

## PRARANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA MELALUI PROSES HIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Muhammad Danan Maulana\*

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

### Abstrak

*Gliserol merupakan polyhydric alcohol  $C_6H_{12}O_6$  atau glusitol yang merupakan cairan yang berwarna putih, memiliki rasa manis, tidak berbau dan bersifat higroskopis. Senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri percetakan, makanan dan minuman seperti permen, pasta gigi, farmasi, kosmetik, tekstil dan kulit. Sorbitol dapat dibuat dari bahan baku glukosa menggunakan proses hidrogenasi katalitik menggunakan tekanan tinggi.*

*Prarancangan pabrik ini direncanakan didirikan pada tahun 2022 dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. proses pembuatan sorbitol ini dilakukan melalui proses hidrogenasi katalitik dengan katalis raney nickel yang berlangsung pada reactor bubble dengan kondisi operasi  $135^{\circ}C$  dan berlangsung secara eksotermis dengan konversi 97% pada tekanan 100 atm. Kemudian proses dilanjutkan menggunakan centrifuge untuk memisahkan Ni dari larutan. Filtrate yang dihasilkan, diumpungkan ke dalam evaporator untuk mengurangi kadar air dan hasil bawah evaporator diperoleh produk sorbitol dengan kemurnian 85%. Pabrik sorbitol ini beroperasi 330 hari kerja selama 1 tahun. Lokasi rencana didirikan pabrik yaitu didaerah Kaliwungu, Kendal dengan luas area  $29.110 m^2$ . Tenaga kerja yang diperlukan sebanyak 101 orang dengan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, Break Event Point (BEP) yang didapat sebesar 44,17% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 20,84%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik ini dinyatakan layak untuk dibangun.*

**Kata Kunci:** Sorbitol, Glukosa, Hidrogen, hidrogenasi, bubble reactor.

### 1. Pendahuluan

Sorbitol yang memiliki nama lain glusitol adalah merupakan gula alkohol yang dimetabolismekan lambat didalam tubuh. Sorbitol didapatkan melalui reduksi glukosa dengan mengubah gugus aldehyd menjadi gugus hidroksil, sehingga dikenal juga sebagai gula alkohol. Indonesia sampai dengan saat ini sudah ada beberapa pabrik yang memproduksi sorbitol. Namun dengan semakin berkembangnya industri makanan dan farmasi maka kebutuhan akan sorbitol juga semakin meningkat. Selain untuk konsumsi dalam negeri hasil produksi sorbitol juga diekspor keluar negeri.

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi di kawasan Asia dipengaruhi juga dengan besarnya konsumsi masyarakat Asia untuk kebutuhan sehari-hari seperti permen, sereal, vitamin C dan pasta gigi dengan sorbitol sebagai salah satu bahan baku pembuatannya. Meningkatnya konsumsi masyarakat berdampak pada meningkatnya permintaan akan sorbitol. Sehingga sorbitol memiliki prospek yang cukup tinggi pada saat ini baik di dalam negeri maupun diluar negeri. Karena itu diperlukan pendirian pabrik sorbitol yang baru untuk

dapat memenuhi permintaan dari dalam negeri maupun luar negeri.

Melihat dari besarnya jangkauan produk sorbitol dan adanya impor dari luar negeri. Karena konsumsi masyarakat Indonesia akan produk-produk yang berasal dari sorbitol yang semakin meningkat maka pendirian pabrik sorbitol di Indonesia sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pendirian pabrik sorbitol dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitik diharapkan menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi kebutuhan sorbitol yang terus meningkat dan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Disisi lain, perkembangan jenis industri yang menggunakan sorbitol sebagai bahan baku utama juga semakin beragam, seperti industri makanan dan farmasi. Berdasarkan keterangan tersebut pendirian pabrik sorbitol dipandang sangat strategis dengan alasan sebagai berikut :

- Dapat memenuhi kebutuhan domestik dan mengurangi impor luar negeri.
- Menghemat devisa negara dengan mengurangi impor dan menambah devisa dengan melakukan ekspor.



- c. Mendukung industri lain yang menggunakan sorbitol sebagai bahan bakunya.
- d. Meningkatkan peluang kerja sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran.
- e. Meningkatkan ekspor dan mendukung produsen sorbitol agar dapat mengikuti perkembangan sorbitol dan teknologi melalui kompetisi pasar internasional.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Seleksi Proses

Proses pembuatan sorbitol pertama kali dilakukan pada tahun 1908 dengan cara mereduksi gula dengan Natrium amalgamat dan Dielektrolisa. Selanjutnya pada tahun 1944 dikembangkan proses hidrogenasi katalitik dengan bahan baku glukosa atau sukrosa dan gas hidrogen dengan menggunakan katalis nikel. Secara komersial ada dua macam cara pembuatan sorbitol, antara lain:

#### 2.1.1 Proses Reduksi Elektrolitik

Proses ini memiliki bagian utama yang dikenal dengan “*Electrolitic Cell*” sebagai tempat reduksi D-glukosa menjadi sorbitol. Bagian ini biasanya dilengkapi dengan sumber arus yang tidak berfluktuasi. Elektroda yang digunakan adalah amalgam sebagai katoda dan timbal sebagai anodanya, sedangkan NaOH dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai larutannya. Prinsip yang digunakan adalah glukosa yang akan direduksi dan H<sub>2</sub> sebagai hasil proses elektrolisisnya. Berdasarkan proses tersebut maka akan dihasilkan sorbitol.

Dalam proses ini larutan gula dielektroda dengan menggunakan katoda Pb, Hg, Amalgamat. Gas hidrogen yang dibebaskan akan mereduksi glukosa menjadi sorbitol. Proses ini lambat, konversi rendah, dan mahal karena memerlukan banyak tenaga dan tidak dapat bersaing dengan proses lain (Faith, 1975).

#### 2.1.2. Proses Hidrogenasi Katalitik

Hidrogenasi katalitik adalah proses pembuatan sorbitol dengan cara mereaksikan gas hidrogen bertekanan tinggi dan glukosa menggunakan katalis *Raney Nickel* didalam reaktor. Gas hidrogen dimasukkan dari bagian bawah reaktor dengan cara *bubbling* dan glukosa diumpangkan dari bagian atas reaktor agar reaksi yang terjadi semakin baik.

Glukosa sebagai hasil antara tidak terdapat bebas di alam. Glukosa merupakan gugus sakarida yang paling sederhana dan dapat diperoleh dengan memecah polisakarida seperti pati. Overall yield yang dihasilkan melalui proses ini adalah sebesar 95-99%.

## 2.2 Deskripsi proses

Proses pembuatan sorbitol dari glukosa melalui proses hidrogenasi katalitik dilakukan dalam 3 tahap:

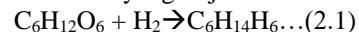
1. Persiapan bahan baku.
2. Reaksi.
3. Pemisahan produk

### 2.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) (F-110) dengan konsentrasi 50% dipompa ke *mixer* (M-130) untuk dicampur dengan katalis raney nikel (Ni) (F-120) dengan konsentrasi 2% berdasarkan berat glukosa, sehingga membentuk *slurry*. Kemudian *slurry* glukosa-nikel tersebut dipompa ke reaktor gelembung (R-210) melalui bagian atas reaktor yang sebelumnya dinaikkan suhunya menjadi 135°C oleh *heater* (E-112). Gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dari tangki penyimpanan (F-140) dinaikkan tekanannya menjadi 100 atm menggunakan kompresor (G-141), karena suhu gas hidrogen setelah dinaikkan tekanannya menjadi 178°C maka gas hidrogen didinginkan menggunakan *cooler* 1 (E-142) hingga suhunya mencapai 135°C dan setelah itu diumpangkan secara gelembung ke reaktor gelembung (R-210) melalui bagian bawah reaktor.

### 2.2.2. Tahap Reaksi

Di dalam reaktor gelembung (R-210), glukosa akan bereaksi dengan gas hidrogen dengan bantuan katalis raney nikel. Konversi reaksi pada proses ini sebesar 97% pada tekanan atmosferis. Reaksi berlangsung eksotermis, maka untuk menjaga agar suhu larutan 135°C digunakan pendingin berupa *coil*. Berikut ini adalah reaksi yang terjadi didalam reaktor:

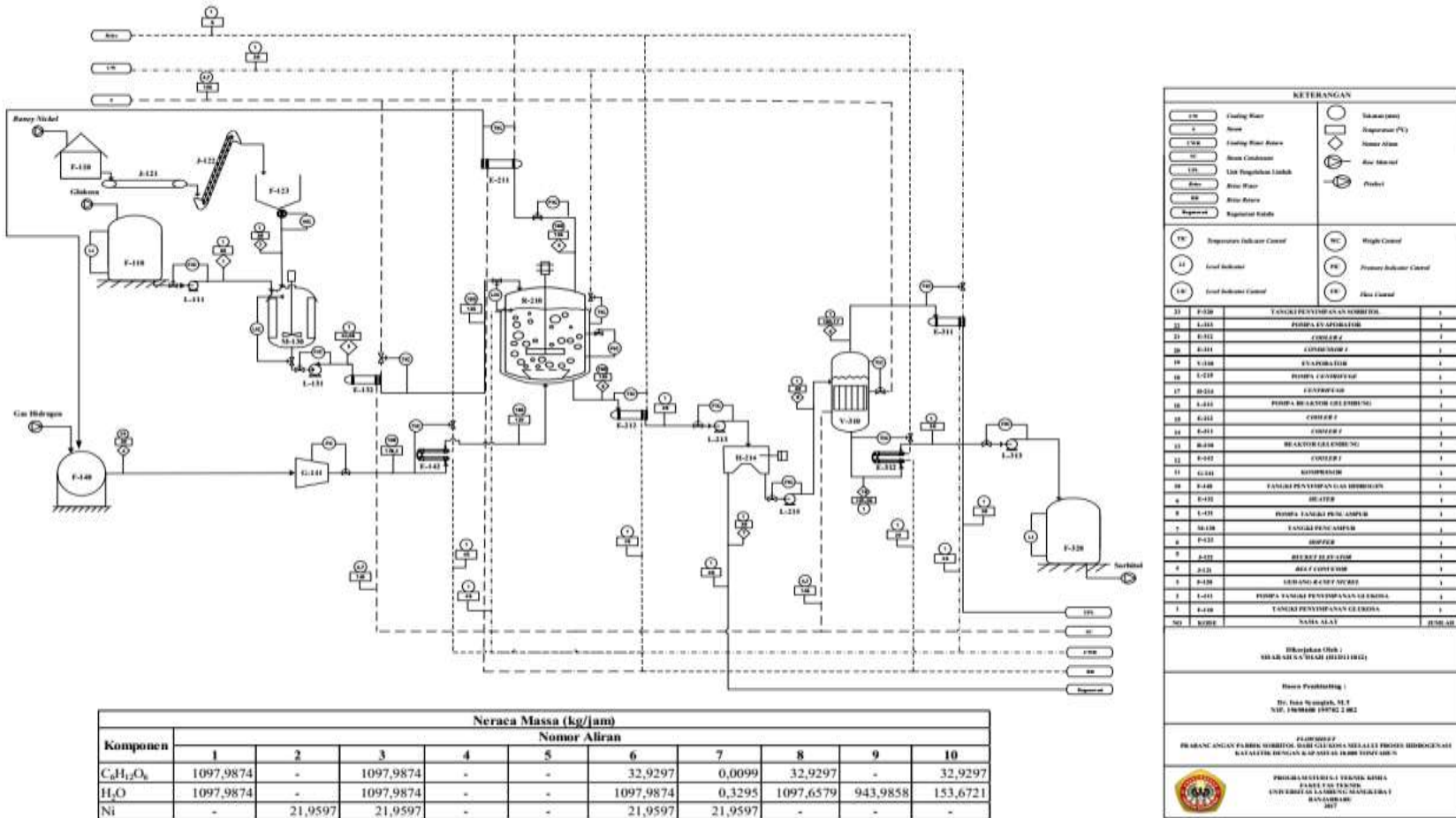


### 2.2.3. Tahap Pemurnian Produk

Keluaran reaktor gelembung (R-210) dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian atas dan bagian bawah. Keluaran bagian atas berupa gas hidrogen sisa yg *direcycle* ke tangki hidrogen. Sedangkan keluaran bagian bawah berupa larutan sorbitol, glukosa, air, dan nikel yg didinginkan menggunakan *cooler* 2 (E-212) hingga suhu mencapai 30°C kemudian dialirkan ke *centrifuge* (H-214) untuk memisahkan katalis Ni dari larutan. *Cake* yang dihasilkan dibuang ke UPL, sedangkan *filtrate* diumpangkan ke dalam evaporator (V-310) untuk menguapkan sebagian besar air dari larutan, sehingga diperoleh sorbitol dengan kemurnian 85%. Hasil atas evaporator (V-310) yang berupa air dan glukosa dibuang ke UPL yang sebelumnya dikondensatkan menggunakan kondensor (E-311). Sedangkan hasil bawah evaporator (V-310) didinginkan menggunakan *cooler* 3 (E-312) hingga suhu menjadi 30°C dan ditampung dalam tangki penampung produk sorbitol (F-320).



**PRARANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA MELALUI PROSES HIDROGENASI KATALITIK DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**



Komponen	Neraca Massa (kg/jam)									
	Nomor Aliran									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_6H_{12}O_6$	1097,9874	-	1097,9874	-	-	32,9297	0,0099	32,9297	-	32,9297
$H_2O$	1097,9874	-	1097,9874	-	-	1097,9874	0,3295	1097,6579	943,9858	153,6721
Ni	-	21,9597	21,9597	-	-	21,9597	21,9597	-	-	-
$H_2$	-	-	-	16,12	4,2	-	-	-	-	-
$C_6H_{14}O_6$	-	-	-	-	-	1076,97	0,3232	1076,97	-	1076,6424
<b>TOTAL</b>	<b>2195,9748</b>	<b>21,9597</b>	<b>2217,9345</b>	<b>16,12</b>	<b>4,2</b>	<b>2229,8468</b>	<b>22,6223</b>	<b>2207,5876</b>	<b>943,9858</b>	<b>1263,2442</b>

Gambar 1. Blok diagram proses Hidrogenasi Katalitik

### 3. Utilitas

Utilitas adalah unit penunjang utama yang digunakan untuk memperlancar jalannya proses produksi pada suatu pabrik. Oleh sebab itu, unit utilitas harus dirancang secermat mungkin agar dapat memperlancar proses produksi pada suatu pabrik. Unit utilitas berdasarkan keperluannya, meliputi unit pengolahan air, unit penyedia uap (steam), unit pembangkit listrik, unit penyedia bahan bakar dan unit pengolahan limbah.

Perkiraan kebutuhan air utilitas secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

No.	Penggunaan	Jumlah
1.	Steam	5215,2410
2.	Air Pendingin	63213,9717
3.	Sanitasi	1756,3432
<b>Total</b>		<b>70185,5560</b>

### 4. Analisa Ekonomi

Tujuan dari analisa ekonomi adalah untuk menganalisa kelayakan dari pabrik sorbitol ini. Analisa ekonomi menghitung harga peralatan apa saja yang digunakan, harga bahan baku, harga jual produk utama maupun produk samping dipasaran dan gaji para karyawan yang ada dipabrik.

Berdasarkan dari segi ekonomi, suatu pabrik dapat dikatakan sehat apabila dapat memenuhi kewajiban finansial baik kedalam maupun keluar dan dapat menghasilkan keuntungan bagi perusahaan dan pemiliknya. Kewajiban finansial kedalam antara lain berbagai macam pembiayaan proses produksi seperti bahan baku, bahan penunjang peralatan, pembayaran gaji karyawan, penyediaan piutang dagang. Sedangkan untuk kewajiban keluar adalah pembayaran pinjaman dari bank beserta bunganya.

Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk dapat menganalisa kelayakan dari pendirian pabrik serta dapat menghasilkan keuntungan adalah sebagai berikut:

- Percent Profit on Sale (POS)*
- Percent Return on Investment (ROI)*
- Pay Out Time (POT)*
- Net Present Value (NPV)*
- Interest Rate of Return (IRR)*
- Break Event Point (BEP)*
- Shut Down Point (SDP)*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum dilakukan analisa adalah sebagai berikut:

- Modal investasi/*Total Capital Investment (TCI)*
- Biaya produksi total/*Total Production Cost (TC)*
- Total penjualan
- Perkiraan rugi/laba usaha

#### 4.1 Penentuan Total Modal Investasi(TCI)

Modal investasi (*Total Capital Investment*) yaitu jumlah besarnya pengeluaran yang diperlukan untuk

membangun infrastruktur yang ada di pabrik beserta biaya operasionalnya. Modal investasi ini terdiri dari:

#### 4.1.1 Modal Infestasi Tetap/*Fixed Capital Investment (FCI)*

Modal infestasi tetap adalah modal yang diperlukan untuk menyediakan segala peralatan dan falisitas manufaktur yang ada dipabrik dan terbagi menjadi:

##### a. *Direct Plant Cost (DPC)*

Adalah biaya yang perlu dikeluarkan untuk mendirikan bangunan pabrik, pembelian dan pemasangan mesin dan perlatan yang diperlukan untuk proses beroperasinya dari suatu pabrik. Modal langsung ini terdiri dari *physical plant cost* dan *engineering and construction*.

*Physical plant cost* sendiri terbagi lagi menjadi beberapa pengeluaran yang melibatkan sebagai berikut

##### - *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Merupakan biaya pembelian alat baik alat proses maupun alat pendukung lainnya. Apabila alat yang dibeli adalah barang import, biasanya akan terkena biaya tambahan seperti biaya pengangkutan, asuransi, pajak, dan gudang.

##### - Biaya pemasangan alat (Instalansi)

Biaya pemasangan alat merupakan besaran biaya dalam pemasangan alat-alat proses maupun alat pendukung di lokasi suatu pabrik. Besarnya biaya pemasangan ini diestimasi sebesar 43% dari PEC (Aries dan Newton, 1955)

##### - Biaya pemipaan

Biaya pemipaan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian maupun pemasangan pipa pada alat-alat proses maupun alat pendukung di lokasi pabrik. Besarnya biaya pemipaan ini diestimasi sebesar 86% dari PEC (Aries dan Newton, 1955).

##### - Biaya insulasi

Biaya pemipaan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian maupun pemasangan sistem insulasi di dalam alat proses produksi maupun alat pendukung yang memerlukan insulasi. Besarnya biaya insulasi ini diestimasi sebesar 9% dari PEC (Aries dan Newton, 1955).

##### - Biaya instrumentasi alat dan kontro

Merupakan besaran biaya yang digunakan untuk melengkapi sistem proses maupun utilitas dengan suatu sistem pengendalian. Sistem pengendalian disini termasuk pembelian dan pemasangan instrumentasi dan alat-alat kontrol sesuai dengan kebutuhan.



Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 13% dari PEC (Aries dan Newton, 1955).

- Biaya instalasi listrik

Biaya instrumentasi dan alat kontrol merupakan biaya yang dipakai untuk pengadaan sarana pendukung dalam pendistribusian tenaga listrik. Biaya instalansi disini belum termasuk dengan alat penyedia listrik. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 10%-15% dari PEC (Peters dan Timmerhause, 1991).

- Biaya bangunan dan sarana

Biaya ini merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan bangunan-bangunan di dalam lingkungan pabrik, antara lain perkantoran, kantin, tempat ibadah, laboratorium, saluran air bersih, dan sanitasi.

Biaya bangunan dan sarana ini disesuaikan dengan kondisi daerah tempat didirikannya pabrik. Pada prarancangan pabrik ini biaya bangunan dan sarana diestimasi sebesar \$ 3.343.231,- per meter persegi. Untuk PEC diantara \$ 250.000 - \$ 81.000.000 total biaya bangunan dan sarana diestimasi sebesar 47% dari PEC (Aries dan Newton, 1955).

- Biaya tanah dan perataan tanah

Biaya tanah dan perataan tanah adalah biaya untuk pembelian tanah, perbaikan kondisi tanah (perataan), dan pembuatan jalan ke areal pabrik. Biaya pembelian tanah disesuaikan dengan harga pasaran di lokasi pendirian pabrik yaitu sebesar Rp 750.000,- per meter persegi. Sedangkan biaya perataan dan pembuatan tanah diestimasi sebesar 10% dari total pembelian tanah.

- *Environmental*

*Environmental Cost* adalah biaya untuk pemeliharaan kelestarian lingkungan di kawasan pabrik dan sekitarnya. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 6%-25% dari PEC (Peters dan Timmerhaus, 1991).

*Engineering and construction cost* merupakan biaya untuk keperluan *design engineering, field supervisor, temporary construction* dan *inspection*. Besarnya biaya untuk keperluan ini diestimasi sebesar 20% dari *physical plant cost* (PPC) yang sudah disebutkan diatas (Aries dan Newton, 1955).

b. *Contractor's fee* dan *contingency*

*Contractor's fee* adalah biaya yang dipakai untuk membayar kontraktor pembangun pabrik. Sedangkan *Cost of Contingency* merupakan biaya kompensasi terhadap pengeluaran yang tak terduga, perubahan proses meskipun kecil, perubahan harga dan kesalahan estimasi.

Dari hasil perhitungan diperkirakan modal investasi tetap (FCI) yang diperlukan untuk mendirikan pabrik sorbitol yang mempunyai kapasitas 30.000 ton per tahun ini adalah Rp 1.525.179.542.120,97,-

#### 4.1.2 Modal kerja/*Working Capital*(WC)

Modal kerja adalah modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Jangka waktu yang diperlukan untuk dapat melakukan pengadaan biasanya antara 1 sampai dengan 4 bulan lamanya, tergantung pada kecepatan dari hasil produksi yang diterima. Dalam perancangan ini jangka waktu pengadaan modal kerja diambil waktu selama 1 bulan. Modal kerja terdiri dari beberapa hal berikut ini:

a. Modal untuk biaya bahan baku proses dan utilitas

Biaya yang dibutuhkan untuk persediaan bahan baku, besarnya tergantung dari ketersediaan bahan baku, kecepatan konsumsi bahan baku, nilai dari bahan baku, sumber dan kebutuhan *storagenya*.

b. *In Process Inventory*

Biaya yang harus ditanggung selama bahan sedang berada dalam proses, besarnya tergantung pada lama siklus proses.

c. *Product Inventory*

Biaya yang diperlukan untuk penyimpanan produk sebelum produk tersebut dijual.

d. *Available Cash*

Adalah jumlah persediaan uang tunai yang digunakan untuk membayar material, gaji buruh dan *service*.

e. *Extended Credit*

Persediaan uang untuk menutup penjualan barang yang belum dibayar.

Dari hasil perhitungan diperoleh modal kerja (*working capital*) sebesar Rp 152.538.839.566,85,-

#### 4.1.3 *Plant Start Up*

Merupakan modal yang digunakan untuk menjalankan peralatan secara keseluruhan pertama kali. Biaya untuk *plant startup* ini sebesar Rp66.893.839.566,71,-. Dari data-data diatas dapat diketahui jumlah total modal investasi/ *Total Capital Investment* (TCI) yang diperlukan sebesar Rp1.744.612.182.899,53,-

Modal ini berasal dari :

1. Modal sendiri

Besarnya modal sendiri adalah 70% dari total modal investasi, sehingga modal sendiri sebesar Rp1.221.228.528.029,67,-

2. Pinjaman dari bank

Besarnya modal pinjaman dari bank adalah 30% dari total modal investasi, sehingga jumlah



pinjaman dari bank adalah sebesar Rp523.383.654.869,86,-

#### 4.2 Penentuan Total Biaya produksi (TPC)

Merupakan penentuan jumlah biaya yang digunakan selama pabrik beroperasi. Penentuan total biaya produksi terdiri dari:

##### 4.2.1 Manufacturing Cost (MC)

*Manufacturing Cost* (MC) terdiri dari *direct manufacturing cost*, *indirect manufacturing cost* (IMC), dan *fixed manufacturing cost* (FMC).

*Direct manufacturing cost* sendiri terdiri dari :

- Biaya Bahan Baku Proses  
Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan baku yang digunakan dalam proses produksi sampai di tempat.
- Biaya Utilitas  
Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan baku yang digunakan utilitas sampai di tempat.
- Gaji Karyawan  
Biaya yang dikeluarkan untuk membayar upah karyawan baik karyawan shift maupun non-shift.
- Perawatan / *maintenance*  
Biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan peralatan proses dan utilitas. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 8-10% dari FCI (Aries dan Newton, 1955)
- *Plant Supplies*  
biaya yang diperlukan untuk pengadaan *plant supplies*, antara lain *lubricants*, *charts*, dan *gaskets*. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 15% dari *maintenance* (Aries dan Newton, 1955)
- *Royalties and patent*, 1-5% dari harga jual produk  
Biaya paten untuk keperluan produksi selama paten berlaku. *Royalties* biasanya dibayar berdasarkan kecepatan produksi atau penjualan. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 1% dari harga jual produk (Aries dan Newton, 1955)

*Indirect manufacturing cost* (IMD) terdiri dari :

- *Payroll Overhead*  
Pengeluaran perusahaan untuk biaya pensiun, liburan yang dibayar perusahaan, asuransi, cacat jasmani akibat kerja dan keamanan. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 15-20% dari gaji karyawan (Aries dan Newton, 1955)
- Laboratorium  
Perusahaan harus mengeluarkan biaya untuk pengoperasian laboratorium karena laboratorium dibutuhkan untuk menjamin *quality control*. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 10-20% dari gaji karyawan (Aries dan Newton, 1955)
- *Plant Overhead*  
Biaya untuk *service* yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi, termasuk di dalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan

(*warehousing*) dan *engineering* (termasuk *safety* dan *protection*). Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 50-100% dari gaji karyawan (Aries dan Newton, 1955).

- *Packaging product* dan transportasi  
Biaya *packaging* adalah biaya yang diperlukan untuk pengepakan dan *Container* dari produk, jumlah biaya yang diperlukan dari sifat-sifat fisis dan kimia produk serta nilainya. Sedangkan biaya transportasi adalah biaya yang diperlukan untuk membayar pengangkutan barang produksi hingga sampai di tempat pembeli. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 4% dari harga jual produk (Aries dan Newton, 1955).

Terakhir yang termasuk dalam biaya *manufacturing cost* adalah *fixed manufacturing cost* (FMD), yang terdiri dari :

- Depresiasi  
Biaya penyusutan nilai peralatan dan gedung, besarnya diperhitungkan dari perkiraan lamanya umur pabrik. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 8-10% dari FCI (Aries dan Newton, 1955)
- *Property tax*  
Pajak *property* yang harus dibayar oleh pihak pabrik, besarnya tergantung dari lokasi dan situasi di mana *plant* tersebut berdiri. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 4% dari FCI (Aries dan Newton, 1955)
- Asuransi  
Pihak perusahaan harus mengeluarkan uang untuk membayar biaya asuransi dari pabriknya, semakin berbahaya pabrik tersebut, maka akan semakin besar biaya asuransinya. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 1% dari FCI (Aries dan Newton, 1955)

Dari hasil perhitungan didapat *total manufacturing cost* adalah Rp1.295.374.402.767,57,-

##### 4.2.2 General Expense

*General expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*. *General expense* ini terdiri dari administrasi perlengkapan kantor, *sales*, riset dan *finance*.

Biaya administrasi adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan administrasi perusahaan. Biaya ini digunakan untuk membeli peralatan kantor seperti alat tulis dan lain-lain serta biaya yang diperlukan untuk komunikasi di lingkungan perusahaan seperti telpon dan internet. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 2-3% dari harga penjualan produk (Aries dan Newton, 1955).



*Sales Expense* adalah biaya administrasi yang diperlukan dalam penjualan produk, termasuk didalamnya biaya promosi apabila produk tergolong baru. Besarnya biaya ini diestimasi sebesar 2-30% dari harga penjualan produk (Aries dan Newton, 1955).

Sedangkan biaya riset diperlukan untuk mendukung pengembangan pabrik, baik perbaikan proses maupun peningkatan kualitas produk. Untuk industri kimia biasanya mengalokasikan 2,5% dari harga penjualan produknya untuk keperluan penelitian (Aries dan Newton, 1955).

Dari hasil perhitungan (Lampiran E, Tabel E.18) didapat *total general expense* sebesar Rp224.328.536.919,32,-

Dari data-data di atas dapat diketahui total biaya produksi/*Total Production Cost* (TPC) sebesar Rp1.519.702.939.686,89,-

#### 4.3 Total Penjualan

- Hasil penjualan sorbitol  
= 3787,8788 kg/jam x 24 jam/hari x 330 hari/tahun  
x Rp 46.982,- /kg  
=Rp1.409.460.000.000,00,-  
Total harga penjualan produk:  
Rp1.409.460.000.000,00,-

#### 4.4 Perkiraan Rugi/Laba Usaha

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh data sebagai berikut:

- Rata-rata laba sebelum pajak = Rp 277.544.153.735,61
- Rata-rata laba setelah pajak = Rp 180.403.699.928,15

#### 4.5 Analisa Kelayakan

##### 4.5.1 Percent Profit on Sales (POS)

*Percent Profit on Sales* merupakan salah satu metode untuk menyatakan tingkat keuntungan/profit dari produk yang dijual. Dari hasil perhitungan pada Lampiran E.4 diperoleh sebagai berikut :

- POS sebelum pajak = 14%
- POS setelah pajak = 9%

##### 4.5.2 Percent Return On Investment (ROI)

*Return on investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh data sebagai berikut:

- ROI sebelum pajak = 18,20%
- ROI setelah pajak = 11,83%

##### 4.5.3 Pay Out Time (POT)

*Pay out time* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa

lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh data sebagai berikut:

- POT sebelum pajak = 3,82 tahun
- POT setelah pajak = 5,04 tahun

##### 4.5.4 Net Present Value (NPV)

*Net present value* merupakan salah satu metode yang termasuk kedalam kategori *discounted cash flow* menganut nilai waktu dan *proceeds* selama total usia dari proyek. Karena menganut nilai waktu maka nilai arus kas selama masa manfaat di-*present value*-kan kemudian jumlah total dari *present value* ini dikurangi dengan investasi awal.

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh data sebagai berikut:

- Nilai sekarang dari arus kas = Rp 2.030.029.541.656,89
- Investasi awal = Rp 1.744.612.182.899,53
- *Net Present Value* (NPV) = Rp 285.417.358.757,37
- Ratio = 1,1636

NPV pada suku bunga yang ditetapkan bernilai positif, sehingga dari metode ini investasi yang dilakukan adalah layak.

##### 4.5.5 Interest Rate of Return (IRR)

*Interest rate of return* menurut *discounted cash flow* merupakan tingkat bunga tertentu dimana seluruh hasil pendapatan dari masa yang akan datang digunakan untuk menutup seluruh pengeluaran dari modal. Dapat menggunakan cara trial and error yang merupakan laju bunga sehingga dapat memenuhi persamaan berikut ini:

$$\sum \frac{CF}{(1+i)^n} = \text{total modal akhir selama masa konstruksi}$$

Dimana:

n = Tahun

CF = Cash flow pada tahun ke-n

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *i* sebesar 12,15 % per tahun. Harga *i* yang didapatkan lebih besar daripada harga *i* yang digunakan sebagai pinjaman modal pada bank. Ini menunjukkan bahwa pabrik sorbitol ini layak untuk didirikan karena memiliki tingkatan bunga bank sebesar 10% pertahun..

##### 4.5.6 Break Event Point (BEP)

*Break event Point* merupakan suatu titik yang menunjukkan tingkatan untuk besaran biaya dan pendapatan yang memiliki jumlah yang sama. Berdasarkan hasil dari break event point kita dapat menentukan berapa jumlah minimum harga dari produk dan jumlah produk yang diperlukan bisa mendapatkan keuntungan .

Dari hasil perhitungan pada lampiran E diperoleh BEP = 44,17%



## 4.5.7 Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* merupakan suatu titik yang dapat menunjukkan saat untuk menghentikan aktivitas produksi. Yang menjadi penyebabnya adalah variable cost yang terlalu besar, atau dapat juga disebabkan oleh keputusan dari manajemen karena aktifitas produksi yang tidak efisien (tidak bisa menghasilkan keuntungan). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka didapatkan hasil sebesar:

$$\text{SDP} = 20,84\%$$

Menurut hasil analisa ekonomi dan pada teknik yang digunakan untuk prarancangan pabrik sorbitol dari glukosa dan hidrogen yang memiliki kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut ini:

1. Pabrik ini menarik untuk dikaji lebih lanjut dengan beberapa pertimbangan, salah satunya yang paling potensial yaitu tinjauan dari segi pemasaran, sorbitol yang merupakan salah satu bahan baku produksi dari industri pangan, kosmetik dan juga farmasi seperti permen, vitamin C, pasta gigi, kosmetik, industri tekstil dan kulit.
2. Dari sudut pandang bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik sorbitol di Kaliwungu, Kendal bisa dibidang menguntungkan karena memiliki kemudahan dalam hal mendapatkan bahan baku, pemasaran, tenaga kerja, fasilitas transportasi, dan ketersediaan utilitas.

## Referensi

- Badan Pusat Statistik 2012. *Data Import-Ekspor 2007-2014*. <https://www.bps.go.id>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Calorie Control Council. 2004. *Reduced Calorie Sweeteners: Sorbitol*.  
<http://www.caloriecontrol.org>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. Standar Kualitas Air Bersih.
- Faith, Keyes and Clark., 1955, "Industrial Chemical" edisi ke-4, John Wiley and Sons, inc., New York.
- Foust, Alan S, Leonard A.W, Curtis W.C, Louis M and L. Bryce Andersen. 1980. *Principles of Unit Operation Second Edition*. USA: John Willey and Sons.

3. Hasil evaluasi ekonomi pabrik sorbitol dari glukosa dan hidrogen dengan kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

– Rata-rata laba sebelum pajak =	Rp 277.697.568.815,61
– Rata-rata laba sesudah pajak =	Rp 180.503.419.730,15
– ROI sebelum pajak	= 18,20 %
– ROI setelah pajak	= 11,84 %
– POT sebelum pajak	= 3,82 tahun
– POT setelah pajak	= 5,04 tahun
– <i>Net Present Value</i> (NPV) =	Rp 286.035.438.152,63
– IRR ( <i>Interest Rate of Return</i> ) = $i$	= 12,16%
– BEP ( <i>Break Even Point</i> )	= 44,16%
– SDP ( <i>Shut Down Point</i> )	= 20,83%

Berdasarkan hasil analisa ekonomi yang didapatkan maka bisa diambil kesimpulan bahwa prarancangan pabrik sorbitol dari glukosa dan hidrogen dengan proses hidrogenasi katalitik dengan kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji ulang untuk didirikan.

- Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Habibana. 2014. *Glukosa*.  
<http://habibana.staff.ub.ac.id>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Hellen Kartika. 2014. *Pra Desain Pabrik Sorbitol dari Tepung Tapioka dengan Hidrogenasi Katalitik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hidayanti. 2012. *Pengertian Sorbitol dan Apa Dampak yang Ditimbulkan?*  
<http://www.Mafia.mafiaol.com>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Ilmukimia. 2013. *Glukosa*.  
<http://www.ilmukimia.org>  
Diakes pada 13 Maret 2017.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Keyes, D. B., R. L Clark and W. L Faith. 1965. *Industrial Chemical*. New York: 3rd ep wiley.







- Kirk and Othmer. 1960. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
- Kirk and Othmer. 1964. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
- Kirk and Othmer. 1997. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
- MSDS. 2000. *Material Safety Data Sheet Nickel*.  
<http://www.arl.bilkent.edu.tr>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Neni Muliawati. 2011. *Hidrogen sebagai Bahan Bakar Masa Depan*.  
<http://wanibesak.files.wordpress.com>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Othmer K. 1998. *Encyclopedia Of Chemical Technology Fourth Edition*.  
New York: Encylopedia Inc.
- Perry, R.H. dan Green, D.W., 1950, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 3 rd edition, McGraw Hill Book Company, Tokyo
- Perry, Robert H and Don W Green. 1997. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Thomas Indarto. 2007. *Pengaruh Penggantian Sirup Glukosa*. Unika Widya Mandala. Surabaya
- Timmerhaus, Klaus D and Max S.P. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation Third Edition*. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Timmerhaus, Klaus D and Max S.P. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- Vogel, A. I. 1989. *A Text-book of Practical Organic Chemistry Including Qualitative Organik Aalysis*. Longman Group Limited. London.
- Walas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. USA: Buterworth-Heineman.
- Wellyan M. 2013. *Sorbitol, Pengganti Gula*.  
<http://www.apoteker.info>  
Diakses pada 13 Maret 2017.
- Yoga Suro. 2012. *Sintesis Manitol dari Fruktosa dengan Katalis Raney Nikel*.  
<http://lib.ui.ac.id>  
Diakses pada 13 Maret 2017.



