



## Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Proses Kontinu Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

---

### BAB II

#### URAIAN PEMILIHAN PROSES

##### II.1 Jenis – Jenis Proses

Proses pembuatan Furfural secara sederhana menggunakan 2 proses, yaitu:

1. Proses Batch
2. Proses *Continuous*

##### II.1.1. Proses Batch

Furfural atau *Furaldehyde* ( $C_5H_4O_2$ ) pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh Johann Wolfgang Dobereiner, seorang ilmuwan Jerman, yang sedang melakukan sintesa asam format secara distilasi dan menghasilkan produk samping furfural dalam jumlah kecil. Pada tahun 1840, Kimiawan Skotlandia bernama John Stenhouse menemukan bahwa furfural juga bisa diperoleh melalui proses distilasi dari berbagai macam jenis bahan tanaman, seperti jagung, oats, serbuk gergaji, dengan asam sulfat. Proses batch saat ini masih digunakan pada pabrik-pabrik furfural yang masih beroperasi. Pabrik furfural yang pertama menggunakan proses batch dengan cara *Quaker Oats Technology*, yang dikembangkan tahun 1920-an di Amerika Serikat. Pada proses ini, bahan baku dicampur dengan larutan asam sulfat dipanaskan pada suhu  $153^{\circ}\text{C}$  dalam proses hidrolisis. Proses hidrolisis tersebut mengubah pentosan pada bahan baku menjadi pentosa. Setelah itu pentosa diubah menjadi furfural pada tahap selanjutnya. Furfural akan diperoleh melalui proses distilasi

##### II.1.2. Proses *Continuous*

Proses ini memiliki beberapa macam proses teknologi yang sudah ada. Proses teknologi tersebut yaitu *Huaxia Technology*, *Suprayield Technology*, *Supratherm Process*, *University of Melbourne's Process*. Pada *Huaxia Technology*, merupakan variasi dari proses sebelumnya yaitu *Quaker Oats Technology*. Proses ini digunakan oleh anak perusahaan dari *Westpro Company* di California. Pada metode ini digunakan reaktor fixed bed dan distilasi azeotrop secara *continuous* dengan hasil yield sebesar 4 – 12 %. *SupraYield Technology* adalah modifikasi dari *Quaker Oats Technology* yang diperkenalkan pada akhir tahun 1990. Proses ini



## Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Proses Kontinu Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

dipatenkan oleh Karl Zeitsch. Pada proses ini, bahan baku adalah ampas tebu yang dihidrolisis lalu pentosa akan diubah menjadi furfural dalam bentuk cair. Cairan tersebut akan didistilasi secara adiabatik sehingga menghasilkan furfural dalam bentuk gas. *Suprathem Process* dikembangkan oleh KRUPP. Proses ini merupakan proses hidrolisis dengan suhu antara 200 – 240°C. Furfural yang dihasilkan dalam bentuk gas dan bebas dari partikel pengotor. Metode terbaru yaitu *University of Melbourne's process*. Metode ditujukan untuk memperoleh furfural dan fenol dari proses *recovery*. Metode ini menggunakan bahan kimia yang lebih sedikit serta penggunaan energi yang rendah.

### II.2 Seleksi Proses

Berikut merupakan tabel seleksi proses dilihat dari berbagai parameter, adapun seleksi tersebut antara lain :

Tabel II. 1. Seleksi Proses

Parameter	Proses Batch	Proses <i>Continuous</i>
Bahan Baku	Bonggol jagung, oats, sekam padi, dll	Ampas Tebu, bonggol jagung, sekam padi, dll
Kondisi Operasi	128–160°C, 1 atm	70–300°C, 1 atm
Cara Pemurnian	Distilasi Azeotropik	Ekstraksi dan Distilasi
Jumlah Reaktor	1	2
Konversi	50%	Reaktor 1: 97% Reaktor 2: 90%
Waktu Tinggal	2 jam	Reaktor 1: 1 jam Reaktor 2: 2 – 5 menit
Katalis	Asam Sulfat	Asam Sulfat
Yield	<50%	≥90%

Berdasarkan kedua proses tersebut, maka dipilih pembuatan Furfural dengan proses kedua yaitu *continuous* dengan alasan sebagai berikut :

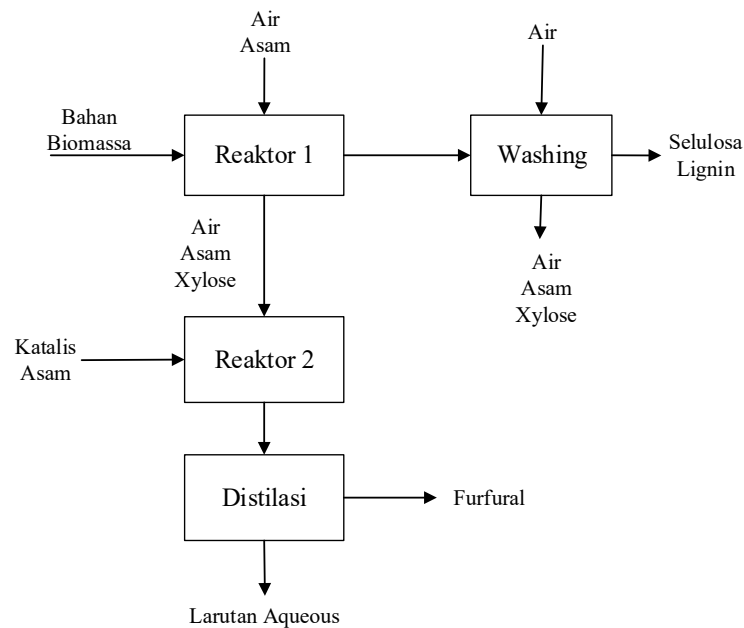
1. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi sebesar 90 – 97%
2. Yield yang dihasilkan pada proses *continuous* lebih besar
3. Volume reaktor lebih kecil karena menggunakan 2 reaktor

Sehingga berdasarkan tabel II.1, maka digunakan proses *continuous* untuk produksi senyawa furfural.

### II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan Furfural dari Ampas Tebu dan hidrogen dapat dilakukan melalui 3 tahapan proses yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemurnian



(Heide, 2011)

Gambar II. 1. Blok Diagram Sintesis Furfural dari Bahan Biomassa

#### Tahap Persiapan Bahan Baku

Ampas tebu sebagai bahan baku akan dilakukan proses pengeringan, penghalusan dan pencampuran dengan pelarut atau katalis bila diperlukan. Pencacahan dilakukan hingga berbentuk serbuk ampas tebu berukuran kurang lebih 1 cm dapat menggunakan alat seperti *grinding*, *cutter*, *granule machine* dan lainnya.

#### Tahap Reaksi

Hasil cacahan tersebut dicampurkan dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) untuk memperoleh pentosan dalam ampas tebu. Pentosan akan larut dalam asam sulfat kemudian dimasukkan ke *screw press* untuk memisahkan sisa ampas tebu dari filtrat pentosan yang larut dalam asam sulfat. Kemudian, filtrat masuk pada reaktor I untuk dilakukan proses hidrolisis memecah pentosan menjadi pentosa. Kondisi



## Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Proses Kontinu Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

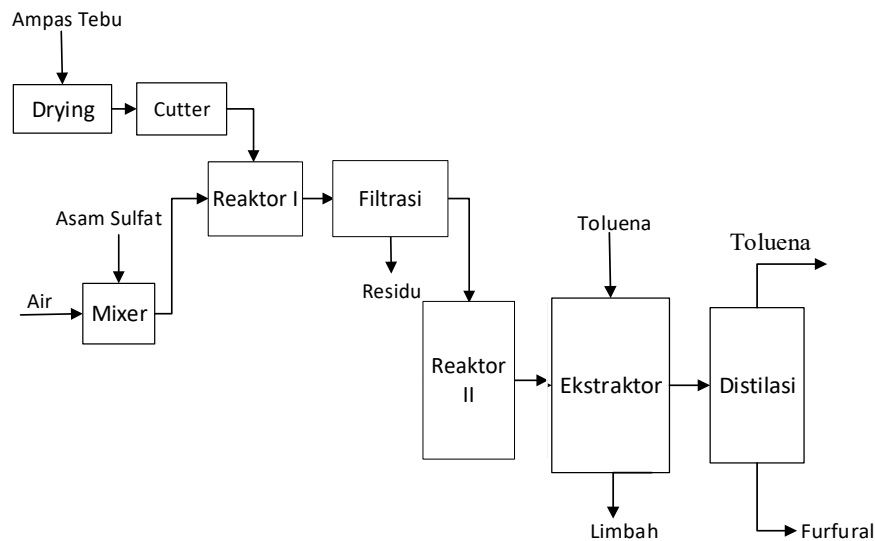
---

operasi pada reaktor I minimal  $100^{\circ}\text{C}$  sebagai suhu dengan tekanan kurang dari 10 atm. Rasio ampas tebu dengan pelarut sebesar 1:5 persen berat. Reaktor I menggunakan CSTR dengan lama waktu 0,4-2 jam. Keluaran reaktor I berupa sisa pentosan, pentosa, katalis asam, dan air. Setelah itu, dilanjutkan menuju reaktor II dengan proses dehidrasi memecah pentosa menjadi furfural. Pada reaktor II memiliki suhu operasi  $130\text{-}250^{\circ}\text{C}$  tekanan atmosferik dengan waktu tinggal 0,5-120 menit (Medeiros, 1985). *Output* dari reaktor II mengandung furfural dan masih ada zat pengotor, seperti pentosan, sisa pentosa, air, dan asam sulfat.

### Tahap Pemurnian Hasil

Pemurnian setelah *screw press*, dilakukan pencucian terlebih dahulu untuk mengambil sisa pentosan yang terkandung dan di recycle menuju reaktor I. Pencucian dilakukan dengan campuran air dan asam sulfat pada suhu  $40\text{-}100^{\circ}\text{C}$ . Proses pemurnian keluaran reaktor II umumnya menggunakan ekstraksi distilasi. Kolom esktraksi digunakan untuk memisahkan asam sulfat serta ditambahkan *aromatic solvent* dapat menggunakan toluena untuk mengikat furfural, lalu diumpankan ke kolom distilasi untuk memisahkan furfural dari toluena. Zat pengotor dan air akan dialirkan ke unit pengolahan limbah. Furfural akan menjadi hasil bawah dan masuk tangki penyimpanan.

## II.4 Diagram Alir Pengembangan



Gambar II.2 Blok Diagram Pengembangan Pabrik Furfural dengan Proses Kontinu

### Tahap Persiapan Bahan Baku

Dari tangki penyimpanan ampas tebu di alirkan menuju cutting machine dengan menggunakan conveyor dryer. Penggunaan conveyor dryer bertujuan untuk dikeringkan terlebih dahulu dari 48-50 % kadar air hingga mencapai 10 %. Kemudian dilakukan pencacahan bagasse hingga mencapai kurang lebih 3 mm. hal ini dikarenakan agar yield furfural yang dihasilkan lebih banyak karena dapat menaikkan luas permukaan, membuat hemiselulosa (pentosan) lebih mudah diakses oleh katalis sehingga yield furfural meningkat. Selanjutnya, bagasse yang telah dicacah akan dikirim menuju reaktor I dengan menggunakan bucket elevator. Dari tangki penyimpanan asam sulfat dipompa menuju mixer untuk dilakukan pengenceran dengan air hingga rasio volume 0.5:1. menurut Wang, 2019 rasio tersebut memberikan yield furfural tinggi dengan waktu pereaksian lebih cepat. Selanjutnya, diluted sulfuric acid dialirkan menuju reaktor I.



## Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

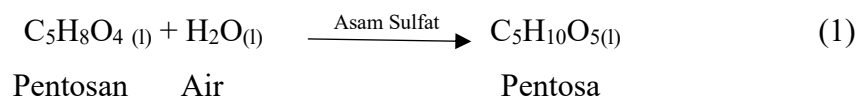
“Pra Rancangan Pabrik Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Proses Kontinu Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

### Tahap Reaksi

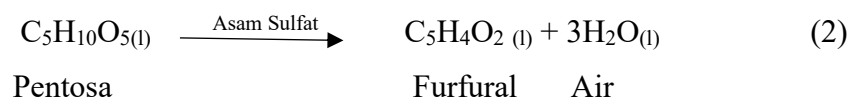
Pada tangki reaktor I, terjadi proses hidrolisis sehingga dapat memecah pentosan dalam ampas tebu menjadi pentosa. Hal tersebut karena pentosan merupakan polimer dari xylose, arabinosa (lebih mudah larut) dan memiliki struktur amorf, mudah terhidrolisis. Reaktor I ini memiliki suhu operasi sebesar 100 °C dengan tekanan 1 atm dan waktu tinggal selama 1 jam. Kemudian, slurry akan dialirkan dengan screw conveyor menuju filter press. Filter press digunakan untuk memisahkan pentosa dan cairan lainnya dari padatan bagasse. Luaran filter press mengandung pentosan, asam sulfat, air, pentosa, dan sedikit pengotor. Hasil keluaran filter press dipompa menuju heater sebagai pemanas awal hingga mencapai suhu 230° C, sebelum masuk ke reaktor II.

Pada reaktor I terjadi reaksi hidrolisis dan reaktor II terjadi reaksi dehidrasi.

Reaksi hidrolisis pentosan menjadi pentosa



Reaksi dehidrasi pentosa menjadi furfural



(Zeitsch K J, 2000)

Setelah itu, akan dialirkan menuju reaktor (Reaktor PFR, Plug Flow Reactor) untuk dilakukan proses dehidrasi. Pada reaktor II, terjadi proses dehidrasi yang menyebabkan reaksi dehidrasi pentosa dan membentuk senyawa furfural. Reaktor II ini menggunakan jenis PFR (plug flow reactor) yang memiliki suhu operasi sekitar 223 °C (Heide, 2012) dengan tekanan 1 atm dan waktu tinggal selama kurang lebih 100 detik. Kemudian, luaran reaktor II, furfural yang masih mengandung pengotor seperti pentosan, sisa pentosa, air, dan asam sulfat, didinginkan menggunakan cooler.



## Laporan Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pra Rancangan Pabrik Furfural ( $C_5H_4O_2$ ) dari Ampas Tebu (Bagasse) dengan Proses Kontinu Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

---

### Tahap Pemurnian Hasil

Setelah hasil reaktor II didinginkan menggunakan cooler, furfural dan pengotor lainnya dialirkan menuju ekstraktor. Ekstraktor ini menggunakan jenis counter current, dialirkan dengan toluene. Toluene berfungsi untuk mengikat furfural sehingga memisahkan antara pengotor dan furfural. Selanjutnya, furfural dan toluene dialirkan menuju decanter untuk memisahkan antara pengotor dan produk dari perbedaan densitas. Hasil atas berupa toluene dan furfural karena memiliki densitas yang lebih rendah kemudian dialirkan menuju menara distilasi sedangkan, hasil bawah berupa pengotor akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Menara distilasi menggunakan distilasi sederhana berfungsi untuk memisahkan toluena dan furfural. Toluene memiliki titik didih yang lebih rendah sehingga akan menjadi hasil atas menara distilasi, dan hasil bawah berupa furfural. Hasil atas kemudian dikondensasi dan dialirkan menuju ekstraktor. Sedangkan, hasil bawah menuju reboiler, kemudian furfural didinginkan menggunakan cooler sebelum dipompa menuju tangki penyimpanan furfural. Furfural yang diperoleh setelah melalui tahap pemurnian memiliki kadar hingga 97%. Selanjutnya dilakukan pengemasan furfural dalam drum dan siap dijual.