapat dioksidasi dengan senyawa permanganat dan bikromat menghasilkan asam furoat.



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:

$$\frac{dC_{pa}}{dt} = k_0 C_{pn} - k_1 C_{pa} \dots\dots\dots (2)$$

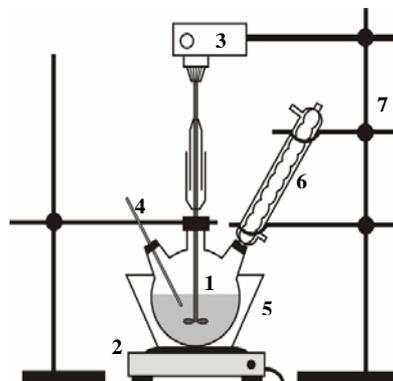
dengan  $C_{pa}$  adalah konsentrasi pentosa,  $C_{pn}$  adalah konsentrasi pentosan,  $k_0$  adalah konstanta kecepatan pembentukan pentosa, dan  $k_1$  adalah konstanta kecepatan pembentukan furfural.

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 konsentrasi katalisator dan kecepatan pengadukan yang optimal akan meningkatkan *yield* furfural.

**METODE**

Bahan baku: a). Ampas tebu, didapatkan dari penjual sari tebu di sekitar kota Yogyakarta. b). Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

dengan konsen-trasi sebesar 98% dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta.



Keterangan gambar:  
1. Labu leher tiga 5. Penangas air  
2. Pemanas listrik 6. Pendingin balik  
3. Pengaduk listrik 7. Klem dan statif  
4. Termometer

Gambar 2. Rangkaian alat hidrolisis.

Bahan Pembantu: a). *Aquadest* diperoleh dari Laboratorium Proses Kimia dengan sifat fisis pada 29°C mempunyai densitas ( $\rho$ ) sebesar 0,9959761 g/cm<sup>3</sup> dan viskositas ( $\mu$ ) sebesar 0,008180 g/cm.det. b). Natrium bisulfid,  $\text{NaHSO}_3$ , berwujud padatan berwarna putih, dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta. c). Asam klorida,  $\text{HCl}$ , dengan konsen-trasi 37% dibeli di Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta. d). Indikator *amylum*, Iodium diperoleh dari Toko Kimia Chemix Pratama, Yogyakarta.

**Alat pembantu**

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

Pelaksanaan Penelitian: Cara kerja penelitian meliputi 2 tahap yaitu persiapan bahan baku dan proses hidrolisis:

a).Persiapan 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 +30/-40 mesh. 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 tertentu. Rangkaian alat disiapkan kemudian pemanas listrik dan motor pengaduk dihidupkan, serta pendingin balik dijalankan. Proses dijalankan pada suhu 100°C dan waktu reaksi 120 menit dengan memvariasi konsentrasi katalisator antara 4-20% (untuk variabel konsentrasi katalisator) dan kecepatan pengadukan antara 100 putaran/menit sampai dengan 500 putaran/menit (untuk variabel kecepatan pengadukan). Perhitungan waktu reaksi dimulai pada saat suhu reaksi tersebut tercapai. Setelah waktu reaksi 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 furfuralnya.

Prosedur Analisis:

a). Menentukan kadar air. Gelas arloji ini dimasukkan ke dalam oven selama 30 menit pada suhu 110°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 gelas arloji lalu dipanaskan di dalam oven pada suhu 105-110°C selama sekitar 3 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 100mL, kemudian dipanaskan. Pe-

manasan mula-mula dijalankan secara perlahan. Setelah itu diambil hasil sulingan sebanyak 30mL, 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 360mL. Distilat yang terkumpul ditambahkan dengan 1gram *phloroglucinol* dan ditambahkan asam klorida 12% hingga volumenya menjadi 400mL. Larutan tersebut dibiarkan selama 1 malam hingga didapatkan endapan berwarna hitam (*furfural phloroglucid*). Kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan hisap dan dicuci dengan 150mL *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 0,030–0,300gram maka berat pentosan =  $(w+0,0052) \times 0,8866$  gram.

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

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

## PEMBAHASAN

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 *phenylhydrazine* 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:

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

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)

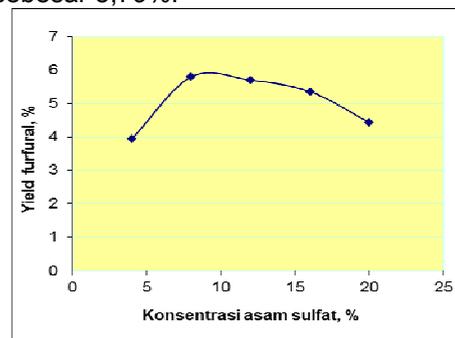
Ampas tebu setelah dilakukan analisis pendahuluan diperoleh data bah-

wa kadar air sebesar 6,77% dan kadar pentosan sebesar 18,86% (basis kering). 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% (basis kering) sehingga hasilnya dapat dikatakan cukup baik. Namun menurut Husin (2007), dalam artikelnya menyatakan bahwa kadar pentosan ampas tebu sebesar 27%. Hal ini kemungkinan karena komposisi nutrisi ampas tebu bervariasi tergantung pada jenis tebu, umur tanaman tebu saat dipanen, metode pemanenan, dan efisiensi mesin pengolah tebu menjadi gula (Mikusanti, 2004).

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi katalisator asam sulfat terhadap *yield* furfural.

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Volume hasil (mL)	Yield furfural (%)
4	124	3,94
8	128	5,79
12	127	5,69
16	130	5,35
20	131	4,43

Dari Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa *yield* furfural akan semakin bertambah besar dengan bertambahnya konsentrasi katalisator asam sulfat dan mencapai nilai maksimum pada konsentrasi asam sulfat 8%, yaitu sebesar 5,79%.



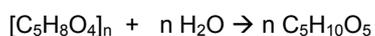
Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi katalisator asam sulfat dengan *yield* furfural.

Pengaruh Konsentrasi Katalisator terhadap Hasil Furfural, percobaan pengaruh konsentrasi katalisator terha-

dap yield fulfural dilakukan dengan cara memvariasi konsentrasi  $H_2SO_4$  antara 4% sampai dengan 20%, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat ampas tebu, waktu reaksi, volume katalisator, dan kecepatan pengadukan.

Kondisi operasi pada variabel suhu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, suhu reaksi  $100^\circ C$ , waktu reaksi 120 menit (2 jam), voume asam sulfat sebanyak 150 mL, dan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm (putaran per menit). Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tetapi setelah mencapai kosentrasi katalisator asam sulfat yang optimum, yaitu pada konsentrasi asam sulfat 8%, terlihat bahwa dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat maka hasil furfural akan cenderung menurun, karena terjadinya peruraian furfural menjadi asam furoat dan terbentuk sejenis damar yang berwarna hitam (Dunlop, 1948). Selain itu pada konsentrasi katalisator yang relatif besar maka furfural yang terbentuk kemungkinan mengalami proses degradasi menjadi asam asetat, metanol dan senyawa-senyawa organik lainnya, dan juga dimungkinkan timbulnya reaksi samping, yaitu selulosa yang terhidrolisis menjadi glukosa. Hal ini sesuai yang disampaikan oleh Suharto dan Susanto (2006), bahwa terjadinya proses degradasi furfural disebabkan reaksi yang terjadi pada pembentukan furfural adalah reaksi seri dimana senyawa furfural merupakan *intermediate product* (produk antara). Secara ringkas reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:

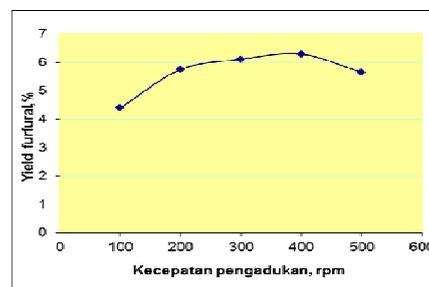


Dengan demikian konsentrasi katalisator pada proses reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi furfural perlu dibatasi (ditentukan optimasinya) yakni sekitar 8% sampai dengan 12% agar hasil atau *yield* furfural yang didapatkan mencapai optimum dan tidak terjadi reaksi lanjut yang merupakan reaksi peruraian furfural sebagai produk utama.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap *yield* fulfural dilakukan dengan memvariasi kecepatan pengadukan antara 100-500 putaran/menit, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap. Kondisi operasi pada variabel kecepatan pengadukan dilakukan dengan membuat tetap parameter berat ampas tebu, yaitu 5 gram, suhu reaksi  $100^\circ C$ , konsentrasi asam sulfat 12% sebanyak 150 mL, dan waktu reaksi selama 120 menit. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap *yield* furfural.

Kecepatan pengadukan (rpm)	Volume hasil (mL)	<i>Yield</i> furfural (%)
100	127	4,40
200	136	5,75
300	139	6,11
400	135	6,29
500	134	5,65



Gambar 5. Grafik hubungan antara kecepatan pengadukan dengan *yield* furfural.

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa *yield* furfural cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya kecepatan pengadukan dan mencapai nilai optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/ menit, yaitu sebesar 6,29%. Hal ini karena semakin besar kecepatan pengadukan maka akan memperbesar frekuensi tumbukan antar molekul zat pereaksi dan akibatnya kecepatan reaksi akan semakin besar pula. Dengan demikian maka hasil reaksi (yakni furfural) juga akan semakin bertambah besar.

Tetapi pada kecepatan pengadukan 500 putaran/menit hasil furfural yang

didapat cenderung menurun. Hal ini dikarenakan pada kecepatan tersebut terjadi *vortex* pada cairan pereaksi, sehingga mengakibatkan turbulensi menjadi berkurang dan ampas tebu menempel pada dinding labu leher tiga. Dengan demikian kontak antara ampas tebu dan asam sulfat sebagai katalisator menjadi berkurang. Akibat dari berkurangnya kontak antara ampas tebu dan asam sulfat yang disebabkan adanya *vortex* tersebut menyebabkan *yield* furfural yang didapatkan cenderung konstan, bahkan bila kecepatan pengadukan semakin diperbesar akan menyebabkan *yield* furfural cenderung menurun.

Dengan demikian kecepatan pengadukan pada proses reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi furfural perlu dibatasi (ditentukan optimasinya) yakni sekitar 400 putaran/menit (rpm) agar tidak terjadi *vortex* sehingga hasil atau *yield* furfural yang didapatkan mencapai optimum.

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Teoritis, perolehan furfural tertinggi dari penelitian ini adalah pada konsentrasi asam sulfat 12% dengan volume 150 mL, waktu reaksi 120 menit, suhu reaksi 100°C, kecepatan pengadukan 400 putaran/menit (rpm) dengan diperoleh furfural sebesar 314,5 mg untuk setiap 5 gram ampas tebu kering (*yield* sebesar 6,29%). Jika dianggap bahwa setiap 5 gram ampas tebu kering mengandung 17% pentosan maka terdapat 850mg pentosan dalam bahan baku. Menurut Suharto (2006), perolehan furfural secara stoikiometri adalah 73 gram per 100 gram pentosan, maka furfural yang terbentuk secara teoritis sebesar 620,5 mg. Persentase furfural yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 50,68% dari hasil teoritis, yang berarti hampir mendekati harapan secara teknis. Dari kajian tersebut, upaya perbaikan proses untuk meningkatkan hasil furfural perlu dilakukan.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut: Ampas tebu mengandung pentosan yang dapat dihidrolisis menjadi furfural dengan katalisa-

tor asam sulfat. Semakin besar konsentrasi katalisator asam sulfat maka *yield* furfural akan semakin besar. Namun konsentrasi katalisator perlu dibatasi agar tidak terjadi reaksi lanjut yang menyebabkan furfural yang terbentuk menjadi menurun. Pada penelitian ini hasil furfural mencapai titik optimum pada konsentrasi katalisator asam sulfat 8% dengan *yield* furfural sebesar 5,79%.

Semakin besar kecepatan pengadukan maka hasil furfural yang terbentuk akan semakin besar. Namun kecepatan pengadukan perlu dibatasi agar tidak terjadi *vortex* pada cairan pereaksi yang menyebabkan furfural yang didapatkan cenderung menurun. Pada penelitian ini hasil furfural mencapai titik optimum pada kecepatan pengadukan 400 putaran/menit dengan *yield* furfural sebesar 6,29%.

#### 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.
- 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.
- Mikusanti, 2004, *Pengaruh Penyimpanan terhadap Struktur Kimia Karbohidrat pada Ampas Tebu*, Makalah Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana - S3, Institut Pertanian Bogor.
- Penebar Swadaya, 1992, *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*, Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- 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.
- 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).