

# PRODUKSI COMMERCIAL GRADE FURFURAL DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN BIOGAS SEBAGAI SUMBER ENERGI DALAM MENUNJANG INDUSTRI NASIONAL

Suharto<sup>1</sup>, Susanti Sundari<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jl. Ir. Sutami KM 15 Lampung Selatan

<sup>2</sup>Progam Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tulang Bawang Lampung

Jl. Gajah Mada No. 34 Kotabaru Bandar Lampung

\*PenulisKorespondensi: [susantisundari09@gmail.com](mailto:susantisundari09@gmail.com)

## Abstract

*Furfural as one of the strategic chemicals, especially in the petroleum industry (oil refineries) has a fairly wide market opportunity. Up to now, there is no furfural factory in Indonesia. The development of furfural industry technology can be used as the forerunner to the establishment of a national furfural factory. The development of furfural industry technology from corn cobs can also increase the added value of corn cobs while reducing environmental problems. Research Methodology in Furfural Manufacturing Process consists of Process Selection, preparation of raw materials, hydrolysis and dehydration processes, as well as yield and purification stages. The outputs that have been obtained from initial and further research are a Digester Prototype with a capacity of 1000 L along with its platform and a stripper column with a reboiler capacity of 60 L, a product in the form of crude furfural with a purity of 94% which is ready for the purification process, a shelter with a size of 4 x 9 m<sup>2</sup> which is in Inside there is a steam generator, digester and stripper column and a vacuum distillation column with a reboiler capacity of 60 L and a column height of 200 cm. If viewed from the calculation of the gross profit margin on a basis of 1 ton of furfural, the establishment of a furfural factory can be said to be interesting for further study*

**Keywords:** Corn cob, digester, purification, prototype

## Pendahuluan

Teknologi limbah padat lignoselulosa (biomassa) dari agroindustri harus terus dikembangkan karena mempunyai potensi keunggulan komparatif yang sangat besar. Hal ini dapat diharapkan memberi nilai tambah, diversifikasi sumber bahan kimia maju dan terbarukan dan pengurangan beban pencemaran lingkungan. Beberapa negara maju, dan bahkan USA menaruh perhatian besar pada pengembangan teknologi pemanfaatan biomassa ini [Hettenhaus, Wooley and Wiselogel, 2000]. Limbah lignoselulosa dari tongkol

jagung adalah sangat potensial, dengan komponen utama: selulosa (bahan pulp), hemiselulosa (bahan xylose atau C5-sugars, dan furfural) dan lignin (untuk binder, surfactant, dan lain-lain). Tongkol jagung dengan kadar 30 - 32 % pentosan dapat menghasilkan furfural sekitar 9%. Tongkol jagung dapat menjadi bahan baku utama industri furfural karena tongkol jagung saat ini belum dimanfaatkan dan tersedia sepanjang tahun. Dengan produksi jagung pipil rata-rata sebesar 1,8 juta ton per tahun di Provinsi Lampung, akan menghasilkan

15% tongkol jagung atau sekitar 270 ribu ton per tahun. Pabrik furfural sampai saat ini belum ada di tanah air. Pengembangan teknologi industri furfural dapat dijadikan sebagai cikal bakal berdirinya pabrik furfural nasional. Pengembangan teknologi industri furfural dari tongkol jagung juga dapat meningkatkan nilai tambah tongkol jagung sekaligus mengurangi masalah lingkungan.

Furfural sebagai salah satu bahan kimia strategis khususnya di industri perminyakan (kilang minyak) memiliki peluang pasar yang cukup luas. Salah satu konsumen di Indonesia adalah Kilang Minyak PT. Pertamina yang memerlukan kira-kira 600 ton furfural/tahun. Harga furfural di dunia berfluktuasi pada kisaran US\$ (1500 – 2000)/ton. Seperti terlihat pada table 1: produksi dan konsumsi furfural di dunia

**Tabel 1.** Produksi dan konsumsi furfural dunia

No.	Negara	Produksi		Konsumsi	
		Raw material	Furfural (ton/tahun)	Furfural (ton/tahun)	Furfural alkohol (ton/tahun)
1.	China	corn cobs	200,000	5,000	6,000
2.	USA			8,000	20,000
3.	Thailand	corn cobs	8,500		
4.	Taiwan			5,000	5,000
5.	Japan			6,000	15,000
6.	Dominican Republic	bagasse	32,000		
7.	South America			5,000	10,000
8.	South Africa	bagasse	20,000	2,000	6,000
9.	Spain	corn cobs	6,000		
10.	Middle East			7,000	
11.	India and others	corn cobs and bagasse	15,000		
12.	Russia	corn cobs	unkown		
13.	Europe			12,000	7,000
14.	UK				12,000
15.	Germany				18,000
16.	Others			> 50,000	31,000
	Total			50,000 - 100,000	130,000
	<b>Total</b>		<b>&gt; 280,000</b>	<b>200,000 – 250,000</b>	

Sumber: <http://www.dalinyebo.co.za>

Pengembangan industri furfural tidak terlepas dari penyediaan energi karena proses produksi furfural berlangsung pada temperatur tinggi. Provinsi Lampung selain sebagai produsen jagung juga merupakan produsen singkong dan tapioka terbesar di Indonesia. Saat ini air limbah industri tapioka sudah banyak dimanfaatkan untuk produksi biogas sebagai sumber energi pembangkit listrik dan/atau untuk pengeringan tapioka. Kelebihan biogas di industri mitra berpotensi untuk dimanfaatkan untuk

pengembangan industri furfural karena selain memproduksi tapioka, industri ini mengembangkan usaha pemipilan dan pengeringan jagung. Tongkol jagung yang dihasilkan sekitar 350-400 ton/tahun sampai saat ini belum dimanfaatkan.

## Metodologi Penelitian

### Proses Pembuatan Furfural

#### a. Pemilihan Proses

Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan furfural adalah reaksi hidrolisis pentosan menjadi pentosa yang diikuti dengan reaksi

dehidrasi menjadi furfural. Proses pembuatan furfural dengan proses *Supra Yield* berlangsung pada fase padat cair pada suhu 206 °C dan tekanan 18 atm. Kondisi tersebut adalah kondisi optimal untuk mencapai konversi dan kecepatan reaksi yang benar.

#### **b. Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan adalah tongkol jagung, umumnya berukuran panjang 120-150 mm dan diameter 30-50 mm, pada proses ini menggunakan partikel-partikel kecil dengan diameter 3-5 mm yang sesuai yang didapat pada hasil perkebunan yang menghasilkan tongkol jagung yang sudah terpotong supaya memudahkan pengolahan tongkol jagung. Tongkol jagung tersebut yang disimpan dalam bin, selanjutnya diumpankan ke dalam mixer dengan menggunakan *belt conveyor*. Sebelum itu terdapat bahan berupa asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan kemurnian 98% disimpan dalam tangki penyimpanan pada suhu 32°C dan tekanan 1 atm dan air diperoleh dari unit utilitas disimpan dalam tangki penyimpan, lalu diencerkan terlebih dahulu Asam Sulfat tersebut di dalam mixer pengenceran.

#### **c. Tahap Proses Hidrolisis dan Dehidrasi**

Tahap hidrolisis terjadi didalam reaktor yang mula-mula tongkol jagung dan hasil pengenceran Asam Sulfat diumpankan ke dalam mixer untuk mencampur partikel dari tongkol jagung dengan air yang mengandung H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan kemudian dialirkan ke filter Press supaya dapat menghasilkan pentosan dari pemisahan kandungan-kandungan yang berada di tongkol jagung. Setelah itu dialirkan ke reaktor untuk proses hidrolisis. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor batch. Setelah semua bahan baku masuk ke dalam reaktor, maka reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis, yang beroperasi pada temperatur 206 °C dan tekanan 18 atm. Didalam reaktor terjadi reaksi hidrolisis pentosan yang terkandung didalam tongkol jagung menjadi pentosa, pada tahap dehidrasi pentosa menjadi

furfural menggunakan reaktor dengan suhu 150 oC 1 atm. Setelah pengeluaran hasil dari reaktor, diumpankan ke distilasi untuk tahap pemurnian. Hasil dari *filter press* yaitu berupa campuran padatan yang tidak bereaksi diumpankan ke *rotary screen* untuk dipisahkan antara cairan dan padatannya.

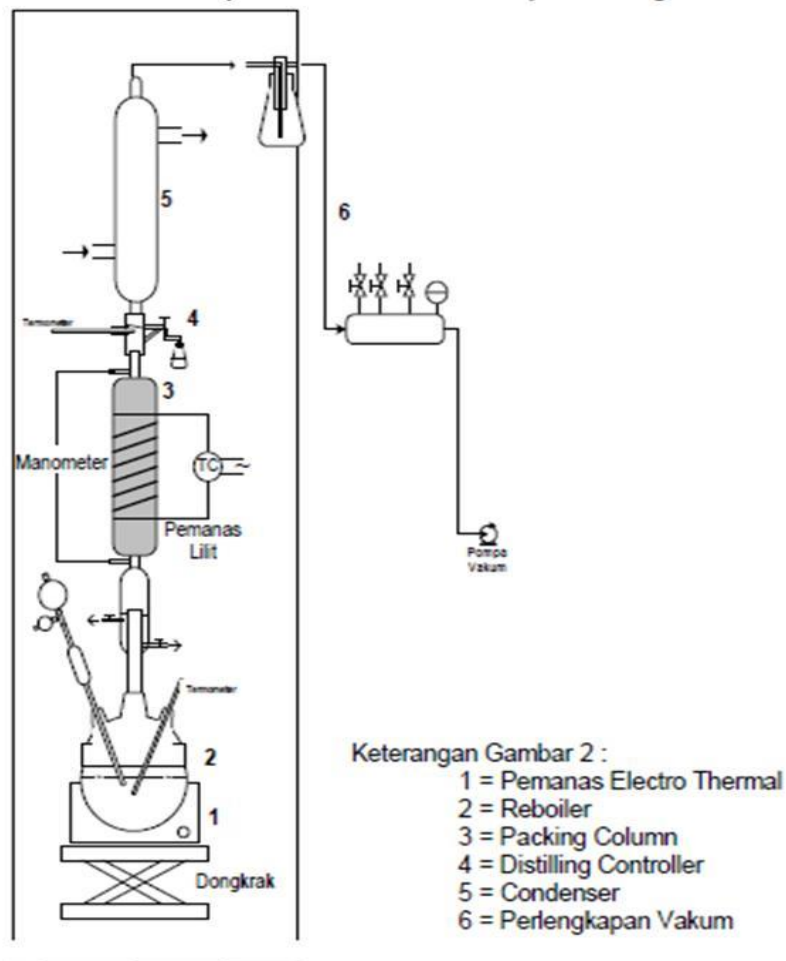
#### **d. Tahap Hasil dan Pemurnian**

Produk keluar reaktor diumpankan ke kolom distilasi untuk menaikkan konsentrasi furfural. Furfural dengan konsentrasi 99% disimpan pada tangki penyimpanan produk. Hasil *rotary screen* yang berupa padatan diproses lebih lanjut untuk dijadikan sebagai arang briket sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar.

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **A. Proses Pemurnian Crude Furfural (Riset Awal)**

Pemurnian furfural dilakukan dengan distilasi vakum, umpan kolom dehidrator berupa crude furfural sebanyak 500 ml. Pada awal distilasi vakum, distilat masih berupa dua fase yang menunjukkan bahwa distilat masih mengandung air. Pada suatu waktu tertentu, distilat hanya satu fase cairan furfural agak kuning bening dan jernih. *Bottom product* distilasi vakum ini berupa cairan kental berwarna hitam. Furfural murni hasil distilasi vakum ini diambil pada kisaran 40-83% dari crude furfural. Efisiensi pemurnian furfural ini terlihat sudah cukup baik, yaitu perolehan furfural murni maksimum dapat dicapai 83,3 %. *Bottom product* dengan warna hitam mencerminkan jumlah senyawa dengan berat molekul tinggi yang diduga merupakan hasil polimerisasi atau karbonisasi furfural. Selama proses pemurnian, temperatur reboiler dijaga maksimum 130 oC (titik didih normal furfural 161 oC). Jika temperatur reboiler di atas 130 oC, furfural akan terdegradasi secara perlahan menjadi polimer-polimer.



**Gambar 1.** Skema Alat Kolom Dehidrator untuk Pemurnian Crude Furfural

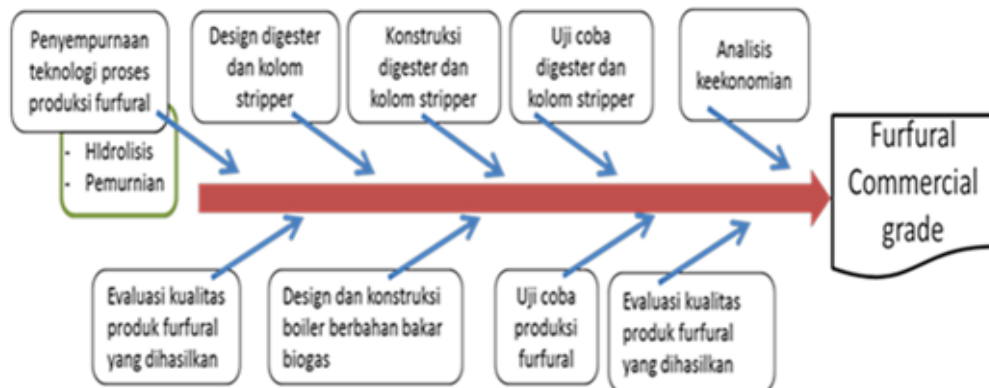
Dari hasil penelitian proses pemurnian crude furfural (riset awal) dengan menggunakan distilasi vakum dapat menghasilkan distilat furfural sebesar 75,9% dari crude furfural dengan tingkat kemurnian tinggi. Pemurnian dengan menggunakan distilasi vakum sebaiknya dilakukan sesegera mungkin setelah proses hidrolisis untuk menghindari degradasi lanjut furfural menjadi polimer.

berkapasitas kapasitas 500 L. Pada kegiatan selanjutnya adalah dengan membangun unit produksi dengan kapasitas digester 1000 L sehingga dapat dihasilkan crude furfural sekitar 25 L/batch. Crude furfural selanjutnya dimurnikan melalui kolom dehidrasi untuk menghasilkan furfural *commercial grade*.

### **B. Produksi Commercial Grade Furfural Dari Tongkol Jagung Dan Prototype (Riset Lanjutan)**

#### **1. Pembangunan Unit Produksi Kapasitas Digester 500 L**

Kegiatan riset awal yang telah dilakukan dapat menghasilkan furfural commercial grade dengan menggunakan digester



**Gambar 2.** Pengembangan Prototipe Laik Industri



**Gambar 3.** Digester Kapasitas 1000 L dan Unit Penyediaan Steam Berbahan Bakar Gas



**Gambar 4.** Unit Kolom Distilasi dan Unit Penyedia Uap Air



**Gambar 5.** Reboiler Kolom Distilasi Vakum Berikut Jacket Pemanas Uap Yang Sudah Tertutup



**Gambar 6.** Kolom Distilasi Vakum Berikut Kondensor dan Dekanter



**Gambar 7.** Kolom Distilasi Vakum Berikut Isolasi



**Gambar 8.** Prototipe Unit Produksi Furfural



**Gambar 9.** Produk Furfural Kasar yang Dihasilkan

### C. Evaluasi Kelayakan Ekonomi

Komponen penting dalam evaluasi kelayakan ekonomi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Evaluasi Kelayakan Ekonomi

No.	Komponen	Harga Satuan	Kebutuhan /ton furfural	Keterangan
1.	Furfural	Rp 30.000/kg	1.000 kg	Hargapasardunia
2.	Tongkol jagung	Rp 25.000/ton	12 ton	biaya pengeringan dan pembersihan setempat
3.	Asam sulfat pekat	Rp 10.000/L	240 kg 134 L	2 % massa terhadap tongkol jagung kering, pada tekanan operasi yang lebih tinggi (10 Bar) kebutuhan asam sulfat makin sedikit
4.	Steam 8 Bar	Rp 500/kg	10.000 kg	Untuk sumber energi (hidrolisis dan penumian)
5.	Air proses	Rp 10.000/m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>	Hidrolisis L/S = 4-5 L/kg tongkol jagung

Biaya Produksi :

$$\begin{aligned}
 12 & \times \text{Rp } 25.000 & = & \text{Rp } 300.000 \\
 134 & \times \text{Rp } 10.000 & = & \text{Rp } 1.340.000 \text{ (Bisa di recycle)} \\
 10.000 & \times \text{Rp } 500 & = & \text{Rp } 5.000.000 \\
 40 & \times \text{Rp } 10.000 & = & \text{Rp } 400.000 \\
 \text{Jumlah} & & & \text{Rp } 7.040.000
 \end{aligned}$$

Perhitungan Gross Profit Margin (basis 1 ton furfural) :

Pendapatan = Rp30.000.000,-

Biaya produksi untuk tongkol jagung, asam sulfat, steam dan air proses  
= Rp 7.040.000,-

Gross profit margin = Rp 22.960.000,-

### Kesimpulan

Pabrik furfural dari tongkol jagung (Rendemen 8 - 9 %) sebaiknya didirikan dilokasi yang menghasilkan bahan baku tongkol jagung dan sudah terkumpul. Sebagai patokan, kebutuhan furfural di

kilang minyak PT Pertamina Cilacap kira-kira 60 ton/bulan. Jadi kapasitas produksi pabrik furfural kira-kira 2 ton/hari atau setara dengan pengolahan bahan baku tongkol jagung 24 ton/hari. Keuntungan lain yang bisa diperoleh



dari pendirian Furfural plant adalah hasil samping berupa asam asetat (tiap 100 kg produksi furfural akan menghasilkan side product asetic acid 50-60 kg).

Luaran yang sudah didapat dari riset awal dan lanjutan adalah:

- Prototipe Digester kapasitas 1000 L berikut platformnya dan kolom stripper kapasitas reboiler 60 L.
- Contoh produk berupa furfural kasar dengan kemurnian 94 %-massa yang siap untuk dilakukan proses pemurnian.
- Shelter dengan ukuran 4 x 9 m<sup>2</sup> yang di dalamnya terdapat alat pembuat steam, digester berikut kolom stripper dan kolom distilasi vakum dengan kapasitas reboiler 60 L dan tinggi kolom isian 200 cm. Ditinjau dari perhitungan *gross profit margin* basis 1 ton furfural, maka pendirian pabrik furfural dapat dikatakan menarik untuk dikaji lebih lanjut

#### Daftar Pustaka

- Arnold, D. R., & Buzzard, J. L. (2003, September). A novel process for furfural production. In Proceedings of South African Chemical Engineering Congress (pp. 3-5).
- ASTIKA, D. T. (2007). Prarancangan Pabrik Furfural Dari Tongkol Jagung Dengan Proses Quaker OATS Kapasitas 5.000 Ton Per Tahun (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process equipment design: vessel design. John Wiley & Sons.
- Coulson, R. (1983). Chemical Engineering. Vol, 6th. Pergamon Press. New York.
- Fogler, H. S. (2010). Essentials of Chemical Reaction Engineering: Essential Chemical Reaction Engineering. Pearson Education.
- Garrett, D. E. (2012). Chemical engineering economics. Springer Science & Business Media.
- Geankoplis, C. J., Hersel, A. A., & Lepek, D. H. (2018). Transport processes and separation process principles (Vol. 4). Boston, MA: Prentice hall.
- Hettenhaus, J. R., Wooley, R., & Wiselogel, A. (2000). Biomass Commercialization Prospects the Next 2 to 5 Years; BIOMASS COLLOQUIES 2000 (No. NREL/SR-580-28886). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US). <http://www.dalinyebo.co.za>. 2017. Diakses pada 10 April 2017.
- Isdiyanto, R., & Hasanudin, U. (2010). Rekayasa dan uji kinerja reaktor biogas sistem colar pada pengolahan limbah cair industri tapioka. Ketenaga listrikan dan Energi Terbarukan, 9(1), 14-26.
- Jawad, M. H., & Farr, J. R. (2018). Structural analysis and design of process equipment. John Wiley & Sons.
- Kroschwitz, J. I., & Howe-Grant, M. (1991). Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. John Wiley and Sons, New York, 7, 127.
- Kern, D. Q., & Kern, D. Q. (1950). Process heat transfer (Vol. 5). New York: McGraw-Hill.
- Kirk, R. E., Othmer, D. F., Grayson, M., & Eckroth, D. (1985). Kirk-Othmer Concise encyclopedia of chemical technology.--. Wiley.
- Mc Ketta, J. a. (1977). Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol 5, MarcelDeckerinc. New York.
- Machado, G., Leon, S., Santos, F., Lourega, R., Dullius, J., Mollmann, M. E., & Eichler, P. (2016). Literature review on furfural production from lignocellulosic biomass. Natural Resources, 7(3), 115-129.
- Perry, R. a. (2003). Perry's Chemical Engineering's Handbook. 7<sup>th</sup> edition. McGraw Hill Book Company. Singapore.
- Peters, M. T. (2003). Plant Design and Economics for Chemical Engineering, 4th ed, McGraw-Hill . New York.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1984). Perry's Chemical Engineer's Handbook Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill.
- Rundus, I, and J. Katkevies, Pre-feasibility Study for Furfural Production in Latvia, Report by Latvian Development Agency, 1998
- Reklaitis, G. (1983). Introduction Material and Energy Balance. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Smith, J. V. (2001). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th ed, McGraw-Hill Book Company. New York.
- Shafeeq, A., Muhammad, A., Sarfaraz, S., Akram, Z., Saeed, H. U., &

- Farooq, U. (2015). Effect of acid concentration on the extraction of furfural from corn cobs. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 6(5), 381.
- Suharto, Susanto H., 2006. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Furfural, Laporan Teknis Riset Kompetitif LIPI 2005-2006.
- Suharto, S., Susanto, H., & Pudjiono, P. I. (2012). PROSES PEMURNIAN CRUDE FURFURAL. *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*, 13(12).
- Susanto, H. Suharto dan Kismurtono, 2004. *Rekayasa Digester Pemasakan Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Furfural dan Pulp*, Laporan Akhir RUT IX.
- Thakore, S. B., & Bhatt, B. I. (2015). *Introduction to process engineering and design*. McGraw-Hill Education.
- Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., & Shaeiwitz, J. A. (2008). *Analysis, synthesis and design of chemical processes*. Pearson Education.
- Ullman, F. (2007). *Ultimann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 7th Ed., 40 Volume Set, John Wiley and Sons. New Jersey.
- Win, D. T. (2005). Furfural-gold from garbage. *Au J. Technol*, 8(4), 185-190.
- Witono, J. A (2005). Produksi Furfural dan Turunannya. *Buletin Ristek Balitbang*, Jawa Barat
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinermann. Washington.
- Yaws, C. (1999). *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies. USA.