

**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI TANDAN KOSONG SAWIT
KAPASITAS 6000 TON/TAHUN DENGAN DISAIN ALAT UTAMA
EVAPORATOR LONG TUBE VERTICAL**

Riri Atria Pratiwi¹⁾, Said Zul Amraini²⁾

1) Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, 2) Dosen Teknik Kimia-
Laboratorium Teknologi Bioproses
Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail : riri.atria2488@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Domestic demand for furfural is increasing in line with industrial developments such as the paint, oil, pharmaceutical, plastic and polymer industries. Until now, Indonesia's furfural needs still rely on imports from other countries. Furfural is produced using agricultural waste containing pentosan, such as rice husks, corn cobs, wood, hemp, bagasse, empty fruit bunches and other sources of fiber. Indonesia is a country rich in resources that have the potential to produce raw materials for furfural production, one of which is empty fruit bunches with a pentosan content of 25.90%. The number of empty bunches of waste throughout Indonesia in 2004 had reached 18.2 million tons. . The main design tool is an evaporator (EV-101) which functions to concentrate furfural up to 98% purity. This design was carried out in several steps, namely collecting data sources to support the establishment of the factory, calculating mass and energy balances, calculating heat and mass exchange networks, as well as analyzing and designing furfural evaporators and their supporting accessories. The operating conditions for evaporator 101 (EV-101) are with a feed temperature of 90°C and a pressure of 1 bar and a vapor temperature of 125°C. The type of evaporator used is Long Tube Vertical Evaporator. The evaluation of the economic analysis of the factory design shows that the factory is feasible to build with a Return On Investment (ROI) of 26.65%, Break Event Point (BEP) of 35%, Internal Rate of Return (IRR) of 22.74%, and Payback Period. (PBP) factory is 2.75 years.

Keywords: Evaporator, Energy Balance, Furfural, Pentosan.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah Negara beriklim tropis yang terkenal dengan keanekaragaman sumber daya alamnya. Agroindustri di Indonesia merupakan sektor yang memiliki peran yang sangat penting dalam perindustrian nasional. Berbagai jenis limbah di industri pertanian hanya dimanfaatkan bahan bakar dan pakan ternak yang terbatas dengan nilai ekonomi yang relative rendah. Salah satu limbah biomassa yang setiap tahunnya meningkat ialah tandan kosong kelapa sawit (TKS). Untuk mengurangi pencemaran lingkungan maka dibutuhkan teknologi baru untuk mendiversikan pemanfaatan

limbah tersebut menjadi produk yang nilai jual relatif tinggi. Salah satunya dioah menjadi bahan baku kimia, antara lain yaitu furfural. Tandan kosong kelapa sawit dapat diolah menjadi furfural karna memiliki komponen utama dalam proses pembuatan furfural.

Saat ini Indonesia dikenal sebagai produsen kelapa sawit dengan luas perkebunan kelapa sawit tercatat pada tahun 2019 mencapai 14,60 juta hektare (ha). Area perkebunan kelapa sawit tersebar di 26 provinsi di Indonesia. Provinsi Riau memiliki areal perkebunan kelapa sawit terluas dengan 2,82 juta ha atau 19,31% dari total luas areal

perkebunan kelapa sawit di negeri ini. Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar akan dihasilkan tandan kosong sebanyak 23% atau sebanyak 230 kg (Goenadi dan Herman, 1999).

Sebagian besar pabrik CPO atau perkebunan sawit di Provinsi Riau, belum memanfaatkan limbah tandan kosong secara optimal. Dengan pendirian pabrik fufural berbahan baku tandan kosong sawit secara ekonomis dan ekologis, dapat menjadi solusi yang baik untuk manajemen industri sawit yang berkelanjutan di masa depan dan meningkatkan perekonomian negara. Karakteristik tandan kosong kelapasawit didominasi selulosa dan lignin, oleh karena itu diperlukan pengolahan dan pemanfaatan melalui proses tahapan pemurnian dengan tingkat kemurnian furfural 98%., untuk mencapai kemurnian tersebut digunakan beberapa tahapan pemurnian. Salah satunya yaitu menggunakan proses evaporasi.

Evaporasi merupakan suatu proses penguapan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Tujuan dari evaporasi yaitu untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Pada umumnya proses evaporasi menggunakan pelarut air. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair, kadang-kadang zat cair yang sangat viskos, dan bukan zat padat.

2. LANDASAN TEORI

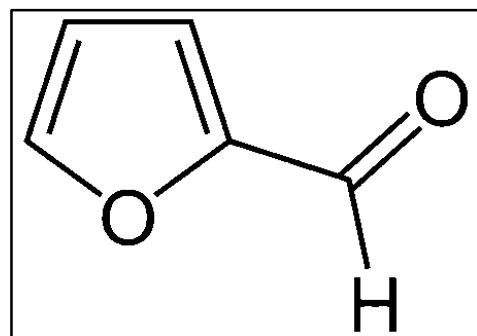
2.1 Furfural

Furfural berasal dari kata latin *furfur* merupakan suatu senyawa yang mengandung cincin furan dengan satu atom O. Furfural adalah senyawa aldehid dengan rumus molekul $C_5H_4O_2$ yang merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfasa cair dengan titik didih $161,7^{\circ}C$, densitas ($20^{\circ}C$) adalah $1,16 \text{ g/cm}^3$. Furfural merupakan

senyawa yang kurang larut dalam air namun larut dalam alkohol, eter, dan benzena (Witono, 2005).

Furfural merupakan sejenis minyak yang tidak berwarna dengan bau seperti almond, namun jika berada pada udara akan secara cepat berubah warna menjadi kuning hingga kecoklatan. Apabila furfural terhirup, maka dapat menyebabkan gejala mabuk, sakit kepala, hingga dapat menyebabkan pingsan dan kerusakan pada alat pernafasaan seperti menyebabkan radang paru-paru. Jika terkontak dengan kulit secara terus menerus dapat menyebabkan alergi hingga pada bagian terdalam dan dapat menyebabkan tumor, mutasi, dan kerusakan ginjal pada hewan.

Furfural dihasilkan dari biomassa yang mengandung pentosan. Bahan ini merupakan bahan yang cukup penting di bidang industri organik karena pemanfaatannya yang beragam dan mempunyai senyawa *derivative* yang banyak.



Gambar 1.1 Struktur Molekul Furfural

Furfural di dalam negeri saat ini dikonsumsi oleh beberapa industri minyak pelumas seperti PT Pertamina, PT Wiraswasta Gemilang Indonesia dan Mustika Makmur *Petroleum Industry*. Kegunaan furfural pada industri yaitu sebagai pelarut dalam industri penyulingan minyak bumi, distilasi *butadiene* pada pembuatan karet sintetis, cat dan kertas, *Wetting agent* dalam pembuatan ampelas,

solvent untuk pemisahan komponen jenuh dari komponen tak jenuhnya pada industri penyulingan minyak, *reagen* pada laboratorium serta pembuatan senyawa turunan dari furfural diantaranya adalah furfural alkohol dan furan.

2.2 Tandan Kosong Sawit

Tandan kosong sawit merupakan limbah padat hasil pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi hasil *Crude Palm Oil* (CPO). Setiap pengolahan 1 ton TBS akan dihasilkan tandan kosong sebanyak 23% atau sebanyak 230 kg (Herman dan Goenadi, 1999). Tandan kosong sawit mengandung lignin sebesar 22,60%, α -selulosa 45,80%, pentosan 25,90%, abu 1,60%, dan air 4,1% (Purwito dan Anita, 2005).

Spesifikasi dari tandan kosong sawit ditunjukkan oleh Tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1.1 Spesifikasi Tandan Kosong

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Tandan Kosong Sawit
Berat jenis (<i>Bulk Density</i>)	177,98 Kg/m ³
Panjang serat rerata	1-2 mm
Diameter serat rata rata	14,34-16,89 μ m

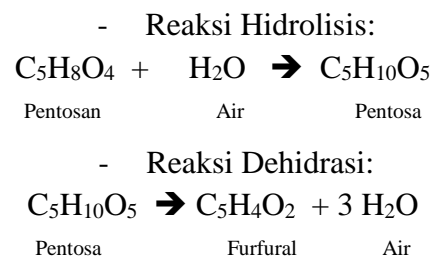
(Sumber: Erwinsyah dkk, 2015)

2.3 Proses Pembentukan Furfural

Furfural dibentuk dari pentosan yang terdapat di dalam biomassa, terdiri dari 2 tahap reaksi, yaitu hidrolisis dan dehidrasi. Reaksi dehidrasi membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding dengan reaksi hidrolisis, sehingga reaksi dehidrasi merupakan reaksi yang mengontrol reaksi secara keseluruhan. Untuk itu digunakan

bantuan katalis asam, misalnya: asam sulfat (Wijanarko dkk, 2006).

Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan Furfural adalah reaksi hidrolisa pentosan menjadi pentosa yang diikuti reaksi dehidrasi dari pentosa menjadi furfural. Tahapan reaksi yang terjadi selama proses pembuatan furfural adalah sebagai berikut (Arnold dan Buzzard, 2003):



Proses pembuatan furfural dengan proses *Suprayield* berlangsung pada fase padat-gas, pada suhu 206°C dan tekanan 18 atm. (Arnold dan Buzzard, 2003). Reaksi pembentukan furfural terjadi saat pentosan ditambah katalis asam dan di kontakkan *steam*. Katalis asam ini akan mempercepat reaksi. Ketika dipanaskan pada suhu 206° C, dan tekanan 18 atm didalam reaktor terjadi reaksi hidrolisa pentosan yang terkandung di dalam tandan kosong sawit menjadi pentosa, serta reaksi dehidrasi pentosa menjadi furfural, dengan konversi reaksi 80% furfural terhadap pentosan.

Proses *Suprayield* ini menggunakan Reaktor *Batch* yang beroperasi dengan tekanan sebesar 18 bar, suhu 206°C, waktu reaksi selama 15-20 menit, *cycle time* selama 3 jam dan menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 3% dari massa umpan masuk tandan kosong sawit. Kelebihan dari proses *Suprayield* ini ialah konversi furfural dari pentosan yang tinggi, waktu tinggal yang cepat, dan konsumsi *steam* yang lebih rendah sehingga akan meningkatkan *profitability* pada pabrik Furfural.

Pemurnian furfural yang telah didapatkan selanjutnya diproses menggunakan evaporator dengan jenis *long tube vertical* yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada larutan furfural. Keluaran unit evaporator yang beroperasi pada suhu 125°C kemudian dialirkan ke unit *heater* (E-102) untuk menaikkan suhu menjadi 175°C. Setelah itu diumpankan ke kolom destilasi (DC-101) untuk memisahkan antara air, furfural dan asam sulfat.

3. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam perancangan pabrik Furfural ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan.
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada setiap unit.
3. Perhitungan alat penukar panas dan massa.
4. Perhitungan dan disain setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan. Penentuan spesifikasi setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan
5. Penambahan sistem pengendalian dan instrumentasi proses yang dibutuhkan dalam pabrik.
6. Analisis dan disain alat utama (Reaktor *Fluidized Bed* untuk konversi pentosan menjadi furfural) mengacu pada buku Kunii dan Levenspiel (2013), Levenspiel (1972) dan Brownell & Young, (1959).
7. Analisis ekonomi yang meliputi :
 - a. Analisis pasar, prospek industri dan pemasaran produk.
 - b. Penentuan kapasitas produksi, kebutuhan akan produk yang akan dihasilkan.
 - c. Manajemen yang meliputi pemelihan lokasi pendirian pabrik dan pertimbangan-pertimbangan pendukung.
 - d. Studi kelayakan pasar, kelayakan teknis, kelayakan manajemen, studi kelayakan budaya, studi kelayakan lingkungan dan studi kelayakan legal.
 - e. Tata letak pabrik, tata letak alat dan *master schedule* pendirian pabrik.
 - f. Struktur organisasi pabrik yang meliputi sistem kerja karyawan, jumlah karyawan, sistem penggajian karyawan dan kesejahteraan karyawan.
 - g. Melakukan perhitungan ekonomi dari penaksiran harga peralatan utama dan utilitas.
 - h. Melakukan perhitungan ekonomi dan kelayakan ekonomi dari pabrik yang mencakup :
 - Perkiraan biaya pembangunan pabrik berdasarkan spesifikasi yang telah dibuat dan biaya manufacturing berdasarkan kebutuhan bahan baku dan utilitas pada neraca massa dan energi.
 - Menilai kelayakan ekonomi pabrik dengan memperkirakan aliran kas tahunan (pro-forma) dan kemudian menghitung parameter kelayakan: *Return on Investment* (ROI), *Payout Period* (POP), *Net Payout Time* (NPT), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Break-Even Point* (BEP).

- Melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi kelayakan proyek. Analisis dilakukan terhadap variabel-variabel: harga bahan baku, harga produk, penjualan, dan gaji karyawan. Prosedurnya adalah memvariasikan nilai suatu variabel dengan menjaga variabel-variabel lainnya tetap (*ceteris paribus*) untuk melihat kecenderungan pengaruhnya terhadap keuntungan serta nilai maksimal atau minimalnya agar hasil operasional pabrik memberikan IRR lebih besar dari minimum.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Disain Alat Utama Evaporator (EV-101)

Evaporator yang dirancang pada laporan ini merupakan evaporator 101 (EV-101) dengan jenis *long tube vertical* evaporator. Evaporator ini digunakan dalam proses evaporasi untuk menguapkan sejumlah air dari *bottom product* DC-101 yang berupa campuran furfural, asam asetat dengan kandungan air yang tinggi, sehingga di dapatkan gliserol dengan kemurnian 98%. Kondisi operasi evaporator 101 (EV-101) yaitu dengan suhu umpan 90°C dan tekanan 1 bar serta suhu *steam* 125°C. Berikut merupakan alasan yang mendasari pemilihan evaporator dengan jenis *long tube vertical* evaporator :

1. Long tube evaporator harganya murah serta pengoperasiannya lebih mudah.
2. Luas perpindahan panasnya besar sehingga dapat menguapkan sejumlah besar air untuk membuat

larutan pekat dengan kadar yang diinginkan (Ulrich,1984).

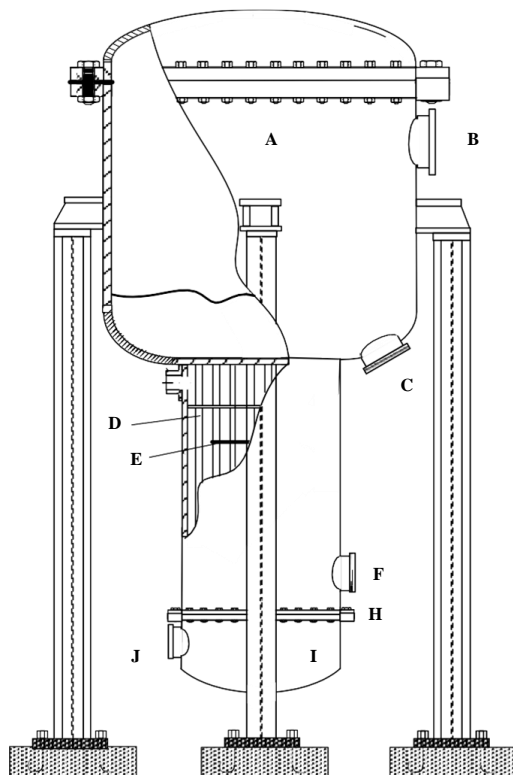
3. Koefisien transfer panas cukup besar sehingga baik digunakan untuk perbedaan temperatur yang rendah atau tinggi (Perry, 1999).

Adapun hasil perancangan evaporator *long tube vertical* dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Evaporator

Spesifikasi Alat		
Nama alat	Evaporator 1	
Kode alat	EV-101	
Jenis	<i>Long Tube Evaporator</i>	
Material konstruksi	<i>Carbon steel SA-357 Grade C</i>	
Kondisi Operasi		
Tekanan	1bar	14,503 psi
Suhu	Input	Output
Aliran umpan dan produk	363,15°K	398,15°K
Steam	413,15°K	413,15°K
Laju alir massa	831532,89 kg/jam	
Laju alir massa <i>steam</i>	2352,09836 kg/jam	
Hasil Perancangan Shell		
Inside diameter	0,635 m	25 in
Outside diameter	0,65 m	25,625 in
Tebal	0,0079 m	0,3125 in
Tinggi	3,759 m	148 in
Tekanan desain	1,34bar	19,4936 psi
Hasil Perancangan Tube		
Jumlah <i>tube</i>	62	
Inside diameter	0,0157 m	0,62 in
Outside diameter	0,0381 m	1,5 in
Tebal	0,02 m	0,75 in
Hasil Perancangan Head		
Tipe	<i>Torispherical</i>	
Tinggi	0,423 m	16,661 in
Tebal	0,008 m	0,3125 in
Tinggi total evaporator	0,5242 m	20,693 in
Hasil Perancangan Nozzle		
Aliran Umpan		
Inside diameter	4,026 in	
Outside diameter	4,5 in	
Luas area	12,7 in ²	
Aliran Produk		
	<i>Liquid</i>	<i>Vapor</i>
Inside diameter	2,469 in	19,25 in
Outside diameter	2,88 in	20 in
Luas area	4,792 in ²	
Steam		
	<i>Input</i>	<i>Output</i>
Inside diameter	10,02 in	0,534 in
Outside diameter	10,75 in	0,824 in
Luas area	78,8 in ²	0,534 in ²

Adapun bentuk disain dari evaporator *long tube vertikal* dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Detail Reaktor *Fluidized Bed*

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| A. Deflector | F. Baffle |
| B. Keluaran Uap | G. Keluaran Kondensat |
| C. Keluaran Produk | H. Tube Sheet |
| D. Steam Masuk | I. Head Stationer |
| E. Tube | J. Input Umpan |

Spesifikasi dari alat pendukung menara destilasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3 berikut:

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Pendukung

<i>Flange Vessel</i>	
Material	Carbon steel SA-240 Grade A
Outside diameter	0,65 m / 25,625 in
Tebal	0,069 m / 2,75 in
<i>Bolt Vessel</i>	
Material	Carbon steel SA-193 Grade B
Ukuran	0,0635 m / 2,5 in
Root area	0,0027 m ² / 4,292 in ²
Jumlah	18 buah
Circle diameter	0,813 m / 32,01 in
<i>Gasket Vessel</i>	
Material	Soft steel
Inside diameter	0,6508 m / 25,625 in
Outside diameter	0,6512 m / 25,639 in
Lebar	0,00017 m / 0,007 in

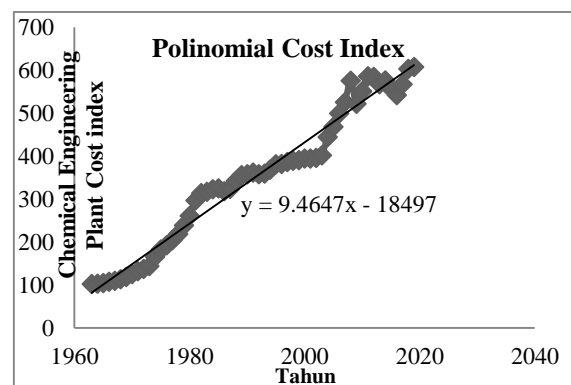
Lanjutan Tabel 4.1

Berat Evaporator		
Pada kondisi operasi	11510,159 kg	25375,556 lb
<i>Lug Support</i>		
Tebal plate	0,59102 m	0,5 in
Tinggi gusset		7,5 in
Tebal gusset	0,44203 m	0,1875 in
Lebar gusset	0,00476 m	4,5 in
Lebar plate		3 in
Luas lubang baut		0,5
<i>Anchor Bolt</i>		
Jumlah anchor bolt	4 buah	
Bolt circle	2,39 m	94,2 in

4.2 Analisis Kelayakan Ekonomi

4.2.1 Penaksiran Biaya Peralatan

Indeks harga merupakan suatu nilai *index* yang diberikan pada suatu waktu yang dapat menunjukkan harga atau nilai pada waktu tertentu. Harga peralatan pada tahun pendirian pabrik ditentukan dengan menggunakan indeks harga CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) (Vatavuk, 2002). Untuk mengetahui indeks harga pada tahun 2020, digunakan metode regresi *linear*, pada regresi ini diplotkan data nilai cost indeks dari tahun 1963-2019 yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Metode Regresi Linear

Dari grafik diperoleh persamaan linear sebagai berikut:

$$y = 9.4647x - 18497 \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan memasukkan nilai x, maka diperoleh indeks pada tahun selanjutnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Cost Index Hasil Regresi Linear

No	Tahun	Index	Polinomial
1	2020	Regresi	621.694
2	2021	Regresi	631.1587
3	2022	Regresi	640.6234
4	2023	Regresi	650.0881
5	2024	Regresi	659.5528
6	2025	Regresi	669.0175

Sehingga didapatkan total harga peralatan \$ 4,365,741.

4.2.2 Total Capital Investment (TCI)

Total capital investment terdiri dari biaya pendirian pabrik (*Fixed Capital Investment*) dan biaya pengoperasian pabrik pada jangka waktu tertentu (*Working Capital Investment*). Untuk memperkirakan modal investasi tetap digunakan persentase dari Tabel 6.3 *typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose or large additions to existing facilities* (Peters dkk, 2003) dan diperoleh besarnya FCI \$38,348,668. WCI adalah jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20 % dari total capital investment. Besarnya WCI pada pabrik ini adalah 15% dari Total Capital Investment (TCI) sebesar \$ 6,757,412. Sehingga didapatkan besarnya TCI \$ 45,116,081.

4.2.3 Analisis Profitabilitas

Dari data hasil penjualan produk dan total *production cost* akan menghasilkan laba kotor yang dihasilkan pada pabrik ini yaitu sebesar Rp 327,469,929,647.84. Laba bersih dapat dihitung dengan selisih antara laba kotor dengan laba kotor setelah dikurangi pajak sebesar 35%. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu pabrik, yaitu :

- a. *Percent Return On Investment (ROI)*
Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan untuk pembangunan suatu pabrik. *Return on investment* merupakan perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap (*fixed capital investment*) yang diinvestasikan. Pada pabrik Furfural ini diperoleh ROI setelah pajak sebesar 26,65%.
- b. *Pay Out Time (POT)*
Pay out time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan dilakukan dengan membagi *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi. *Pay out time* pada pabrik Furfural ini adalah selama 2,75 tahun.
- c. *Shut Down Point (SDP)*
Shut down point adalah titik atau saat penentuan suatu aktifitas produksi dihentikan. *Shut down point* pada pabrik ini sebesar 0,23%.
- d. *Total Production Cost (TPC)*
TPC (Total Production Cost) adalah sebesar Rp 388,742,734,866. Adapun dasar perhitungan diambil dari buku Peter dan Timmerhouse, 2003 sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.5 berikut ini :

Tabel 4.5 Perhitungan TPC

Indikator	Persamaan	Harga
MANUFACTURING COST		
a) DIRECT MANUFACTURING COST (DMC)		
Raw material		Rp 159,286,629,356
Gaji Karyawan (GK)		Rp 15,247,960,000
Direct Supervisory and clearing Labor	10% x GK	Rp 1,667,796,000
Utilities	10% x TPC	Rp 39,202,787,000
Maintenance and Repairs (MR)	5% x FCI	Rp 27,173,866,795
Operating supplies	1% x FCI	Rp 5,434,773,359
Laboratory Charges	10% x GK	Rp 1,524,796,000
Patend and royalties	2% x TPC	Rp 7,840,557,400
TOTAL DMC	Rp 210,192,821,510 + 0.12 TPC	
TOTAL DMC	Rp 256,841,949,694	
b) FIXED MANUFACTURING COST (FMC)		
Financing	2% x TCI	Rp 12,787,702,021
Depresiasi	5% x FCI	Rp 27,173,866,795
Local taxes	2% x FCI	Rp 10,869,546,718
Insurance	1% x FCI	Rp 5,434,773,359
TOTAL FMC	Rp 56,265,888,893	
c) PLANT OVERHEAD COST (POC)		
POC	50% x GK+MR	Rp21,210,913,398
Total MC	Rp334,318,751,985	
GENERAL EXPENSES (GE)		
Administrative Cost	3% x TPC	Rp 11,760,836,100
Distribution and marketing Cost	8% x TPC	Rp 31,362,229,600
Research and development costs	3% x TPC	Rp 11,760,836,100
Total GE	Rp54,423,982,881	

Kemudian nilai dari TPC (*Total Production Cost*) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Total Production Cost} = \text{Manufacturing Cost} + \text{General Expenses}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp}287,669,623,801 + 0.26$$

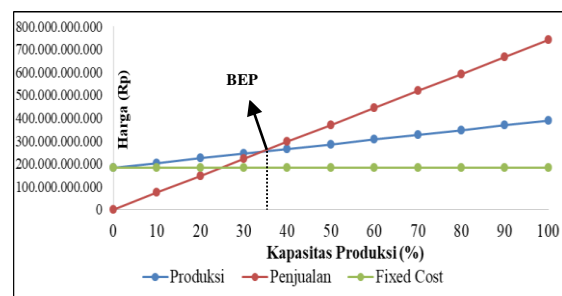
TPC

$$0.74 \text{ TPC} = \text{Rp}287,669,623,801$$

$$\text{TPC} = \text{Rp}388,742,734,866$$

e. *Break Event Point (BEP)*

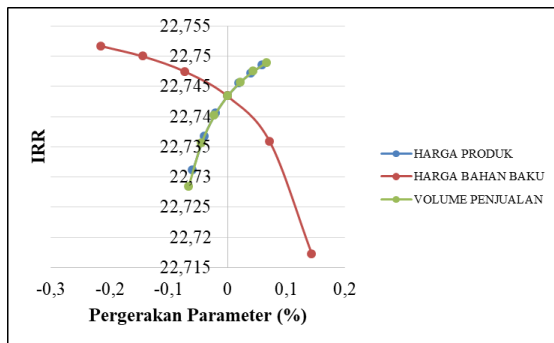
BEP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produksinya, pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian. Titik impas pendapatan dan biaya produksi yang diperoleh dari kapasitas produksi. Pada pendirian pabrik ini pabrik akan mengalami keuntungan setelah pabrik memiliki kapasitas produksi diatas 35%, karena BEP diperoleh pada titik tersebut. Grafik hasil analisis BEP dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Break Even Point (BEP)

f. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh perubahan persentase bahan baku, investasi, penjualan dan kapasitas produksi terhadap nilai *Internal Rate of Return (IRR)* dalam perhitungan ekonomi pra-rancangan pabrik ini dengan metode *trial and error*. Gambar 4.4 menunjukkan hasil pemplotan sensitivitas dengan variabel bahan baku, penjualan produk, harga produk serta gaji karyawan.



Gambar 4.4 Hasil Pemplotan Sensitivitas

Dari Gambar 4.4 diatas terlihat bahwa parameter volume penjualan, harga produk dan kapasitas pabrik berpengaruh terhadap ekonomi dari pabrik. Harga bahan baku memperlihatkan trane peningkatan yang tajam ketika terjadi perubahan sedikit saja. Sementara untuk volume penjualan juga memiliki trane peningkatan yang signifikan tetapi sedikit lebih landai dari harga bahan baku.

5. Kesimpulan

Desain alat utama evaporator (EV-101) dengan jenis Long Tube vertical yang berfungsi untu memekatkan furfural agar mencapai kemurnian 98% sebagai bahan baku dalam pembuatan furfural.

Evaporator (EV-101) didesain dengan tinggi 3,759 m, diameter 0,65 m dan kapasitas 831532,89 kg. Evaporator (EV-101) didesain dengan tutup dan alas *torispherical head* dan juga penyangga berupa *lug support*.

Evaluasi analisis ekonomi pabrik ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan *Return On Invesment* (ROI) pabrik sebesar 26,65%, *Break Event Point* (BEP) adalah 35%, *Internal Rate of Return* (IRR) adalah 22,74%, dan *Payback Period* (PBP) pabrik selama 2,75 tahun. Oleh karena itu, berdasarkan evaluasi

analisis ekonomi pabrik ini dapat dilanjutkan ke tahap perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, D. R and Buzzard, J. L., (2003), A Novel Process for Furfural Production Proceedings of the south African Chemical Engineering.
- Brownell E. Lliyid & Edwin H. Young (1959). Process Equipment Design. New York: JohnWilley & Son's, inc.
- Erwinsyah, Kardiansyah, T., Afriani, dan Masriani, R. 2015. Produksi Kotak Karton Gelombang dari Tandan Kosong Sawit Skala Pabrik. Prosiding Goenadi, H. (2006). *Developing Technology for Biodescomposition on Fresh Solid Wastes of Plantation Crops Under Tropical Conditions* (No. L- 0615). IPB Press.
- Goenadi, H. dan Herman. (1999). Manfaat dan Prospek Pengembangan Industri Pupuk Hayati di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Dep. Pertanian*, 18(3), 91-97.
- Kunii, D., & Levenspiel, O. (2013). *Fluidization engineering*. Elsevier.
- Purwito dan Anita, F., (2005), Pemanfaatan Limbah Sawit dan Asbuton untuk Bahan Pencegah Serangan Rayap Tanah, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1999, Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter, M.S., Timmerhouse, K.D, And West, R.E. (2003). Plant Design and Economic for Chemical Engineering. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- Ulrich, G.D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Vatavuk, W. M., (2002). Updating The CE Plant Cost Index: Engineering

Practice. Post at http://www.chemengonline.com/Assets/File/CEPCI_2002.pdf (Diakses pada 9 Desember 2020).

Wijarnako, A., Witono, J, A dan Wiguna, M, S, (2006), Tinjauan Komprehensif Perancangan Awal Pabrik Furfural Berbasis Ampas Tebu di Indonesia, Komunitas Migas Indonesia.

Witono, J. A. (2005), "Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia", Post at http://chem-is-try.org/artikel-ilmiah-kimia/teknologi_tepat_guna/produksi_furfural_dan_turunannya_alternatif_peningkatan_nilai_tambah_ampas_tebu_indonesia. (Diakses tanggal 29 November 2020)