

PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES DEHIDRASI PENTOSA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Idora Diah Vitaloka^{1*}, Desy Maya Sari¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: idvitaloka@gmail.com

Abstrak

Furfural memiliki rumus molekul ($C_5H_4O_2$) dengan nama lain *2-Furfuraldehyde*. Furfural banyak memiliki kegunaan seperti pelarut dalam proses pemurnian minyak pelumas, sebagai fungisida dan bahan baku pembuatan senyawa kimia lainnya seperti *Tetrahydrofuran* dan *Furfuryl alcohol*. Peluang industri Furfural cukup besar untuk dapat berkembang di Indonesia, maka diperlukan perancangan pabrik Furfural yang terencana. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk Furfural 5.000 ton/tahun dan didirikan pada tahun 2024.

Pabrik Furfural menggunakan proses Zeitsch. Larutan asam sulfat 2% yang telah diencerkan pada *mixer* dimasukkan ke dalam reaktor bersama tongkol jagung yang telah dihancurkan. Reaktor alir berpengaduk (RATB) menggunakan *steam* sebagai pemanas dengan kondisi operasi $210^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Setelah itu suspensi akan diekspansi menggunakan evaporator dengan tekanan 1 atm. Setelah produk terbentuk maka lapisan yang kaya akan Furfural akan teruapkan sebagai produk atas dan dialirkan kompresor bertekanan 1,2 atm. Produk atas akan mengalami kondensasi yang disertai pendinginan sebelum masuk ke pemurnian menggunakan menara distilasi. Setelah itu produk Furfural 99% disimpan pada tangki penyimpanan. Sedangkan produk bawah selanjutnya dialihkan ke unit pengolahan limbah. Bahan baku utama yang diperlukan adalah tongkol jagung dan air dengan katalis asam sulfat. Pabrik akan didirikan di Area Kebun, Sungonlegowo, Kec. Bungah, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Lokasi pabrik berdekatan dengan Sungai Bengawan Solo, hal ini memudahkan sumber air untuk kebutuhan utilitas. Perusahaan berformasi Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line* dan *staff*, sedangkan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 150 orang.

Hasil analisis ekonomi antara lain investasi modal total (TCI) sebesar Rp 159.925.077.637 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar 142.372.500.000. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 24%. Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 3,4 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 53% dan Shut down point (SDP) sebesar 22%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi, maka dapat disimpulkan pabrik Furfural dengan kapasitas 5.000 ton/tahun ini layak didirikan.

Kata kunci: Furfural, Tongkol Jagung, Asam Sulfat, Deidrasi.

1. Pendahuluan

Seiring meningkatnya bahan penunjang industri, perkembangan industri kimia di Indonesia terus mengalami kemajuan. Sehingga, diharapkan banyak berdirinya industri pembuat bahan baku utama yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap ekspor. Pembangunan industri kimia ini ditekankan untuk memenuhi keperluan dalam negeri dengan pemanfaatan limbah dari sumber daya alam seperti salah satunya tongkol jagung yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan furfural sebagai bahan baku.

Menurut Juwita dkk (2012) limbah biomassa pertanian yang terkandung pentosan dan diproduksi dengan melalui dua tahap reaksi, yaitu hidrolisis serta dehidrasi dengan bantuan katalis asam dapat menghasilkan cairan Furfural. Furfural memiliki rumus molekul ($C_5H_4O_2$) atau sering

disebut juga dengan *2-furancarboxaldehyde*, *furaldehyde*, *2-furanaldehyde*, *2-Furfuraldehyde* (David, 2005). Furfural memiliki banyak fungsi, seperti dalam proses pemurnian minyak pelumas sebagai pelarut, sebagai fungisida serta digunakan sebagai bahan baku pembuatan senyawa *tetrahydrofuran* dan *furfuryl alcohol* (Primata dkk, 2014). Furfural juga dimanfaatkan dalam industri sintesis dari banyak turunan *furan* (Mc. Ketta, 1978)(Othmer, 2005). Bahan baku Furfural berasal dari sisa limbah pertanian, seperti sekam gandum (*oat hulls*), *almond husks*, sekam padi (*rice hulls*), kayu (*balsa* dan *eucalyptus wood*), tongkol jagung (*corncoobs*) dan sebagainya. Namun, kandungan pentosan yang paling besar terdapat pada tongkol jagung sebesar 32% (Zeitsch, 2000).



Berikut ini merupakan tabel daftar perusahaan yang memproduksi Furfural di dunia:

Tabel 1 Kapasitas Produksi Furfural di Dunia

Negara	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Dominika (Central Romana Co.)	3500
Republik Meksiko (Furfuraly Derivados)	1800
USA (Great Lakes Chem-Co.)	4500
Polandia (Polimex Cekop)	5000
Afrika Selatan (Smithchem Ltd.)	17000

Menurut data Badan Pusat Statistik, jumlah Furfural yang diimpor ke Indonesia dari tahun 2014 hingga 2017 disajikan pada tabel di bawah berikut:

Tabel 2 Data Impor Furfural (Badan Pusat Statistik, 2014-2017)

Tahun	Jumlah (Ton)
2014	281,054
2015	381,360
2016	542,515
2017	950,464

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan Furfural pada tahun 2024 dapat diperkirakan menggunakan regresi secara linier

Tabel 3 Macam Proses dalam Pembuatan Furfural.

Parameter	Macam Proses		
	Quaker Oats	Rosenlaw	Zeitsch
Bahan baku	<i>Unprofitable cereal product</i>	<i>Baggase</i>	<i>Baggase, corncobs, rice and other plant husks</i>
Katalis	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)	Campuran asam asetat, formiat dan sedikit asam karboksilat	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)
Suhu	153°C	184°C	210°C
Tekanan	5 atm	10 atm	1 atm
Waktu tinggal	5 jam	2 jam	1 jam
Yield	73%	73%	73%
Ekonomi	Peralatan yang digunakan lebih banyak	Peralatan yang digunakan lebih banyak	Peralatan yang digunakan lebih sedikit dan modern

Berdasarkan dari data diatas, beberapa pertimbangan dipilihnya proses *Zeitsch* (1990) adalah sebagai berikut:

- Kondisi operasi lebih baik.
- Alat yang digunakan lebih sedikit.

untuk mendapatkan tren kenaikan impor Furfural dan untuk memperkirakan impor Furfural pada tahun 2024. Dari grafik impor Furfural per tahun dapat diperoleh persamaan regresi secara linier sebagai berikut:

$$y = 216,94x - 3,498 \quad \dots(1)$$

$$R^2 = 0,9026 \quad \dots(2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan regresi *linear* menunjukkan peluang kapasitas Furfural yang akan didirikan tahun 2024 yaitu sebesar 439.083 ton/tahun. Data impor Furfural pada tahun 2014 sampai 2017 terus mengalami kenaikan. Data impor Furfural, kapasitas pabrik yang telah berdiri serta ketersediaan bahan baku tongkol jagung pada daerah Jawa Timur menjadi pertimbangan dalam penentuan kapasitas pabrik Furfural. Sehingga, dapat ditetapkan kapasitas prarancangan pabrik Furfural yang direncanakan berdiri pada tahun 2024 adalah sebesar 5.000 ton/tahun.

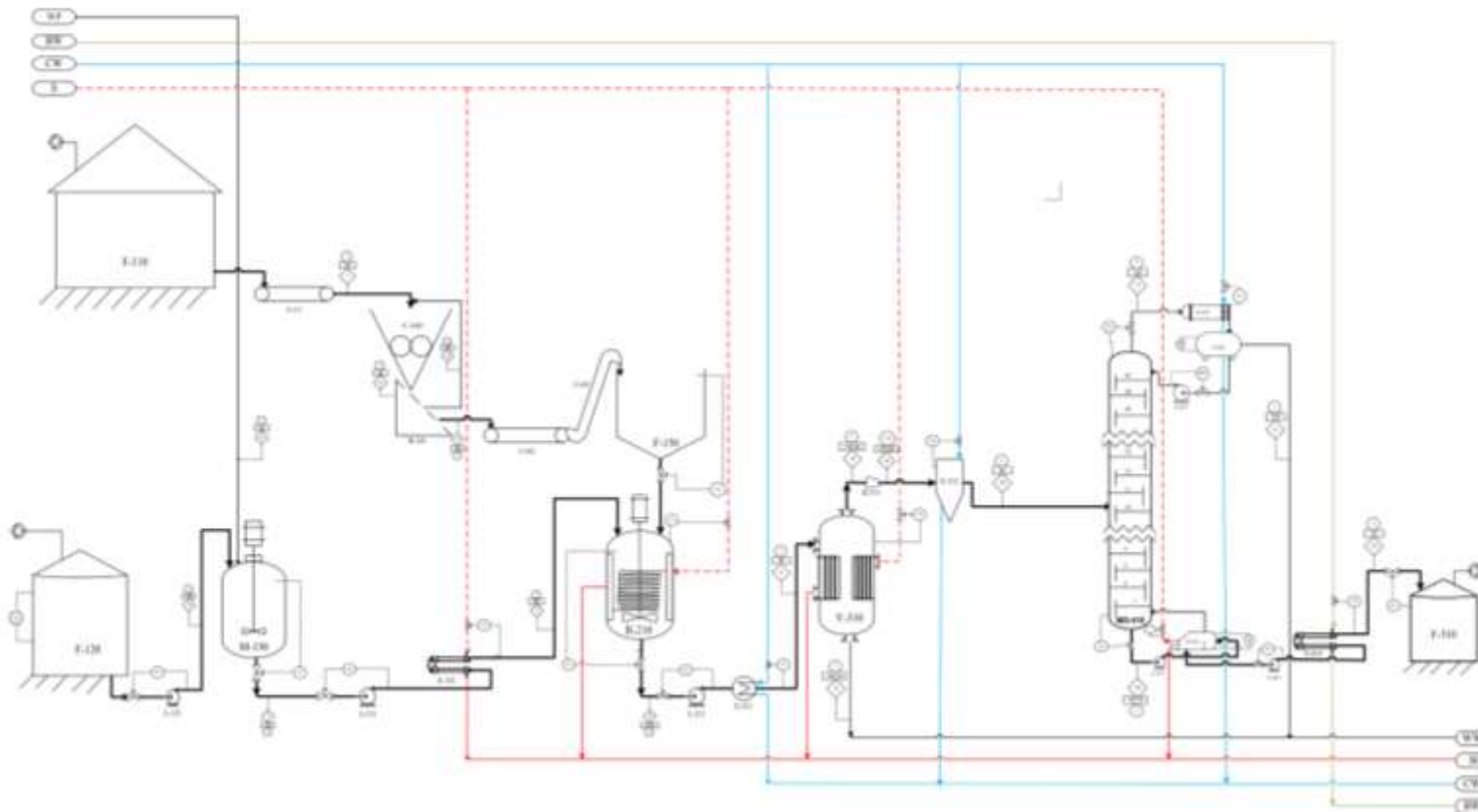
2. Deskripsi Proses

Furfural dapat diproduksi dengan tiga cara yaitu dengan proses Quaker Oats (Zeitsch, 2000), Rosenlaw (Zeitsch, 2000) dan Zeitsch (US Patent 4.912.237, 1900). Berikut ini perbandingan berbagai macam proses pembuatan furfural:

- Teknologi *Zeitsch* mampu mengolah dengan bahan baku yang fleksibel. Hal ini sangat cocok karena alternatif bahan baku yang tersedia di Indonesia mempunyai pola *supply* yang tergantung pada musim.



**DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN PROSES DEHIDRASI PENTOSA
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**



Komponen	Crusher			Screen		Mixer		Reaktor			Evaporator		MD 1	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 12	Arus 13		
$C_6H_{10}O_5$	911,9202	1035,4869	101,5467	911,9202	-	-	-	9,3192	9,3192	-	-	-	-	-
Selulosa	1067,7277	1186,3641	118,6364	1067,7277	-	-	-	1067,7277	1067,7277	-	-	-	-	-
Lignin	341,8602	379,8446	37,9846	341,8602	-	-	-	341,8602	341,8602	-	-	-	-	-
H_2SO_4	-	-	-	-	140,4905	-	140,4905	140,4905	140,4905	-	-	-	-	-
$C_5H_8O_2$	-	-	-	-	-	-	-	10,4841	10,4841	-	-	-	-	-
$C_5H_6O_2$	-	-	-	-	-	-	-	664,2814	33,2141	631,0674	0,0252	631,0423	-	-
H_2O	-	-	-	-	2,8672	6881,1666	6884,0338	7111,8893	336,1935	6775,2718	6775,0648	6,2710	-	-
Total	2341,5081	2601,6756	260,1676	2341,5081	143,3576	6881,1666	7024,5242	9366,0323	1958,6893	7406,3432	6775,0300	631,3133	-	-

KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
Water Process	Steam Aliran	Temperature (°C)
Flow	Tahanan (ton)	Broken State
Cooling Water	Water	Product
Steam Condensate	Flow Control	Level Indicator Control
Cooling Water Return	Temperature Control	Weight Indicator Control
Waste Water Treatment	Level Indicator	Pressure Control
Waste Water	Level Indicator Control	Position Indicator Control
Waste Water Return		

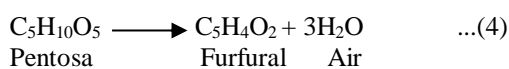
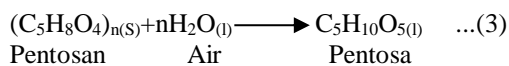
17	E-100	EVAPORATOR	1
18	E-100	EVAPORATOR	1
19	E-100	EVAPORATOR	1
20	E-100	EVAPORATOR	1
21	E-100	EVAPORATOR	1
22	E-100	EVAPORATOR	1
23	E-100	EVAPORATOR	1
24	E-100	EVAPORATOR	1
25	E-100	EVAPORATOR	1
26	E-100	EVAPORATOR	1
27	E-100	EVAPORATOR	1
28	E-100	EVAPORATOR	1
29	E-100	EVAPORATOR	1
30	E-100	EVAPORATOR	1
31	E-100	EVAPORATOR	1
32	E-100	EVAPORATOR	1
33	E-100	EVAPORATOR	1
34	E-100	EVAPORATOR	1
35	E-100	EVAPORATOR	1
36	E-100	EVAPORATOR	1
37	E-100	EVAPORATOR	1
38	E-100	EVAPORATOR	1
39	E-100	EVAPORATOR	1
40	E-100	EVAPORATOR	1
41	E-100	EVAPORATOR	1
42	E-100	EVAPORATOR	1
43	E-100	EVAPORATOR	1
44	E-100	EVAPORATOR	1
45	E-100	EVAPORATOR	1
46	E-100	EVAPORATOR	1
47	E-100	EVAPORATOR	1
48	E-100	EVAPORATOR	1
49	E-100	EVAPORATOR	1
50	E-100	EVAPORATOR	1
51	E-100	EVAPORATOR	1
52	E-100	EVAPORATOR	1
53	E-100	EVAPORATOR	1
54	E-100	EVAPORATOR	1
55	E-100	EVAPORATOR	1
56	E-100	EVAPORATOR	1
57	E-100	EVAPORATOR	1
58	E-100	EVAPORATOR	1
59	E-100	EVAPORATOR	1
60	E-100	EVAPORATOR	1

Diposkan Oleh :	
IRAN MAULANA	(02/01/2024)
IRAN MAULANA	(02/01/2024)
Diposkan Oleh :	
Irwan Paramita Pura, S.T., M.T., Ph.D	(02/01/2024)
PLANNING	
PROGRAM UJIAN PABRIK REPERFORMASI PABRIK FURFURAL DENGAN PROSES DEHIDRASI PENTOSA KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN	
PROGRAM STUDI DI UNIVERSITAS TEKNIK NEGERI SURABAYA	
FACULTY OF CHEMICAL ENGINEERING	
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING	
SURABAYA	

Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Furfural dari Tongkol Jagung dengan Proses Dehidrasi Pentosa Kapasitas 5.000 Ton/Tahun

Proses pembuatan Furfural dengan bahan baku tongkol jagung dan air secara garis besar melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap *handling* dan persiapan bahan baku
Bahan baku yang digunakan adalah tongkol jagung. Tongkol jagung dari gudang bahan baku dibawa menggunakan *belt conveyor* ke dalam *crusher*. Pada *crusher*, tongkol jagung dihancurkan hingga menjadi potongan kecil dengan ukuran kurang lebih 3 mm dan diseragamkan ukurannya menggunakan *screen*. Kemudian diangkat dengan menggunakan *belt conveyor* dan dilanjutkan dengan *bucket elevator* yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *hopper* dan dimasukkan ke reaktor. Katalis berupa asam sulfat 98% dipompa ke dalam *mixer* diencerkan dengan air hingga konsentrasi menjadi 2%, kemudian hasilnya dipompa menuju reaktor.
2. Tahap pembentukan Furfural
Tahap hidrolisis dan dehidrasi terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Pada kondisi operasi pada suhu 210 °C dengan tekanan 1 atm selama 1 jam. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor yaitu reaksi endotermis. Pemanas *steam* digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada reaktor. Di dalam reaktor terjadi reaksi sebagai berikut:



Setelah 1 jam hasil dari reaktor didinginkan menggunakan *cooler* untuk menurunkan suhu menjadi 90°C, lalu menuju *evaporator*. Di dalam *evaporator* uap berupa Furfural dan air dengan kandungan 95%. Uap hasil reaksi yang mengandung banyak Furfural teruapkan sebagai produk. Setelah itu dilewatkan barkondensor untuk mengubah dari fase uap menjadi fase cair dan mengalami pendinginan menjadi 60°C. Hasil yang keluar dari barkondensor ini kemudian dimasukkan ke proses pemurnian.

3. Tahap pemisahan dan pemurnian hasil.
Residu yang keluar dari *evaporator* berupa padatan akan diolah di unit pengolahan limbah (WWT) begitu juga dengan filtratnya. Hasil Furfural yang keluar dari barkondensor menuju ke menara distilasi untuk memurnikan Furfural dari impuritas air dengan suhu 100,42°C dan tekanan 1 atm. Didalam Furfural dimurnikan dari umpan,

sehingga akan didapatkan produk Furfural dengan kemurnian 99%. Hasil atas yang berupa sebagian besar mengandung air dengan suhu 100,42 °C kemudian didinginkan dengan kondensor. Hasil kondensasi tersebut ditampung dengan akumulator sebagian dipompakan kembali ke dalam menara distilasi, dan sebagian dibuang ke unit pengelolaan limbah (WWT). Produk bagian bawah menara distilasi di pompa dan di-*reboiler* menuju kembali ke menara distilasi. Produk Furfural kemudian pompa dan didinginkan melalui *cooler*, kemudian dimasukan ke dalam tangki penyimpanan dan siap untuk di jual.

3. Utilitas

Air yang digunakan pada pabrik Furfural bersumber dari sungai Bengawan Solo yang berdekatan dengan pabrik memiliki debit ebesar 135.733 L/jam. Listrik diperoleh dari PLN setempat dan cadangan energi berasal dari generator. Berikut merupakan tabel kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada operasi pabrik Furfural:

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik Furfural

Kebutuhan	Jumlah
Steam	16.458,2914 kg/jam
Air	138.139,9035 kg/jam
Listrik	672,3480 kW
Bahan Bakar	102,3019 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

Analisis Ekonomi dilakukan agar dapat mengetahui layak tidaknya sebuah pabrik bisa berdiri dengan cara memperhitungkan besar kecilnya keuntungan yang diperoleh. Berikut merupakan tabel hasil analisis ekonomi pabrik Furfural:

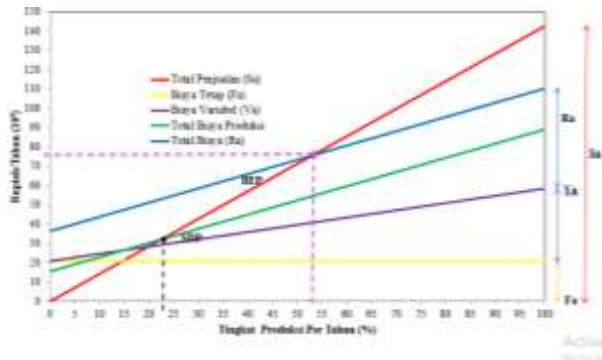
Tabel 5. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	22%	Min. 11%	Layak
POT	3,4 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	53%	40-60%	Layak
SDP	23%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) merupakan keuntungan yang diperoleh berasal dari investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan pencapaian keuntungan. *Break Even Point* (BEP) merupakan titik impas atau kondisi dimana pabrik menunjukkan jumlah yang sama antara biaya dan penghasilan, dengan kata lain tidak menguntungkan dan sebaliknya. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih ekonomis untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa)



dibandingkan harus berproduksi. Berikut ini adalah grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik Furfural:



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Furfural dari Tongkol Jagung dengan Proses Dehidrasi Pentosa akan berdiri di daerah Gresik, Jawa Timur, pada tahun 2024 dengan kapasitas 5.000 ton/tahun. Perusahaan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi yaitu garis dan staf dengan tenaga kerja sebanyak 150 orang. Analisa ekonomi yang diperoleh antara lain nilai ROI sebesar 22%, POT sebesar 3,4 tahun, BEP sebesar 53% dan SDP sebesar 23%. Berdasarkan pertimbangan tersebut pabrik Furfural ditanyakan layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2019. *Data Ekspor-Impor*. <http://www.bps.go.id>
Diakses pada tanggal 9 Februari 2019.
- Juwita, R., Lailan R.S., dan Abubakar T. 2012. *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalisator Asam terhadap Sintesis Furfural dari Sekam Padi*. Jurnal Konversi. Kalimantan Selatan.
- Kirk and Othmer. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Peters and Timmerhouse. 1991. *Plants Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Primata M., Hendri A.P., and Deka M.H. 2014. *Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalisator Asam Sulfat terhadap Sintesis Furfural dari Jerami Padi*. Jurnal Konversi. Kalimantan Selatan.
- Ullmann. 1996. *Ullmann's Encyclopedia og Industry Chemistry 5th Edition*. Weinhem Willey-Vch Verlag GmbH & co KgaA. Germany.
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Hand Book*. Lamar University Beaumont. Texas.
- Zeitsch, Karl J. 1990. *Process for Producing Furfural. United State Patent. Patent number 4,912,237*.
- Zeitsch, Karl J. 2000. *The Chemistry and Technology of Furfural and its Many by-Products*. Elviesier. Amsterdam.

