

**PRARANCANGAN PABRIK FURFURAL DARI TANDAN KOSONG SAWIT  
KAPASITAS 6000 TON/TAHUN DENGAN DISAIN ALAT UTAMA  
REAKTOR FLUIDIZED BED**

**Ahmad Pratama<sup>1)</sup>, Said Zul Amraini<sup>2)</sup>**

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 : achmadprtm17@gmail.com

**ABSTRAK**

*Furfural needs in the country is increasing along with the development of industries such as paint industry, oil, pharmaceuticals, plastics and also polymer industry. Indonesia's furfural needs to date still rely on imports from other countries. Furfural is commonly produced using agricultural waste containing pentosan, such as rice husks, corn cobs, wood, hemp, cane pulp, empty fruit bunches and other sources containing fiber. Indonesia is a resource-rich country that has the potential to produce raw materials for fufural production, one of which is empty fruit bunches with a pentosan content of 25.90%. The amount of waste of empty fruit bunches throughout Indonesia in 2004 has reached 18.2 million tons. The process of making furfural with Supra yield process takes place in a solid-gas phase batch reactor, at a temperature of 206°C and a pressure of 18 atm where the hemicellulose in biomass is converted through 2 reaction stages, hydrolysis and dehydration. The conversion process with a reaction time of 15-20 minutes and using sulfuric acid catalysts as much as 3% of the feed mass. The design result was obtained reactor with a height of 26.05 m and diameter of 6.25 m and equipped with internal cyclone as separator between solid particles attached to the gas product. The evaluation of the factory design economic analysis shows that the factory is eligible to be established with the factory's Return On Investment (ROI) of 26.65%, the Break Event Point (BEP) is 35%, the Internal Rate of Return (IRR) is 22.74%, and the factory Payback Period (PBP) is 2.75 years.*

**Keywords:** Batch Reactor, Furfural, Pentosan, Suprayield

## 1. PENDAHULUAN

Berkembang pesatnya industri industri seperti industri minyak bumi dan nabati, cat, pernis, plastik, serat sintesis, farmasi, serta herbisida memerlukan kehadiran Fufural. Furfural banyak digunakan dalam industri kimia sebagai bahan pembentuk resin cetak, sebagai senyawa *intermediet* pada pembuatan *pyrole*, *pyrolidine* dan *pyridin*, sebagai bahan baku pembuatan senyawa furan lain seperti *furfuryl alcohol*, sebagai pelarut (*solvent*) dalam industri pemurnian minyak pelumas, minyak nabati dan hewani, resin

dan *wax*. Kebutuhan Furfural di Indonesia masih impor, dengan didirikannya pabrik Furfural akan menjadi implementasi pengurangan nilai impor dan menghemat devisa negara. Pendirian pabrik Furfural akan meningkatkan daya saing industri hilir Indonesia, memenuhi kebutuhan dalam negeri bahkan untuk ekspor ke luar negeri serta penerapan kebijakan pemerintah dalam pemanfaatan limbah pertanian.

Hingga saat ini kebutuhan fufural di Indonesia masih mengimpor dari negara-negara Eropa seperti, Amerika, Perancis,

Finlandia, Argentina, Italia, Spanyol, Hungaria, Jepang, dan Cina. Diketahui bahwa hanya terdapat satu negara di ASEAN yang memproduksi fufural, yaitu Thailand. Fufural lazim diproduksi menggunakan limbah pertanian, seperti sekam padi, tongkol jagung, kayu, rami, ampas tebu, tandan kosong sawit dan sumber lainnya yang mengandung lignoselulosa. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya yang berpotensi sebagai penghasil bahan baku untuk produksi fufural.

Tandan kosong sawit yang merupakan limbah hasil pengolahan CPO dapat dimanfaatkan dengan sistem *edit value* sehingga bernilai ekonomis yang tinggi. Tandan kosong sawit mengandung lignin sebesar 22,60%,  $\alpha$ -selulosa 45,80%, pentosan 25,90%, abu 1,60%, dan air 4,1% (Purwito dan Anita, 2005). Dengan kandungan pentosan yang cukup tinggi, tandan kosong sawit berpotensi diolah sebagai bahan baku pembuatan fufural, melalui proses hidrolisis pentosan.

Jumlah limbah tandan kosong seluruh Indonesia pada tahun 2004 sudah mencapai 18,2 juta ton (Goenadi, 2006). 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 (Yoshizaki et al., 2013).

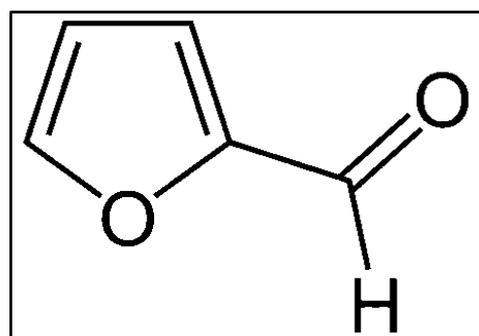
## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Furfural

Furfural berasal dari kata latin *furfur* merupakan suatu senyawa yang mengandung cincin furan dengan satu atom O. Furfural adalah senyawa aldehyd dengan rumus molekul  $C_5H_4O_2$  yang merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase 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 sintesis, 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%,  $\alpha$ -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 <sup>3</sup>
Panjang serat rerata	1-2 mm
Diameter serat rata rata	14,34-16,89 $\mu$ m

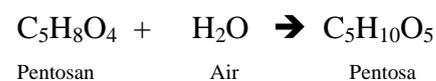
(Sumber: Erwinsyah dkk, 2012)

## 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):

- Reaksi Hidrolisis:



- Reaksi Dehidrasi:



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.

### 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 Reaktor *Fluidized Bed*

Reaktor *Fluidized Bed* berfungsi untuk mengkonversi pentosan yang terkandung dalam biomassa tandan kosong sawit membentuk furfural. Pembentukan furfural melalui dua reaksi yang terjadi secara simultan, yaitu reaksi hidrolisis dan dehidrasi. Reaksi yang terjadi dalam reaktor berupa fasa padat-gas. Dimana nantinya furfural yang dihasilkan merupakan *top* produk berfasa gas serta *slurry* tandan kosong, asam sulfat dan air sebagai *bottom* produknya. Perancangan reaktor fluidized bed dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

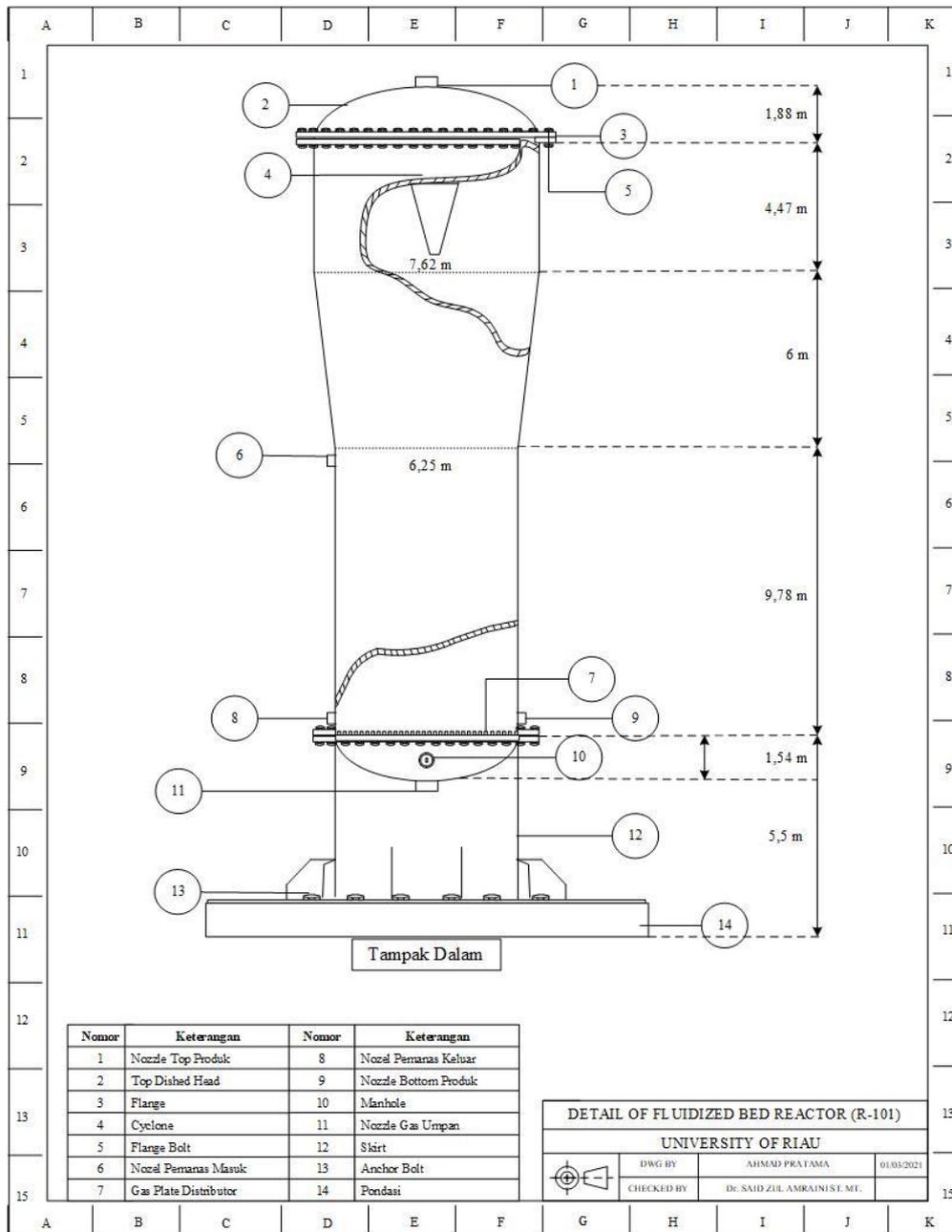
1. Menentukan tipe reaktor sesuai kondisi proses
2. Pemilihan kondisi operasi yang diperlukan (*batch* atau *continue*)
3. Menghitung kinetika reaksi
4. Menentukan bahan konstruksi reaktor
5. Merancang dimensi reaktor
6. Merancang *gas plate distributor*
7. Merancang *Internal Cyclone* Reaktor

Adapun hasil perancangan reaktor *fluidized bed* dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Spesifikasi Reaktor

<b>Reaktor</b> <i>Fluidized Bed</i>	Kode Alat: R-101
	Fungsi : Mengkonversi Pentosan menjadi Furfural
<b>DATA IDENTIFIKASI</b>	
Jenis Operasi	<i>Batch</i>
Waktu <i>Batch</i> ( <i>Cycle Time</i> )	3 Jam
Tipe	<i>Bubling Fluidized Bed</i>
<b>KONDISI OPERASI</b>	
Tekanan Operasi (atm)	18
Suhu Operasi (K)	480
Laju alir umpan (kg/jam)	14760,35
Laju alir <i>top</i> produk (kg/jam)	8254,67
Laju alir <i>bottom</i> produk (kg/jam)	6505,68
<b>MATERIAL DAN DISAIN</b>	
<b>SHELL</b>	
Zona Reaksi	
Diameter (m)	6,25
Tekanan Desain (atm)	20,7
Tinggi (m)	9,78
Material	<i>Carbon Steel SA-357</i>
Tebal <i>shell</i> (in)	1,25
Tinggi <i>bed</i> (m)	9,4
<i>Freeboard</i>	
Diameter <i>top side</i> (m)	7,62
Diameter <i>bottom side</i> (m)	6,25
Tekanan Desain (atm)	20,7
Tebal (in)	1,25
Tinggi (m)	6
<i>Expanded Section</i>	
Diameter (m)	7,62
Tekanan Desain (atm)	20,7
Tinggi (m)	4,47
Tebal <i>shell</i> (in)	1,625
<b>HEAD</b>	
Tipe <i>head and bottom</i>	<i>Elliptical flanged and dished head</i>
Tinggi <i>top head</i> (m)	1,88
Tebal <i>top head</i> (in)	2
Tinggi <i>bottom head</i> (m)	1,54
Tebal <i>bottom head</i> (in)	2
Tinggi total reaktor (m)	26,05
<b>GAS PLATE DISTRIBUTOR</b>	
Kecepatan Gas melalui <i>Orifice</i> ( $U_{or}$ )	13,46 cm
Diameter <i>Orifice</i> ( $D_{or}$ )	0,15 cm
Jumlah Lubang ( $N_{or}$ )	611 lubang
<b>INTERNAL CYCLONE</b>	
Diameter <i>internal cyclone</i> (m)	1,53
Tinggi <i>internal cyclone</i> (m)	3,45

Adapun bentuk disain dari Reaktor *Fluidized Bed* dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut ini :



**Gambar 4.1** Detail Reaktor *Fluidized Bed*

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

**Tabel 4.2** Spesifikasi Pipa dan *Nozzle*

Ukuran Pipa dan <i>Nozzle</i>	
Pipa <i>Feed Steam</i> , NPS	12 in
Pipa Produk Atas, NPS	12 in
Pipa Produk Bawah, NPS	4 in
Pipa Pemanas, NPS	3 in

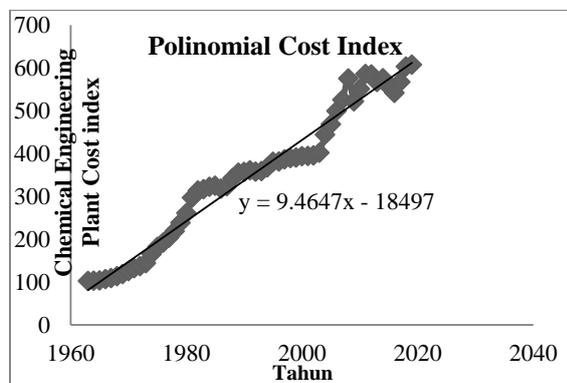
**Tabel 4.3** Spesifikasi *Anchor Bolt* dan *Base Ring*

<i>Anchor Bolt dan Base Ring</i>	
Material <i>Anchor Bolt</i>	SA-193 Grade 7
<i>Maximum Tension</i>	4489 lb/in
Diameter Lingkaran <i>Bolt</i>	140 in
Ukuran <i>Bolt</i>	3 in
Jumlah baut	24 buah
Material <i>Base Ring</i>	ANSI B16.5 <i>Carbon steel</i>
Max. Kompresi (Pc)	1012 lb/lin.in
Tebal <i>base ring</i>	2,25 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 index* 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
<b>MANUFACTURING COST</b>		
<b>a) DIRECT MANUFACTURING COST (DMC)</b>		
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	
<b>TOTAL DMC</b>	<b>Rp 256,841,949,694</b>	

<b>b) FIXED MANUFACTURING COST (FMC)</b>		
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
<b>TOTAL FMC</b>	<b>Rp 56,265,888,893</b>	
<b>c) PLANT OVERHEAD COST (POC)</b>		
POC	50% x GK+MR	Rp21,210,913,398
<b>Total MC</b>	<b>Rp334,318,751,985</b>	
<b>GENERAL EXPENSES (GE)</b>		
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
<b>Total GE</b>	<b>Rp54,423,982,881</b>	

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

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

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

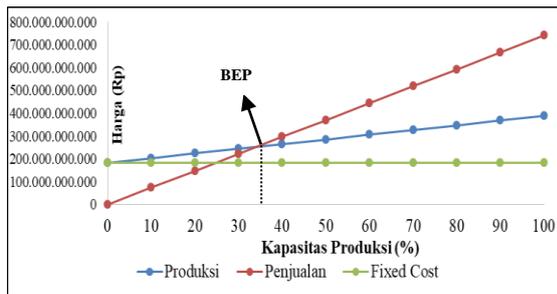
TPC

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

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

e. *Break Event Point* (BEP)

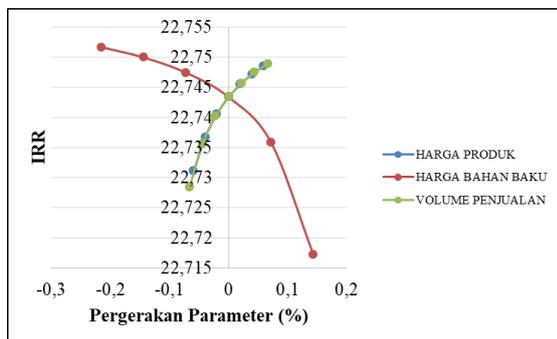
BEP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknnya, pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian. Titik impas pendapatan dan biaya produksi yang diperoleh dari kapasitas produksi. Pada pendirian pabrik ini pabrik akan mengalami keuntungan setelah pabrik 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

Reaktor *Fluidized Bed* digunakan untuk mengkonversi kandungan pentosan dalam biomassa berbasis tandan kosong sawit menjadi furfural. Reaktor pada perancangan ini memiliki tinggi 26,05 m dan diameter 6,25 m serta dilengkapi dengan *internal cyclone* sebagai separator antara partikel padat yang terikut kedalam produk gas.

Evaluasi analisis ekonomi pabrik ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan *Return On Investment* (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. Llyd & Edwin H. Young (1959). Process Equipment Design. New York: John Willey & Son's, inc.
- Erwinsyah, Kardiansyah, T., Afriani, dan Masriani, R. 2015. Produksi Karton 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.
- Levenspiel, O, (1972). *Chemical Engineering Reactions*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Purwito dan Anita, F., (2005), Pemanfaatan Limbah Sawit dan Asbuton untuk Bahan Pencegah Serangan Rayap Tanah, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- 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.
- Vatavuk, W. M., (2002). Updating The CE Plant Cost Index: Engineering Practice. Post at [http://www.chemengonline.com/Assets/File/CEPCI\\_2002.pdf](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](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)
- Yoshizaki, T., Shirai, Y., Hassan, M. A., Baharuddin, A. S., Abdullah, N. M. R., Sulaiman, A., & Busu, Z. (2013). Improved economic viability of integrated biogas energy and compost production for sustainable palm oil mill management. *Journal of Cleaner Production*, 44, 1-7.