

## PRARANCANGAN PABRIK FURFURIL ALKOHOL DARI FURFURAL DAN HIDROGEN DENGAN PROSES HIDROGENASI KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN

*(Pre Design of A Furfural Alcohol Factory From Furfural and Hydrogen With A Hydrogenation Process with A Capacity of 65,000 Tons/Year)*

**Dyan Desrianty S<sup>\*</sup>, Nurwahidah, Setyawati Yani, Darnengsih**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panai kang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

### Inti Sari

Furfuril Alkohol dibuat dengan proses hidrogenasi. Reaksi berlangsung di dalam *Fixed Bed Multitube Reactor* pada suhu 170°C, tekanan dalam *tube* 1 atm, menggunakan katalis berupa *copper-sodium silikat* yang dioperasikan dalam tekanan atmosferik. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis dan sebagai pendingin digunakan *dowtherm A*. Kapasitas produksi Furfuril Alkohol di rancang sebesar 65.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku furfural sebesar 71.280 ton/tahun. Utilitas berupa air sebesar 95.040 ton/tahun, listrik 250 kW, steam jenuh 55.440 ton/tahun dan bahan bakar jenis *Industrial Diesel Oil* (IDO) sebesar 450 liter/jam. Pabrik rencana didirikan di Gresik, Jawa Timur. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (garis dan staf), membutuhkan tenaga kerja sebanyak 170 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik Furfuril Alkohol di atas dibutuhkan modal tetap sebesar Rp.180 M, modal kerja Rp.26 M, dan pengeluaran umum Rp.32 M. Harga jual produksi sebesar Rp.782 M per tahun, dengan keuntungan sebelum dan sesudah pajak secara berturut-turut Rp.74 M dan Rp.52 M per tahun. Profitabilitas meliputi Rate of Investment (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 41,35% dan 28,95%, Pay of Time (POT) sesudah pajak 2,3 tahun, *Break Even Point* (BEP) sebesar 48,36%, *Shut Down Point* sebesar 21,36%, dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 23,49%. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisis ekonomi di atas, maka pabrik Furfuril Alkohol berkapasitas 65.000 ton/tahun dapat diteruskan untuk tahap selanjutnya.

**Kata Kunci:** Furfuril Alkohol, Furfural, Hidrogen

**Key Words :** *Furfuryl Alcohol, Furfural, Hydrogen*

### Abstract

*Furfuryl Alcohol is made by the hydrogenation process. The reaction takes place in a Fixed Bed Multitube Reactor at a temperature of 170°C, pressure in the tube is 1 atm, using a catalyst in the form of copper-sodium silicate which is operated at atmospheric pressure. The reaction that occurs is exothermic and dowtherm A is used as a coolant. The*

### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

### Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

### Email :

[jmpe@umi.ac.id](mailto:jmpe@umi.ac.id)

**\*Corresponding Author**  
[dyan.desrianty98@gmail.com](mailto:dyan.desrianty98@gmail.com)



### Journal History

Paper received : 17 Agustus 2023  
Received in revised : 31 September 2023  
Accepted : 09 Oktober 2023

*production capacity of Furfuryl Alcohol is designed to be 65,000 tons/year, requiring 71,280 tons/year of Furfural as raw material. Utilities in the form of 95,040 tons/year of water, 250 kW of electricity, 55,440 tons/year of saturated steam and 450 liters/hour of Industrial Diesel Oil (IDO) fuel. The planned factory will be built in Gresik, East Java. The form of the company is a Limited Liability Company (line and staff), requiring a workforce of 170 people. Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the Furfural Alcohol factory above, a fixed capital of Rp. 180 billion is required, working capital is Rp. 26 billion, and general expenses are Rp. 32 billion. The selling price of production is Rp.782 billion per year, with profit before and after tax, respectively Rp.74 billion and Rp.52 billion per year. Profitability includes the Rate of Investment (ROI) before and after tax of 41.35% and 28.95% respectively, Pay of Time (POT) after tax of 2.3 years, Break Even Point (BEP) of 48.36% , Shut Down Point of 21.36%, and Internal Rate of Return (IRR) of 23.49%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, the Furfural Alcohol plant with a capacity of 65,000 tons/year can be continued for the next step.*

## PENDAHULUAN

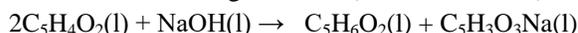
Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang mengedepankan perkembangan sektor industri guna meningkatkan taraf hidup masyarakat. Dari hasil sektor industri tersebut dihasilkan berbagai kebutuhan produk kimia, namun belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri di dalam negeri. Sebagian dan seluruhnya masih diimpor dari berbagai negara dan salah satu bahan baku dan penunjang pada beberapa industri di Indonesia yang banyak diimpor adalah furfural alkohol.

Furfural alkohol disebut juga *2-furylmethanol* atau *2-furancarbinol*, merupakan senyawa organik dimana gugus furan diganti dengan gugus hidroksimetil. Furfural alkohol merupakan salah satu turunan dari furfural dan merupakan senyawa alkohol primer heterosiklik yang sangat penting dalam industri kimia yang mempunyai rumus molekul  $C_5H_6O_2$  yang merupakan cairan bening tidak berwarna, larut dalam air, mudah menguap, dan mempunyai bau yang khas seperti almond. Selain itu ada juga beberapa kegunaan furfural alkohol, seperti :

1. Sebagai pelarut aktif dalam berbagai serat sintetik.
2. Sebagai bahan baku dari pembuatan turunan dari furfural alkohol seperti Tetrahidrofurfural Alkohol.
3. Sebagai pelarut dalam resin fenolis dan pelarut dalam zat warna serta pelarut dalam zat perekat.
4. Sebagai bahan kimia pembentuk untuk sintesis obat-obatan, terkhusus Ratidine yang digunakan dalam formulasi untuk obat anti bisul.
5. Dapat menaikkan kekerasan dan daya tahan pada kayu

Untuk pembuatan furfural alkohol dapat dibuat dengan beberapa cara yaitu :

1. Reduksi furfural dengan NaOH (reaksi Cannizaro) Berikut reaksinya :



Proses ini dilakukan dalam skala laboratorium pada tahun 1864 dengan proses batch dan berlangsung pada fasa cair. Proses ini tidak digunakan pada skala industri dikarenakan *yield* maksimal hanya 50% dan menghasilkan produk samping berupa asam furat sehingga sulit untuk dimurnikan.

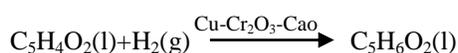
2. Reduksi furfural dengan hidrogen (Hidrogenasi Furfural) dengan menggunakan katalis

Proses ini dilakukan dalam skala industri dengan proses kontinyu, kemudian dikembangkan oleh FN Peters dari Quaker Oats Company dari H. Adkins dan R. Connor dari Universitas Wisconsin. Katalis yang digunakan yaitu katalis logam dengan bermacam-macam komposisi. Proses hidrogenasi furfural ini dapat dijalankan melalui reaksi fasa uap dan reaksi fasa cair. Reaksi dalam fasa uap paling banyak digunakan di industri karena biasanya dilakukan pada tekanan rendah, sehingga mudah dalam perancangan alat dan murah dalam pembiayaan energi.

- a. Hidrogenasi fasa cair

Proses hidrogenasi furfural fasa cair hanya diproduksi dalam skala kecil. Kondisi operasi dalam reaksi ini menggunakan tekanan yang tinggi, agar furfural fase cair tidak mengalami penguapan. Tingginya tekanan operasi mengakibatkan biaya operasional menjadi cukup mahal.

Reaksi yang terjadi :



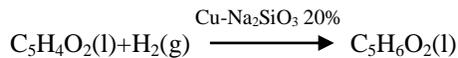
Proses ini menggunakan katalis *Copper chromite* dengan ditambah *Calcium Oxide*, karena dapat menghasilkan konversi maksimum hingga 99% dan selektivitas maksimum hingga 98%. Kondisi operasi pada reaksi ini menggunakan tekanan 27-30 atm dengan suhu reaksi 180°C. Dikarenakan reaksi berlangsung secara heterogen (cair-gas), maka hasil keluaran reaktor membutuhkan proses pemisahan produk.

Reaktor yang digunakan yaitu reaktor *autoclave* yang cukup rumit untuk mengontrol suhu operasi didalamnya. Karena jika suhu reaktor tidak sesuai dengan suhu reaksi, akan membentuk produk samping berupa *white product* (metil furan) dan polimernya.

b. Hidrogenasi fasa uap

Proses hidrogenasi furfural fasa uap merupakan proses kontinyu yang saat ini paling banyak digunakan di industri pembuatan furfural alkohol. Furfural cair (*feedstock*) diuapkan terlebih dahulu sebelum masuk reaktor, sehingga proses reaksi berjalan dalam satu fase yang sama. Oleh karena itu, tekanan operasi yang dibutuhkan untuk reaksi ini jauh lebih rendah daripada hidrogenasi fasa cair yaitu berada pada tekanan atmosferis.

Reaksi yang terjadi :



Proses ini menggunakan katalis *copper* yang mengandung sodium *silicate*[1] sebanyak 20% sehingga tidak ada produk samping berupa metil furan yang keluar dari reaktor. Konversi yang dihasilkan mencapai lebih dari 99% dengan suhu operasi 132-177°C dan tekanan 1 atm.

Reaktor yang biasanya digunakan untuk proses hidrogenasi fasa uap yaitu reaktor *fix bed multitubular*. Hidrogen yang digunakan lebih baik berlebih (*excess*) agar furfural alkohol yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi. Pada kondisi ini juga furfural harus dijaga dalam fase uap untuk mencegah terjadinya polimerisasi dan *white water product* serta mencegah pengembunan furfural didalam pipa katalis dan mencegah terjadinya *coloured product*.

**Tabel 1. Perbandingan Proses Pembuatan Furfural Alkohol**

Karakteristik	Reduksi Furfural dengan NaoH (Reaksi Cannizaro)	Hidrogenasi Furfural Fasa Cair	Hidrogenasi Furfural Fasa Uap
Proses	Batch	Kontinyu	Kontinyu
Suhu reaksi	70 <sup>0</sup> C	180 <sup>0</sup> C	132-177 <sup>0</sup> C
Tekanan operasi	10 atm	27-30 atm	1 atm
Fase reaksi	Cair-cair	Cair-gas	Gas-gas
Katalis	-	Copper chromite calcium oxide	Copper sodium silicate
Konversi	50%	Maksimal 99%	>99%
Jenis reaktor	Batch/CSTR	Autoclave	Fixed bed multitubular
Bahan baku	Furfural dan sodium hidroksida	Furfural dan hidrogen	Furfural dan hidrogen
Produk samping	Asam furat	Methylfuran dan polimernya	-

Sumber : [2]

Berdasarkan pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa proses yang dipilih itu proses hidrogenasi furfural fasa uap dengan katalis *copper* sodium silikat dengan pertimbangan :

- Tidak adanya hasil samping
- Proses ini tidak terlalu beresiko tinggi karena dijalankan dengan tekanan yang relatif rendah.
- Diperoleh konversi >99% dengan hidrogenasi pemakaian katalis copper-sodium silikat.

Kebutuhan furfural alkohol di Indonesia dipenuhi dengan cara diimpor karena belum tersedianya pabrik furfural alkohol di Indonesia. Berikut ini adalah tabel yang memuat data kebutuhan impor selama 8 tahun terakhir

**Tabel 2. Data Perkembangan Impor Furfural Alkohol di Indonesia**

No	Tahun	Jumlah impor (ton/tahun)
1	2014	268,160
2	2015	348,672
3	2016	240,485
4	2017	426,884
5	2018	592,138
6	2019	376,340
7	2020	255,117
8	2021	575,420

Sumber : [3]

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027. Prediksi impor pada tahun tersebut adalah sebanyak 3,340,290 ton/tahun dengan menggunakan rumus pertumbuhan rata-rata pertahun [4]. Pabrik ini bertujuan untuk memenuhi permintaan dalam negeri karena kebutuhan furfural alkohol dipenuhi dengan cara impor. Sehingga berdasarkan prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2027, maka kapasitas produksi yang dapat rancang adalah 65,000 ton/tahun dan memenuhi sekitar 2% dari total kebutuhan impor.

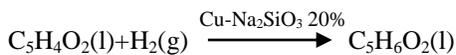
## PROSES PEMBUATAN FURFURAL ALKOHOL

### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses persiapan bahan baku, diawali dengan furfural diangkut menuju tangki penyimpanan (T-01), kemudian dipompa (P-01) menuju vaporizer (V-01) dimana furfural cair akan diubah menjadi fasa uap dengan suhu 170°C dan tekanan 1 atm. Keluaran vaporizer akan dialirkan menuju separator drum (S-01) untuk dipisahkan antara fasa uap dan fasa yang tidak berhasil berubah menjadi uap (fasa cair) yang kemudian fasa cair dialirkan kembali menuju vaporizer. Senyawa furfural yang sudah menjadi uap kemudian diumpukan menuju reaktor (R-01). Bahan baku gas hidrogen dialirkan menuju tangki penyimpanan (T-02), kemudian tekanannya diturunkan hingga 1 atm oleh *expansion valve* (EV-01) lalu dialirkan menuju *heater* (E-01) untuk dinaikkan suhunya hingga 170°C yang selanjutnya diumpukan menuju reaktor (R-01).

### 2. Tahap Reaksi

Reaksi pembentukan furfural alkohol berlangsung didalam pipa-pipa reaktor yang berisi katalis  $\text{Cu-Na}_2\text{SiO}_3$  pada suhu 170°C dan tekanan 1 atm.

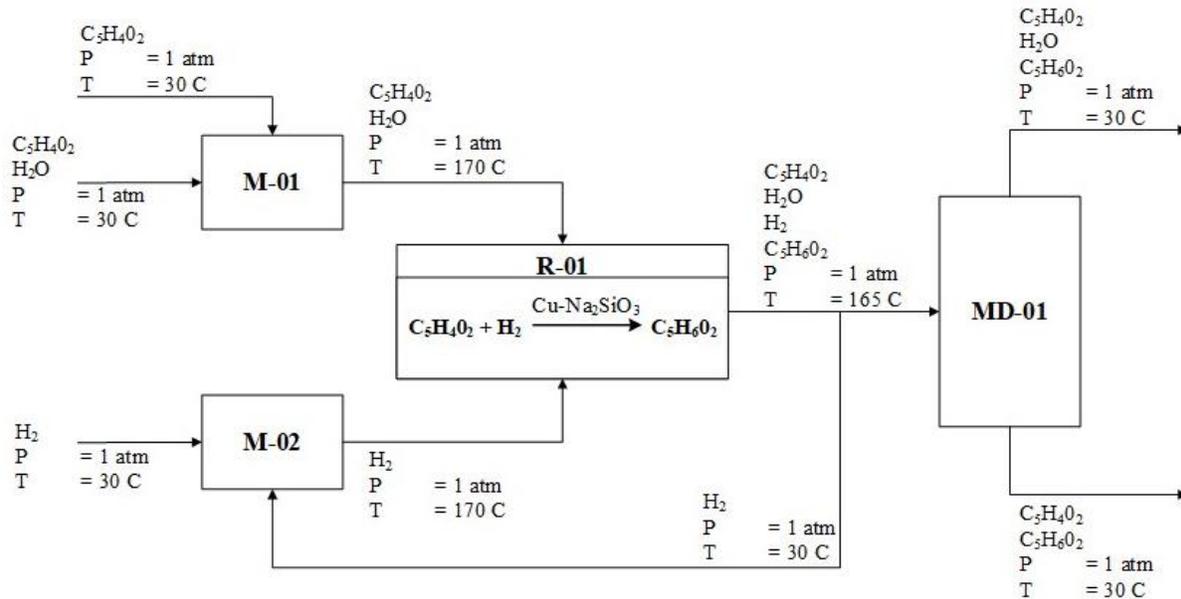


Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, untuk menjaga suhu operasi didalam reaktor digunakan air pendingin berupa *downtherm A* yang mengalir melalui shell didalam reaktor.

### 3. Tahap Pemurnian

Produk yang keluar dari reaktor berupa uap furfural, uap air, uap hidrogen, serta uap furfural alkohol dialirkan menuju kondensor (C-01) untuk dikondensasikan pada suhu 70°C. Hasil kondensasi mengalir menuju separator (S-02) untuk dipisahkan antara fasa cair dan gasnya. Fasa gas atau hasil atas akan di *recycle* ke reaktor, sedangkan fasa cair atau hasil bawah akan dialirkan menuju pompa (P-02) dan *heater* (E-02) untuk dinaikkan suhunya hingga 165°C. Senyawa berfasa cair kemudian menjadi *input* menara destilasi (MD-01), sedangkan senyawa yang berfasa gas akan mengalir keatas menjadi *input* kondensor (C-02). Senyawa yang sebagian berupa  $\text{H}_2\text{O}$  dialirkan sebagian untuk menjadi *reflux* menara destilasi dan sebagiannya lagi dialirkan menuju Unit Pembuangan Limbah yang sebelumnya telah diturunkan suhunya hingga 30°C menggunakan *cooler* (CO-03). Senyawa yang berwujud cair akan mengalir kebawah *output* menara destilasi bagian bawah dan kemudian menjadi *input reboiler* (RB-01) untuk dipanaskan yang bertujuan untuk mengubah fasa dari senyawa. Kemudian *output reboiler* sebagian akan menjadi *reflux* menara

distilasi, dan akan dialirkan ke tangki produk yang sebelumnya telah diturunkan suhunya hingga 30°C menggunakan cooler (CO-04). Diagram alir kualitatif proses pembuatan furfural alkohol dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif

## ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi[5] dalam mendirikan Pabrik Furfural Alkohol adalah sebagai berikut :

### 1. Laju Pengembalian Modal (*Return of Investment/ROI*)

*Return of Investment (ROI)* yaitu kecepatan tahunan dimana keuntungan-keuntungan akan mengembalikan investasi (modal) atau dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam persentase, dari keuntungan tahunan dengan investasi modal. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan ROI sebelum pajak sebesar 41,35% dan setelah pajak sebesar 28,95%.

### 2. Waktu Pengembalian Modal (*Pay out Time/POT*)

*Pay out Time(POT)* adalah masa tahunan pengembalian, investasi dari laba yang dihitung sebelum dikurangi penyusutan. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan bahwa waktu POT setelah pajak yaitu 2,3 tahun.

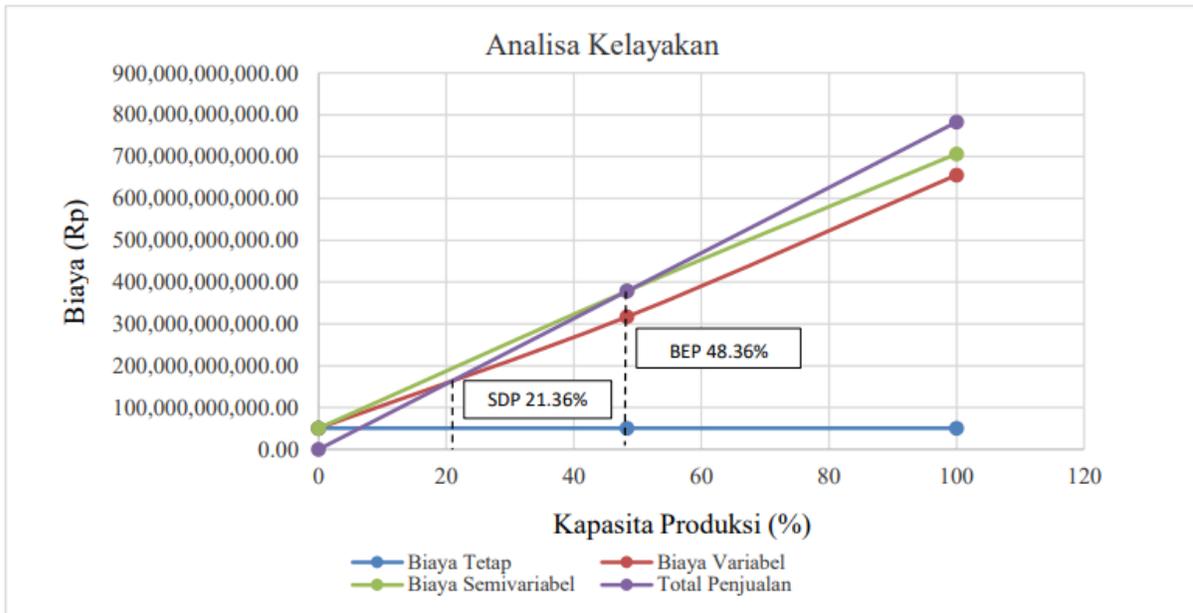
### 3. Titik Impas (*Break Event Point/BEP*)

*Break Event Point* adalah kapasitas dimana pabrik tidak laba atau rugi, artinya total penjualan sama dengan total biaya produksi. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan diperoleh BEP sebesar 48,36%.

### 4. Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* terjadi apabila jumlah kerugian pada daerah rugi sama dengan pengeluaran tetap atau *fixed charges*. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh SDP sebesar 21,36%.

Titik perpotongan grafik BEP dan SDP dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Furfuril Alkohol

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik furfuril alkohol dari furfural dan hidrogen, maka dapat disimpulkan bahwa prancangan Pabrik Furfuril Alkohol dari Furfural dan Hidrogen layak untuk dikaji lebih lanjut. Berdasarkan dilakukannya perhitungan analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik furfuril alkohol didapatkan modal investasi Rp 206 , biaya produksi Rp 708 M, waktu pengembalian modal (POT) setelah pajak 2.38 tahun, laju pengembalian modal (ROI) setelah pajak 28.95%, SDP 21.36% dan BEP 48.36%

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Swadesh, *Catalyst Regeneration*. United States: United States Patent Office, 1956.
- [2] S. Swadesh, "Process for Production of Furfuryl Alcohol," 1956.
- [3] Badan Pusat Statistik, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*. 2022.
- [4] M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant design and economic for chemical engineers*, 3th ed., vol. 5, no. 1. new york: mcgraw hill book company, 1959. doi: 10.1080/00137915908965075.
- [5] I. La and Nurdjannah, *Ekonomi Pabrik*. 2019.