

Pra Desain Pabrik Sorbitol dari Tepung Tapioka dengan Hidrogenasi Katalitik

Hellen Kartika Dewi, Debra Arlin Puspasari, dan Arief Widjaja
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: arief_w@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Sorbitol yang dikenal juga sebagai glusitol, adalah suatu gula alkohol yang dimetabolisme lambat di dalam tubuh. Sorbitol banyak digunakan sebagai bahan baku untuk industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetika, farmasi, vitamin C, termasuk industri tekstil dan kulit. Pembuatan sorbitol dari bahan baku tepung tapioka. Pabrik sorbitol ini direncanakan akan didirikan di Propinsi Jawa Tengah tepatnya di Kabupaten Batang dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun. Proses produksi Sorbitol menggunakan proses hidrogenasi katalitik. Pembuatan sorbitol dari bahan baku pati melalui dua tahap proses utama yaitu proses perubahan starch menjadi glukosa melalui hidrolisa double enzym. Enzim yang digunakan yaitu α -amylase dan glukosamylase. Proses hidrogenasi katalitik dilakukan dengan mereaksikan larutan dekstrose dan gas hidrogen bertekanan tinggi dengan menambahkan katalis nikel dalam reaktor (Reaktor Hidrogenasi). Gas hidrogen masuk dari bawah reaktor secara bubbling dan larutan dekstrose diumpangkan dari atas reaktor sehingga kontak yang terjadi semakin baik. Sorbitol yang di hasilkan dalam pradesain pabrik sorbitol ini dengan konsentrasi 58,2%. Pendirian pabrik sorbitol memerlukan biaya investasi modal tetap (fixed capital) sebesar Rp 168.801.192.952, modal kerja (working capital) Rp 29.788.445.815, investasi total Rp 198.589.638.767, Biaya produksi per tahun Rp 368.832.813.809 dan hasil penjualan per tahun Rp 540.000.078.750. Dari analisa ekonomi didapatkan BEP sebesar 26,32%. ROI sesudah pajak 48,5 %, POT sesudah pajak 2,14 tahun. Dari segi teknis dan ekonomis, pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci—*Hidrogenasi Katalitik, Sorbitol, Tepung Tapioka, Analisa Ekonomi*

I. PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan pokok masyarakat dunia adalah gula. Besarnya peran gula dalam dunia mendorong munculnya gula-gula alternatif sebagai bahan pemanis buatan. Berdasarkan proses produksi dikenal suatu jenis yaitu sintesis dan natural. Pemanis sintesis dihasilkan dari proses kimia, contohnya gula siklamat, aspartam, alimat, dan sakarin. Pemanis natural dihasilkan dari proses ekstraksi atau isolasi dari tanaman dan buah secara enzimatis, contohnya sukrosa, glukosa, fruktosa, sorbitol, manitol, dan isomalt.

Sorbitol yang dikenal juga sebagai glusitol, adalah suatu gula alkohol yang dimetabolisme lambat di dalam tubuh. Sorbitol diperoleh dari reduksi glukosa, mengubah gugus aldehid menjadi gugus hidroksil, sehingga dinamakan gula alcohol [1].

Di Indonesia sampai saat ini sudah terdapat beberapa

produsen sorbitol. Namun demikian seiring berjalannya waktu perkembangan industri makanan dan farmasi begitu pesat maka kebutuhan akan sorbitol juga meningkat. Produksi sorbitol dalam negeri selain untuk kebutuhan domestik juga sebagian besar untuk diekspor.

Produsen terbesar di Asia Pasifik adalah PT. Sorini Argo Asia Corporindo, yang juga merupakan produsen sorbitol terbesar kedua di dunia setelah Roquette Freres, Perancis. PT. Sorini mendistribusikan produknya ke MNC seperti Unilever, P&G, dan Colgate-Palmolive. PT. Sorini mampu mendistribusikan produknya sebesar 45% untuk pangsa pasar Asia Pasifik (kecuali Jepang), 30% di Jepang, 10% di Afrika, 7% Timur Tengah dan Eropa, dan 8% di Jepang. Di Indonesia sampai saat ini sudah terdapat beberapa produsen sorbitol seiring perkembangan industri makanan dan farmasi.

Sorbitol dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, industri tapioka yang berada di Provinsi Lampung terutama yang berada di Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2003 memiliki 38,964 hektar lahan penanaman singkong yang menghasilkan 592.358 ton singkong dan memiliki 31 perusahaan besar yang terdaftar di dinas pertanian disamping puluhan perusahaan menengah kecil yang merupakan industri tapioka. Industri tapioka yang berada di Provinsi Lampung terutama yang berada di Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2003 memiliki 38,964 hektar lahan penanaman singkong yang menghasilkan 592.358 ton singkong dan memiliki 31 perusahaan besar yang terdaftar di dinas pertanian disamping puluhan perusahaan menengah kecil yang merupakan industri tapioka [2].

Tepung tapioka Indonesia sangat berpeluang untuk dikembangkan. Ketersediaan lahan dan bahan baku serta tenaga yang murah menyebabkan produk Indonesia mampu bersaing dalam harga. Dengan ini diharapkan bisa menyuplai bahan baku untuk pembuatan sorbitol secara kontinyu.

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi di kawasan Asia ditopang oleh besarnya konsumsi masyarakat Asia. Masyarakat akan tetap mengkonsumsi kebutuhan sehari-hari seperti pasta gigi, vitamin C, sereal, permen, dan lain-lain karena merupakan kebutuhan dasar, sedangkan sorbitol merupakan bahan baku pembuatan kebutuhan sehari-hari tersebut. Semakin tinggi tingkat konsumsi masyarakat maka akan berdampak pada peningkatan permintaan produk sorbitol dan turunan lainnya [4].

Melihat dari besarnya pasar yang bisa dicakup oleh sorbitol dan juga adanya sorbitol yang diimpor dari luar negeri.

Sehingga pabrik sorbitol masih memiliki prospek yang bagus baik dalam negeri maupun luar negeri maka perlu didirikannya pabrik sorbitol di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan sorbitol dalam negeri dan luar negeri.

II. URAIAN PROSES

A. Seleksi Proses

Dalam perancangan pabrik sorbitol perlu dilakukan seleksi proses. Seleksi proses bertujuan untuk mendapatkan hasil maksimal dari segi ekonomi maupun produk. Pembuatan sorbitol dapat dipilih dari proses reduksi elektrolitik dan hidrogenasi katalitik.

B. Proses Produksi Sorbitol

Proses pembuatan sorbitol pada pabrik ini menggunakan proses hidrogenasi katalitik. Pembuatan sorbitol dengan hidrogenasi katalitik ini terdiri dari beberapa unit proses yaitu:

1. *Glucose Production Unit*
2. *Catalytic Hydrogenation Unit*
3. *Finishing Unit*

C. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi adalah salah satu parameter untuk pendirian suatu pabrik. Dengan analisa ekonomi dapat dilihat pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Harga peralatan untuk proses berdasarkan neraca massa dan energy. Selain itu jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik. Perhitungan Laju pengembalian modal (*rate of return*), waktu pengembalian modal (*pay out time*), titik impas (*break event point*), *i*Interest rate of return (IRR).

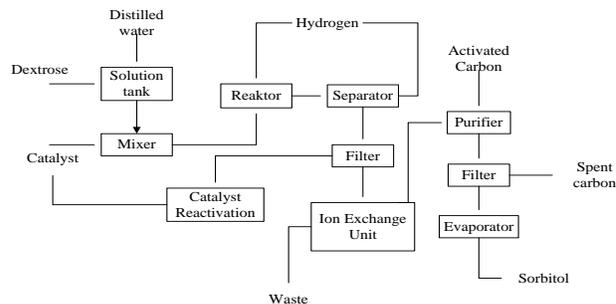
III. HASIL PERANCANGAN PABRIK SORBITOL

A. Seleksi Proses

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan proses adalah dari segi proses pembuatan produk yang meliputi bahan baku, konversi reaksi, kuantitas produk dan kualitas produk. Sedangkan dari kondisi operasi yaitu mengenai temperatur, tekanan operasi dan dari segi ekonomi yaitu mengenai investasi, ROI (*Return of Investment*) dan juga POT (*Pay Out Time*). Dari kriteria-kriteria dan uraian proses pembuatan sorbitol diatas dapat dilihat keuntungan dan kerugian dari masing-masing proses. Proses dengan reduksi elektrolitik dan hidrogenasi katalitik menggunakan bahan baku starch, konversi untuk reduksi elektrolitik 85% sedangkan hidrogenasi katalitik 95-99% [1].

Dalam hal kualitas produk reduksi elektrolitik mempunyai tahapan proses dan bahan penunjangnya lebih banyak, bahan-bahan impuritis dari hasil reaksi samping juga lebih banyak maka kemurnian sorbitol lebih rendah kondisi operasi temperatur 120-140 ° C dan tekanan 125 atm. Proses dengan hidrogenasi katalitik tahapan proses dan bahan penunjangnya lebih sedikit, bahan-bahan impuritis dari hasil reaksi samping juga lebih sedikit maka kemurnian sorbitol lebih tinggi dengan kondisi operasi temperatur 120-140 ° C dan tekanan 75 atm.

Dari segi ekonomi reduksi elektrolitik Harga dari elektroda sangat mahal, serta membutuhkan power yang besar untuk



Gambar 1. Proses pembuatan sorbitol dengan proses hidrogenasi katalitik.

proses elektrolisis, ROI rendah dan POT lambat. Untuk proses hidrogenasi katalitik bahan tambahan seperti gas hidrogen dan katalis nikel mudah dijangkau dan murah serta efektif, ROI tinggi, dan POT cepat.

Hidrogenasi katalitik, konversi reaksinya lebih besar sehingga akan diperoleh produksi yang lebih tinggi dengan basis bahan baku yang sama. Selain itu untuk proses hidrogenasi katalitik, tahapan proses dan bahan penunjangnya lebih sedikit daripada dengan reduksi elektrolitik. Sehingga pada produk akan diperoleh kualitas yang lebih tinggi, karena bahan – bahan impuritis dari hasil reaksi samping lebih sedikit. Jika ditinjau dari segi ekonomi maka proses reduksi elektrolitik ini investasinya lebih besar, dimana besar kecilnya investasi ini akan mempengaruhi tinggi rendahnya ROI dan juga cepat lambatnya POT dari masing - masing proses. Sehingga dalam pemilihan proses lebih menguntungkan proses hidrogenasi katalitik dibandingkan dengan proses reduksi elektrolitik baik dari segi teknis maupun ekonomis.

B. Proses Produksi Sorbitol

Proses pembuatan sorbitol dengan hidrogenasi katalitik dilakukan dengan mereaksikan larutan dekstrosa dan gas hidrogen bertekanan tinggi dengan menggunakan katalis nikeld alam reaktor. Gas hidrogen masuk dari bagian bawah reaktor secara bubbling dan larutan dekstrosa diumpungkan dari atas reaktor sehingga kontak yang terjadi semakin baik.

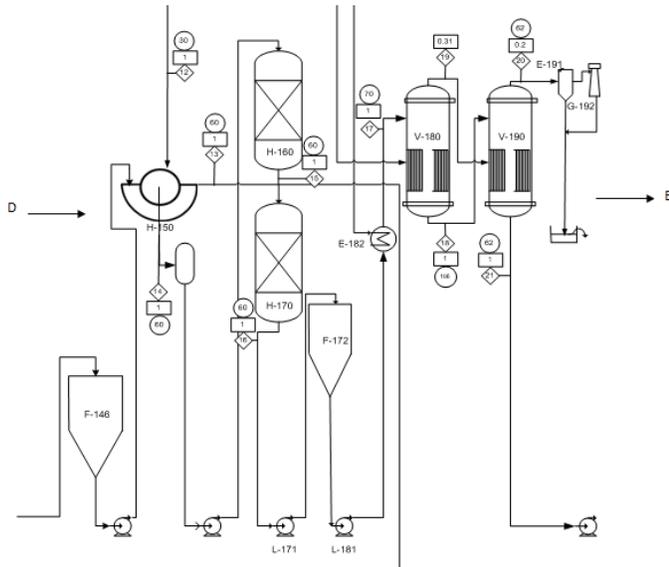
Proses ini menghasilkan overall yield 95–99%. Secara keseluruhan proses pembuatannya dapat dilihat pada gambar 1 [1]:

Pembuatan sorbitol dengan hidrogenasi katalitik ini terdiri dari beberapa unit proses yaitu:

1. *Glucose Production Unit*
2. *Catalytic Hydrogenation Unit*
3. *Finishing Unit*

1. *Glucose Production Unit*

Pada unit ini bahan baku mengalami proses gelatinasi. Tepung tapioka dari gudang bahan baku F-111 dengan kadar air 7,8% diangkut dengan menggunakan *pneumatic conveyor* J-112 menuju *mixing tank* M-110. Pada proses ini, tepung tapioka dicampur dengan CaCl_2 yang telah dilarutkan dalam larutan pengencer (air) sehingga menghasilkan suspensi pati 35%. Larutan CaCl_2 berasal dari tangki F-113 dengan konsentrasi 400 ppm. Fungsi dari penambahan CaCl_2 adalah untuk menjaga stabilitas enzim. Pada saat enzim memiliki



Gambar 4. Unit Proses Pemurnian Glukosa

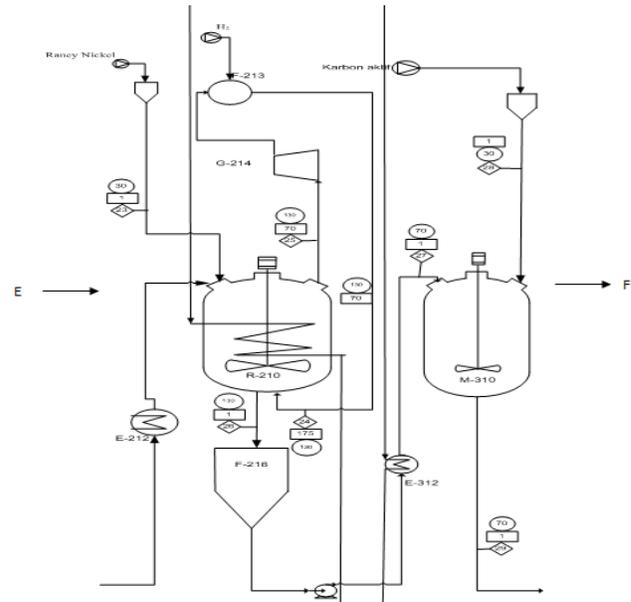
a) Proses Pemurnian Glukosa

Sirup glukosa masuk ke *rotary vacuum filter* H-150 untuk memisahkan padatan yang ada di dalam larutan dekstrosa. Padatan tersebut dapat berupa serat. Air pencuci berupa filtrat hasil penyaringan *rotary vacuum filter* sebelumnya dengan perbandingan 15% dari berat filtrat. *Rotary vacuum filter* H-150 dilengkapi dengan pompa vakum G-152 untuk membuat bagian dalam alat menjadi vakum sehingga filtrat akan tertarik ke bagian dalam sehingga berkumpul menjadi filtrat. Dari *rotary vacuum filter*, sirup glukosa dipompa oleh L-161 menuju kation exchanger H-160 untuk menukar ion positif yang berasal dari CaCl₂ dan kemudian menuju ke anion exchanger H-170 untuk menukar ion negatif yang berasal dari HCl. HCl harus dihilangkan sebelum masuk ke evaporator karena korosif dan mengganggu proses pemurnian sirup glukosa.

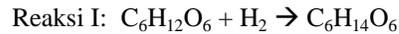
Sirup glukosa dipompa oleh L-171 menuju penampung F-172. Selanjutnya dipompa oleh L-181 menuju preheater E-182 sebelum masuk ke evaporator double effect V-180 dan V-190. Suhu masuk E-182 adalah sebesar 60°C dan keluar pada suhu 70°C. Evaporator V-180 bertekanan 233,7 mmHg, sedangkan V-190 bertekanan 149,8 mmHg. Diharapkan keluaran dari evaporator ini adalah sirup glukosa dengan konsentrasi 50% glukosa. Sirup glukosa dipompa L-211 menuju preheater E-212 kemudian diumpankan ke R-210. Suhu masuk E-212 adalah sebesar 62,15 °C dan keluar pada suhu 75 °C.

2. Catalytic Hydrogenation Unit

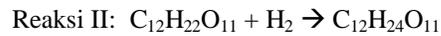
Di unit ini adalah yang paling menentukan dari keseluruhan proses produksi dimana terjadi reaksi antara sirup glukosa dengan gas H₂ menghasilkan produk utama sorbitol dan produk samping maltitol. Reaksi ini dinamakan reaksi hidrogenasi katalitik karena dalam proses yang terjadi di reaktor ini, menggunakan bantuan katalis Raney Nickel. Sirup glukosa 50% dari evaporator dipompa L-211 menuju preheater E-212 kemudian diumpankan ke R-210 pada suhu 130°C. Reaksi yang terjadi yaitu:



Gambar 5. Catalytic Hydrogenation Unit



Dekstrosa Sorbitol



Maltosa Maltitol

Kondisi operasi pada reaktor ini adalah pada temperatur 130°C, tekanan 70 atm, serta waktu tinggal di dalam reaktor 3 jam dengan penambahan H₂ bertekanan 175 atm dan katalis Raney Nickel 2% dari glukosa yang masuk. Sisa gas H₂ yang keluar reaktor dikompresi dengan kompresor G-214 untuk dikembalikan ke penampung F-213. Produk keluar menuju tangki F-216 sehingga suhunya dijaga 70°C dan kemudian dipompa oleh L-311 menuju ke tangki adsorpsi M-310 untuk proses purifikasi sorbitol.

3. Finishing Unit

Pada unit ini terjadi beberapa proses pemurnian, yaitu :

a. Adsorpsi oleh Karbon Aktif

Tujuan dari adsorpsi oleh karbon ini adalah untuk menyerap warna yang ditimbulkan dari proses sebelumnya, sehingga diperoleh sorbitol yang lebih jernih. Produk dari tangki F-216 dipompa oleh L-311 melewati E-312 menuju ke tangki adsorpsi M-310 dengan penambahan karbon aktif dari tangki F-313. Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran 125 mesh dengan massa jenis 0,2-0,6 gram/mL. Karbon aktif yang digunakan berupa serbuk agar menghasilkan proses penyerapan yang baik. Kebutuhan karbon aktif yaitu 10-15 kg/1000 kg sorbitol. Kondisi operasi pada alat ini yaitu pada tekanan atmosferik dengan suhu 70°C. Waktu tinggal dalam tangki adsorpsi ini adalah 1 jam.

b. Filtrasi

Tujuan dari filtrasi adalah untuk memisahkan padatan berupa Raney Nickel dan karbon aktif yang terikat pada proses sebelumnya. Karena zat yang akan dipisahkan berupa padatan dapat menggunakan *rotary vacuum filter*. Produk dari tangki M-310 dipompa oleh L-321 menuju *rotary vacuum filter* H-320. Cake dari *rotary vacuum filter* akan diolah untuk

dipakai kembali dengan perlakuan lanjutan dengan memisahkan antara katalis dan karbon aktif. Karbon aktif dapat dibuang sebagai limbah dan katalis Raney Nickel dapat digunakan kembali. Sedangkan filtrat yang berupa sorbitol dan maltitol masuk ke kation exchanger dengan dibantu pompa L-331. Waktu yang dibutuhkan untuk proses filtrasi ini adalah 3 jam.

c. Kation Exchange

Tujuan dari kation exchange adalah menghilangkan ion-ion positif yang terkandung dalam larutan. Pada kation exchanger H-330 bertujuan untuk menghilangkan ion positif dari sisa Al_2O_3 yang masih terikat. Al_2O_3 dibawa oleh katalis Raney Nickel.

d. Evaporasi

Larutan sorbitol dari kation exchanger dipompa oleh L-341 menuju ke evaporator double effect yaitu V-340 dan V-350. Suhu masuk evaporator adalah 70 °C. Evaporator V-340 bertekanan 233,7 mmHg, sedangkan V-350 bertekanan 149,8 mmHg. Tujuan dari evaporasi tersebut adalah untuk memekatkan produk sorbitol dari 50% menjadi 70%. Kemudian produk akan ditampung pada tangki F-354.

Spesifikasi produk

Dari proses pembuatan sorbitol dengan proses hidrogenasi katalitik dilakukan perhitungan neraca massa pada setiap alat dan dihasilkan produk yang terlihat dalam Tabel 2.

Sorbitol yang di hasilkan dalam pradesain pabrik sorbitol ini dengan konsentrasi 58,2%.

C. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi adalah salah satu parameter untuk pendirian suatu pabrik. Dengan analisa ekonomi dapat dilihat pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik sorbitol adalah [3] :

1. Laju pengembalian modal (*rate of return*).
2. Waktu pengembalian modal (*pay out time*).
3. Titik impas (*break event point*).
4. *Interest rate of return* (IRR).

Untuk menentukan faktor-faktor di atas terlebih dahulu perlu diketahui :

1. *Total capital investment* (TCI)

Total capital investment diartikan sebagai jumlah modal yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

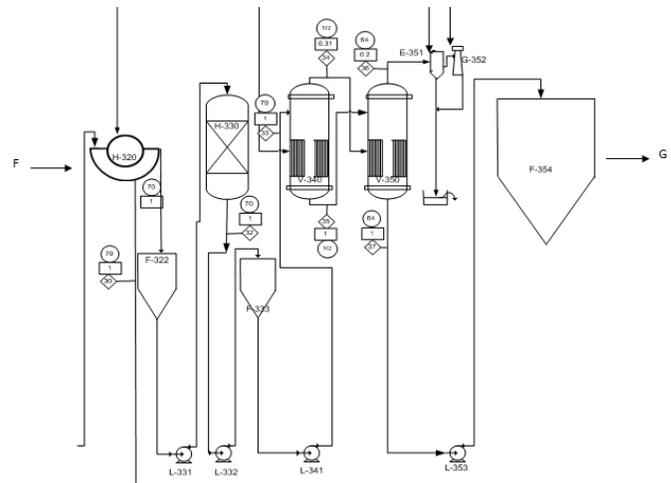
Total capital investment dibagi atas dua bagian, yaitu :

1. *Fixed Capital Investment* (FCI)
 2. *Working Capital Investment* (WCI)
2. *Total Production Cost* (TPC)

Total production cost (total biaya produksi) terdiri dari *Manufacturing Cost* (Biaya Produksi)

Manufacturing cost adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik yang berhubungan dengan operasi produksi dan peralatan proses yang terdiri dari :

- a. *Direct Production Cost* (biaya produksi langsung)
- b. *Fixed Charges* (biaya tetap)
- c. *Plant Overhead Cost* (biaya tambahan pabrik)



Gambar 5. Finishing Unit

Tabel 2. Spesifikasi Produk

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi (%)
Pati	37,29	0,98
Air	1136,36	30
Protein	42,44	1,12
Lemak	13,53	0,36
dekstrin	2,33	0,06
dekstrosa	44,52	1,18
maltosa	3,04	0,08
Sorbitol	2205,74	58,23
Maltitol	302,63	7,99
total	3787,88	100

General Expenses (Biaya Umum)

Yaitu biaya-biaya umum yang dikeluarkan untuk menunjang operasi pabrik, yang meliputi biaya administrasi, biaya pemasaran dan distribusi, biaya penelitian dan pengembangan (*research dan development*) serta pajak pendapatan.

Analisa Profitability

Dalam analisa ini digunakan beberapa asumsi, yaitu umur pabrik 10 tahun dengan kapasitas produksi masing-masing adalah :

1. Tahun pertama 60%,
2. Tahun kedua 80%,
3. Tahun ketiga sampai ke limabelas 100%,
4. Pajak pendapatan 25% dari laba kotor.
5. BEP dapat dihitung menggunakan persamaan [12]:

$$BEP = \frac{FC + 0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai BEP sebesar 26,32%.

Hasil-hasil perhitungan analisa ekonomi yang diperoleh pada Tabel adalah sebagai berikut :

1. Total modal investasi (TCI) Rp 198.589.638.767
2. Total biaya produksi (TPC) Rp 368.832.813.809

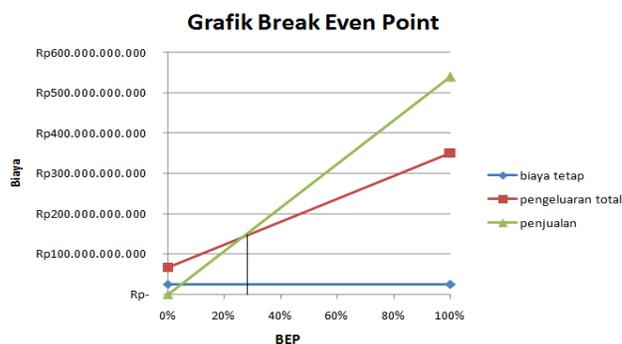
Tabel.3
Hasil perhitungan analisa ekonomi

No.	Keterangan		Jumlah
1.	Biaya Tetap (FC)	Rp	25.320.178.943
2.	Biaya Variabel (VC)		
	- Bahan Baku	Rp	105.010.118.677
	- Utilitas	Rp	73.766.562.762
	- Pengemasan	Rp	7.000.000.000
	Total Biaya Variabel (VC)	Rp	185.776.681.438
3.	Biaya Semivariabel (SVC)		
	- Tenaga Kerja	Rp	868.097.047
	- Pemeliharaan dan Perbaikan	Rp	8.440.059.648
	- Operating Supplies	Rp	1.266.008.947
	- Laboratorium	Rp	564.000.000
	- Patent dan Royalti	Rp	7.376.656.276
	- General Expenses	Rp	84.831.547.176
	- Plant Overhead Cost	Rp	36.883.281.381
	Total Biaya Semivariabel (SVC)	Rp	140.229.650.474
4.	Total Penjualan (S)	Rp	540.000.078.750

3. Hasil penjualan per tahun Rp 540.000.078.750
4. *Internal Rate of Return* sebesar 48,5 %
5. *Pay out time* selama 2,14 tahun
6. *Break even point* sebesar 26,32 %

IV. KESIMPULAN

Pabrik sorbitol ini direncanakan akan didirikan di Propinsi Jawa Tengah tepatnya di Kabupaten Batang. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu 24 jam selama 330 hari pertahun operasi dengan perencanaan sebagai berikut dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun. Proses produksi Sorbitol menggunakan proses hidrogenasi katalitik. Pembuatan sorbitol dari bahan baku pati melalui dua tahap proses utama yaitu proses perubahan starch menjadi glukosa melalui hidrolisa *double enzym*. Enzim yang digunakan yaitu α -amylase dan glucoamylase. Proses hidrogenasi katalitik



Gambar 3. Grafik *Break Even point* (BEP)

dilakukan dengan mereaksikan larutan dekstrose dan gas hidrogen bertekanan tinggi dengan menambahkan katalis nikel dalam reaktor (Reaktor Hidrogenasi). Gas hidrogen masuk dari bawah reaktor secara bubbling dan larutan dekstrose diumpangkan dari atas reaktor sehingga kontak yang terjadi semakin baik. Sorbitol yang di hasilkan dalam pradesain pabrik sorbitol ini dengan konsentrasi 58,2%. Pendirian pabrik sorbitol memerlukan biaya investasi modal tetap (fixed capital) sebesar Rp 168.801.192.952, modal kerja (working capital) Rp 29.788.445.815, investasi total Rp 198.589.638.767, Biaya produksi per tahun Rp 368.832.813.809 dan hasil penjualan per tahun Rp 540.000.078.750. Dari analisa ekonomi didapatkan BEP sebesar 26,32%. ROI sesudah pajak 48,5 %, POT sesudah pajak 2,14 tahun. Dari segi teknis dan ekonomis, pabrik ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faith, Keyes and Clark's. 1975. *Industrial Chemical*. New Jersey: A Willey – Interscience Publication.
- [2] Howeler, R.H. 2005. "*Cassava in Asia: Present situation and its future potential in agro-industry*". In: A. Setiawan and K.O. Fuglie (Eds.). *Sweetpotato Research and Development: Its Contribution to the Asian Food Economy*. Proc. Intern. Seminar on Sweetpotato, held in Bogor, Indonesia. Sept 19, 2003. pp. 17-51.
- [3] Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. "*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*". 4th edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- [4] Sorini Agro Corporindo. 2008. "*Laporan Tahunan*". <http://www.sorini.co.id/v2/img/images/report/>