

PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI AMPAS TEBU (*BAGASSE*) KAPASITAS 8.900 TON/TAHUN

Sintia Wulandari¹, Riko Mahendra Putra¹, Putri Vindianalasari^{1,*}

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, Jawa Timur 68121

*E-mail : putriv56@gmail.com

Abstrak

*Furfural merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan yang pengaplikasiannya luas dalam berbagai industri. Kebutuhan furfural di Indonesia meski tidak terlalu besar namun jumlahnya terus meningkat, sampai saat ini kebutuhan furfural untuk dalam negeri diperoleh dari impor negara China yang sampai saat ini masih menguasai pasar furfural di dunia. Furfural dapat dihasilkan dari biomassa yang mengandung banyak pentosan, hemiselulosa, selulosa, dan lignin seperti limbah ampas tebu (*bagasse*). Pendirian pabrik furfural ini diperlukan untuk memenuhi kebutuhan furfural dalam negeri dan memanfaatkan limbah ampas tebu agar bernilai jual lebih. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi 8.900 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari dan 24 jam/hari. Furfural ini diproduksi dengan proses kontinyu dengan bahan baku ampas tebu sebanyak 22.753 kg/jam dan katalis asam berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan pelarut toluena ($C_6H_5CH_3$). Proses produksi terbagi menjadi 3 tahapan yaitu tahap perlakuan awal pemotongan ampas tebu dan mencampurkan dengan katalis, tahap reaksi dimana terjadi reaksi hidrolisis dan dehidrasi, dan tahap pemurnian dengan metode ekstraksi dan distilasi. Lokasi pembangunan pabrik ini direncanakan di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, Jawa Timur dengan estimasi beroperasi pada tahun 2027. Berdasarkan hasil analisa evaluasi ekonomi pabrik furfural dengan kapasitas 8.900 ton/tahun layak didirikan dengan Pay Out Time (POT) selama 3,8 tahun, Rate of Return (ROR) sebesar 23%, dan Break Event Point (BEP) sebesar 50%.*

Kata kunci : *furfural, ampas tebu, pentosan, kontinyu*

1. Pendahuluan

Furfural ($C_5H_4O_2$) atau biasa disebut dengan 2-furankarboksaldehid, furanaldehid, 2-furfuraldehid, furaldehid merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase cair berwarna kuning hingga kecokelatan dengan titik didih sebesar $161,5^\circ C$, berat molekul sebesar 96,086 g/mol, dan densitas pada suhu $20^\circ C$ adalah $1,16\text{ g/cm}^3$ (Andaka, 2011). Furfural merupakan senyawa yang sulit larut dalam air, namun mudah larut dalam senyawa seperti alkohol, eter, dan benzena (A'an, 2021). Furfural banyak digunakan dalam industri kimia sebagai bahan pembentuk resin pengecoran, sebagai perantara dalam pembuatan *pyrole*, *pyrolidine* dan *pyridin*, sebagai bahan baku pembuatan senyawa furan lainnya seperti furfural alkohol, sebagai pelarut dalam pemurnian industri minyak pelumas, minyak nabati dan hewani, resin dan lilin (Pratama & Amraini, 2021). Furfural sendiri dapat dihasilkan dari biomassa yang mengandung banyak pentosan, hemiselulosa, selulosa, dan lignin seperti pada limbah sekam padi, tongkol jagung, alang alang, kulit kacang tanah, kulit biji gandum, tempurung kemiri, limbah ampas tebu dan lainnya (Angelina & Lerrick, 2017).

Senyawa furfural ($C_5H_4O_2$) pertama kali ditemukan pada tahun 1832 oleh seorang ahli kimia asal Jerman bernama Johann Wolfgang Döbereiner saat ia mengalirkan uap air melalui kayu asam. Pada tahun 1845, seorang ahli kimia Prancis bernama Auguste Laurent berhasil mengisolasi furfural dari kulit kayu dan memberinya nama "furfural" yang berasal dari bahasa latin "*furfur*" yang berarti tepung. Pada awal abad ke-20, furfural menjadi bahan baku penting dalam industri kimia karena dapat digunakan untuk membuat sejumlah senyawa organik, termasuk *furfuryl alcohol*, *furan*, dan *tetrahydrofuran* (Situngkir, 2010). Perkembangan selanjutnya terjadi pada tahun 1920-an ketika petani di Amerika Serikat mulai memproduksi furfural dari jagung sebagai alternatif dari kulit kayu yang semakin sulit diperoleh. Pada tahun 1930-an, produksi furfural dari jagung menjadi populer di Amerika Serikat dan Eropa, dan teknologi produksinya terus ditingkatkan (Astika, 2021).

Berikut ini merupakan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia mengenai pertumbuhan impor dan ekspor furfural di Indonesia:



Tabel 1. Data Pertumbuhan Impor dan Ekspor Furfural di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/tahun)		Pertumbuhan	
	Impor	Ekspor	Impor	Ekspor
2018	1542,26	2,69	-	-
2019	1146,69	8,21	-0,2565	2,052
2020	561,75	7,63	-0,5101	-0,0706
2021	1027,15	8,58	0,8285	0,1245
2022	2261,39	9,36	1,2016	0,5492
Rata – rata			0,3159	0,549

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Tabel 1 menunjukkan bahwa kebutuhan furfural di dalam negeri meski tidak terlalu besar namun jumlahnya terus meningkat, sampai saat ini kebutuhan furfural untuk dalam negeri diperoleh dari impor negara China. Dalam menentukan besarnya kapasitas produksi suatu pabrik dilakukan dengan mempertimbangkan permintaan dari pasar pemerintah untuk kebutuhan senyawa furfural secara menyeluruh. Pabrik furfural direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027. Berdasarkan Tabel 1 dapat digunakan untuk menentukan kapasitas pabrik dengan rumus sebagai berikut:

$$m = P(1 + i)^n \quad (1.1)$$

dimana

- m : Jumlah produk pada akhir tahun (Ton)
- P : Jumlah produk pada tahun pertama (Ton)
- i : Pertumbuhan rata – rata per tahun (%)
- n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1.1 diperoleh kenaikan nilai impor sebesar 8.921,66 ton dan nilai ekspor 83,526 ton pada tahun 2027. Perhitungan peluang jumlah kapasitas pabrik baru furfural pada tahun 2027 dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (1.2)$$

dimana

- m_1 : Nilai impor pada tahun didirikannya pabrik
- m_2 : Kapasitas pabrik lama
- m_3 : Kapasitas pabrik baru
- m_4 : Nilai ekspor pada tahun didirikan pabrik
- m_5 : Konsumsi dalam negeri

Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 1.2 peluang jumlah kapasitas pabrik baru furfural dari ampas tebu di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 8838 ton/tahun. Sehingga kapasitas dari pabrik furfural yang didirikan pada tahun 2027 sebesar 8900 ton/tahun karena terjadi peningkatan nilai impor dan ekspor yang cukup pesat di tahun 2022. Pabrik yang akan didirikan kapasitasnya harus melebihi atau sama dengan kapasitas dari pabrik yang sudah beroperasi. Kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan furfural di dalam negeri.

2. Pemilihan Proses

Perbandingan proses untuk memproduksi senyawa furfural dapat menggunakan proses *batch* dan proses *kontinyu*. Produksi senyawa furfural menggunakan katalis asam kuat. Perbedaan proses *batch* dan *kontinyu* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.. Perbedaan Proses *Batch* dan *Kontinyu*

Parameter	Proses <i>Batch</i>	Proses <i>Kontinyu</i>
Umpan	Ampas Tebu	Ampas Tebu
Kondisi Operasi	Atmosferik, 128 - 160°C	Reaktor 1 : 1 atm, 70°C Reaktor 2 : 68 atm, 200 - 300°C
Jumlah Reaktor	1	2
Konversi Reaksi	50%	Reaktor 1 : 90% Reaktor 2 : 85%
Produk Samping	Sedikit	Lebih Sedikit
Waktu Tinggal	5 jam	Reaktor 1 : 1 jam Reaktor 2 : 2 – 5 menit
Pemurnian Furfural Katalis	Distilasi Azeotropik Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	Ekstraksi dan Distilasi Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)

Sumber : Wijanarko dkk, 2006

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih proses kontinyu sebagai proses produksi furfural dengan pertimbangan alasan seperti berikut:

- Konversi pentosan menjadi furfural lebih besar dengan proses *kontinyu* yaitu 85% dibandingkan dengan proses *batch*
- Pada proses *kontinyu* waktu tinggal di reaktor cukup singkat sehingga dapat mengurangi hasil produk samping dikarenakan polimerisasi pentosa, serta volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil karena waktu tinggal yang singkat dan menggunakan 2 reaktor untuk proses reaksinya.

Selain kelebihan yang telah disebutkan, terdapat beberapa kekurangan dari proses *kontinyu*. Kekurangan dari proses *kontinyu* tersebut adalah penggunaan asam sulfat yang sangat korosif, biaya yang lebih mahal, dan membutuhkan bahan baku yang banyak.

2.1 Uraian Proses

1) Tahap Perlakuan Awal

Bahan baku yang berupa ampas tebu yang berasal dari gudang penyimpanan (F-110) dibawa ke dalam *Crusher* (C-112) untuk dipotong atau dicacah hingga menghasilkan serbuk ampas tebu dengan ukuran kurang lebih sebesar 3 mm yang diayak dengan menggunakan *screen*. Lalu, hasil potongan tersebut dibawa menuju kolom ekstraktor cair-padat dengan menggunakan *screw conveyor* (J-113). Setelah

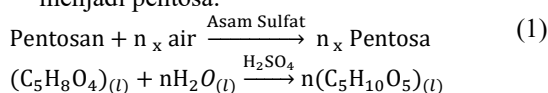


itu, ampas tebu diekstraksi dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) untuk memperoleh pentosan yang terkandung didalamnya. Pentosan akan larut dalam asam sulfat dan keluaran dari kolom ekstraktor akan dimasukkan ke dalam *filter press* (H-150) untuk memisahkan sisa potongan ampas tebu dari filtrat pentosan yang larut dalam asam sulfat (H_2SO_4).

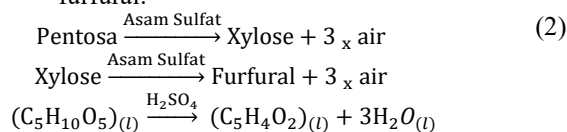
2) Tahap Reaksi

Setelah dari *filter press* (H-150) kemudian filtrat pentosan dialirkan menuju reaktor, di dalam reaktor I (R-210) terjadi reaksi hidrolisis dan di reaktor II (R-220) terjadi reaksi dehidrasi. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor yaitu sebagai berikut:

- Reaksi kimia proses hidrolisis pentosan menjadi pentosa:



- Reaksi kimia proses dehidrasi pentosa menjadi furfural:



(Gebre et al, 2015).

Reaktor I (R-210) terjadi reaksi hidrolisis yaitu pentosan akan bereaksi menghasilkan pentosa. Reaktor II (R-220) terjadi reaksi dehidrasi yaitu pentosa akan terdehidrasi membentuk senyawa furfural. Keluaran dari reaktor II (R-220) masih mengandung zat pengotor seperti pentosan, sisa pentosa, air, dan asam sulfat. Campuran tersebut harus dimurnikan terlebih dahulu untuk menghilangkan zat – zat pengotornya.

3) Tahap Pemurnian

Pada tahap *refining* atau pemurnian ini senyawa furfural yang berupa produk utama diumpankan ke dalam kolom ekstraktor (H-310). Pada kolom ekstraktor (H-320) dilakukan penambahan toluena untuk mengikat senyawa furfural dari asam sulfat. Kandungan pengotor lainnya dan air akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Larutan toluena mengikat furfural yang akan dimurnikan dengan menggunakan kolom distilasi (D-330) untuk memisahkan furfural dari toluena. Toluena memiliki titik didih yang lebih rendah dibandingkan dengan furfural. Jadi, toluena akan menjadi produk atas dan menguap lebih dulu. Toluena akan *direcycle* dan masuk kedalam kolom ekstraksi (H-320). Produk utama keluaran dari kolom distilasi yang berupa furfural tingkat kemurniannya sebesar 98%.

3. Utilitas

Utilitas merupakan unit yang menyediakan bahan penunjang suatu operasi agar proses pengolahan atau produksi dapat berjalan lancar. Berikut merupakan beberapa unit utilitas yang perlu diperhatikan dalam suatu pabrik:

1. Unit Pengadaan Air

Pengadaan air pada pabrik furfural didapatkan dari Sungai Brantas dan air PDAM. Air Sungai Brantas digunakan untuk pemenuhan produksi di dalam pabrik sedangkan air PDAM digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air sanitasi.

2. Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan *steam* digunakan untuk menyediakan kebutuhan *steam* selama proses produksi furfural. *Steam* diperoleh dari air umpan boiler yang diuapkan didalam boiler dengan kondisi operasi tertentu. Total kebutuhan *steam* untuk proses produksi pada pabrik furfural adalah 12.235,56 kg/jam.

3. Unit Pengadaan Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk pabrik didapat dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Generator Set (Genset). Sebagai keperluan proses disediakan dari generator set sedangkan untuk penerangan dari PLN. Bila terjadi kerusakan pada genset, kebutuhan listrik bisa diperoleh dari PLN. Demikian juga bila terjadi gangguan dari PLN, kebutuhan listrik untuk penerangan bisa diperoleh dari genset. Genset yang digunakan memiliki kapasitas set total sebesar 62,291 kWh..

4. Unit Bahan Bakar

Unit bahan bakar digunakan untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat generator, boiler, dan sebagainya yang ada pada pabrik. Kebutuhan bahan bakar pada pabrik furfural ini sebesar 154.273,9031 lb/jam.

5. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah dideasin untuk mengolah berbagai limbah buangan dari proses produksi agar tidak membahayakan lingkungan di sekitar pabrik. Pengolahan limbah dilakukan berdasarkan jenis buangnya, antara lain sebagai berikut:

a. Pengelolaan Limbah Cair

Limbah cair pabrik furfural berasal dari sisa-sisa asam sulfat, air bekas pemakaian di setiap unit proses, dan air buangan dari laboratorium uji. Limbah cair tersebut dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) untuk dinetralisir sebelum dibuang atau digunakan kembali.



- b. Pengelolaan limbah padat
Limbah padat yang dihasilkan pabrik furfural berupa residu dari ampas tebu. Limbah padat yang dihasilkan tersebut dapat digunakan kembali sebagai pupuk tanaman atau pakan ternak apabila tidak terdapat kandungan berbahaya dan beracunnya.
- c. Pengelolaan Limbah Gas
Limbah gas yang dihasilkan oleh pabrik furfural adalah CO₂ dan uap H₂O yang dapat langsung dibebaskan ke udara dengan cerobong asap yang sengaja dibuat tinggi untuk mempermudah dan mempercepat penguraian gas di udara.

4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pada prarancangan pabrik furfural dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik yang didirikan dari segi nilai ekonominya. Evaluasi ekonomi dapat ditinjau dengan beberapa cara, namun pada umumnya dapat dilihat dari segi keuntungan/profit, lama dan laju perusahaan dalam mengembalikan modal, total modal akhir, serta *Break Event Point* (BEP). Berikut berbagai parameter kelayakan pendirian pabrik furfural dari segi ekonomi sebagai pedoman:

Tabel 3. Parameter Kelayakan Pendirian Pabrik

Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
<i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	31,74%	Lebih besar dari bunga bank (12% < ACF)	Pabrik layak didirikan
<i>Pay Out Time</i> (POT)	3,8 tahun	Kurang dari setengah umur pabrik (POT < 5 tahun)	Pabrik layak didirikan
<i>Nett Profit Over Total Lifetime of the Project</i> (NPOTLP)	\$31.267.695,26	Lebih besar dari TCI	Pabrik layak didirikan
<i>Total Capital Sink</i> (TCS)	\$24.649.643,34	Lebih besar dari TCI	Pabrik layak didirikan
<i>Rate of Return</i> (ROR)	23%	Lebih besar dari bunga bank (12% < ROR)	Pabrik layak didirikan
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR)	29,58%	Lebih besar dari bunga bank (12% < DCF-ROR)	Pabrik layak didirikan
<i>Break Event Point</i> (BEP)	50%	40% < BEP < 50%	Pabrik layak didirikan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa segi teknis, ekonomi, dan lingkungan pabrik furfural dari ampas tebu dengan kapasitas 8.900 ton/tahun ini layak didirikan. Lokasi pabrik furfural direncanakan dibangun di Kecamatan Kesamben, Kabupaten Jombang, Jawa Timur dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dengan total karyawan sebanyak 131 orang. Dengan analisa evaluasi ekonomi diperoleh *Pay Out Time* (POT) selama 3,8 tahun, *Rate of Return* (ROR) sebesar 23%, dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 50%.

Daftar Pustaka

- A'an, S. (2021). Pra Rancang Bangun Pabrik Furfural Dari Tongkol Jagung Dengan Kapasitas 1.200 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Reaktor Dehidrasi.
- Andaka, G. (2011). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 4(2), 180–188.
- Angelina, M., & Lerrick, R. I. (2017). Furfuric Acid Synthesis Optimisation Over Acidic Hydrolysis Of Candelnutshell (Aleurites Molluccana). *Jurnal Purifikasi*, 17(2), 77–86.
- Astika, D. T. (2021). *Prarancangan Pabrik Furfural dari Tongkol Jagung dengan Proses Quaker Oats Kapasitas 5.000 ton/tahun* (Vol. 41).
- Gebre, H., Fisha, K., Kindeya, T. and Gebremichael, T. (2015). Synthesis of furfural from bagasse. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 57, 72 – 84.
- Pratama, A., & Amraini, S. Z. (2021). Prarancangan Pabrik Furfural Dari Tandan Kosong Sawit Kapasitas 6000 Ton/Tahun Dengan Disain Alat Utama Reaktor Fluidized Bed. *Jom Fteknik*, 8(1).
- Situngkir, D. A. (2010). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Furfural Dari Kulit Kapas Dengan Kapasitas 1.000 Ton/Tahun*.
- Wijanarko, A., Witono, J. A., & Wiguna, M. S. (2006). Tinjauan komprehensif perancangan awal pabrik furfural berbasis ampas tebu di Indonesia. *Indonesian Oil and Gas Community. Komunitas Migas Indonesia*.

