

Pembuatan Sorbitol dari Tepung Pati Jagung dengan Proses Hidrogenasi

Akita Fabiola Meirani, Nabilah Fevereira Rozandy, dan Nuniek Hendrianie
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: nuniek@chem-eng.its.ac.id

Abstrak— Sorbitol adalah pemanis biang yang melepas kalori rendah selama asupan, dan disempurnakan melalui proses hidrogenasi bertekanan tinggi. Sorbitol sering digunakan sebagai pemanis alternatif untuk gula dan sebagai agen pengontrol kelembaban. Sirup ini juga merangsang sintesis vitamin dan penyerapan asam amino dan mineral dalam tubuh. Sorbitol adalah bahan utama yang digunakan dalam pasta gigi, vitamin C, permen karet, peralatan mandi, dan produk makanan dietetic dan diabetik. Dalam proses produksi sorbitol dari tepung pati jagung dengan hidrogenasi ini dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu *Glucose Production Unit*, *Catalytic Hydrogenation Unit*, *Finishing Unit*. *Glucose Production Unit* menghasilkan larutan dekstrosa hasil dari hidrolisis pati yang terkandung dalam tepung pati jagung. Hidrolisis memakai metode hidrolisis enzim ganda yaitu α -amilase dan glukamylase. Larutan dekstrosa kemudian akan dikonversi menjadi sorbitol. *Catalytic Hydrogenation Unit* merupakan proses inti dari produksi sorbitol. Pada unit ini larutan dekstrosa dikonversi menjadi sorbitol dengan adanya penambahan hidrogen pada tekanan tinggi. Proses hidrogenasi dibantu oleh katalis Raney Nikel. Konversi untuk reaksi ini mencapai 95-99%. Tahap ketiga yaitu *finishing unit*, sorbitol mengalami proses *decolorisasi* sehingga diperoleh sorbitol sirup dengan warna yang lebih jernih. *Decolorisasi* menggunakan karbon aktif berbentuk serbuk. Selain itu larutan sorbitol akan dievaporasi hingga menghasilkan sorbitol dengan konsentrasi 70%. *Masa konstruksi pabrik yang didirikan 2 tahun, dengan pembiayaan berupa modal tetap (FCI) = Rp 218,480,886,529; biaya produksi sorbitol Rp 420,609,526,255. Sehingga didapat IRR = 26,6% ; payback period = 3,35 tahun; BEP = 33,81%. Dari hasil evaluasi secara teknis dan ekonomis, pabrik sorbitol ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan. Dari segi ekonomi, pra rencana ini telah layak didirikan dengan masa konstruksi 2 tahun dan umur pabrik 10 tahun.*

Kata Kunci : dekstrosa, glukosa, hidrogenasi jagung, sorbitol, tepung pati.

I. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi, penting bagi Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang termasuk dari sektor industri. Salah satu diantaranya adalah industri kimia. Perkembangan industri kimia oleh pemerintah ditandai dengan adanya pendirian pabrik-pabrik kimia baru, yang dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri. Salah satu jenis bahan kimia yang masih diperoleh dengan cara impor dari negara-negara produsen termasuk diantaranya adalah sorbitol. Dalam perkembangannya sorbitol mulai diproduksi dalam skala besar pada tahun 1950. Di Indonesia sorbitol

dimanfaatkan dalam dunia industri makanan, kosmetik, dan juga farmasi. Di industri makanan sorbitol digunakan sebagai pemanis buatan seperti produk permen bebas gula. Sedangkan dalam industri farmasi sorbitol biasanya digunakan sebagai campuran obat batuk. Selain itu sorbitol juga dibutuhkan pada industri kosmetik karena sifat sorbitol yang dapat menjaga kelembaban. Dari data yang didapat, diketahui rata-rata perkembangan ekspor sorbitol di Indonesia terus menurun sementara hingga saat ini Indonesia masih terus melakukan impor secara besar-besaran. Impor sorbitol masih terus berjalan dikarenakan beberapa hal, yaitu terjadi peningkatan konsumsi dalam negeri akibat perkembangan industri pemakai, dan juga karena masih dibutuhkan sorbitol dengan spesifikasi tertentu yang belum diproduksi di Indonesia.

Berdasarkan pertimbangan – pertimbangan berikut, maka pendirian pabrik Linear Low Density Polyethylene di Indonesia dapat dilaksanakan dengan alasan sebagai berikut:

1. Keberadaan industri Sorbitol akan mengurangi kebutuhan impor yang setiap tahun cenderung meningkat sehingga dapat menghemat devisa negara dan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain..
2. Pendirian pabrik Sorbitol akan menciptakan lapangan kerja dalam rangka meningkatkan sumber daya manusia.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Seleksi Proses

Proses pembuatan sorbitol dengan hidrogenasi dilakukan dengan mereaksikan larutan dekstrosa dan gas hidrogen bertekanan tinggi dengan menggunakan katalis raney nikel dalam reaktor. Gas hidrogen masuk dari bawah reaktor secara bubling dan larutan dextrose diumpangkan dari atas reaktor sehingga terjadi kontak antara keduanya. Proses ini menghasilkan *overall yield* 95-99%

B. Proses Produksi

Dalam proses produksi sorbitol dari tepung pati jagung dengan hidrogenasi ini dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu:

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

C. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik sorbitol layak untuk didirikan. Untuk menentukan

kelayakan suatu pabrik sorbitol secara ekonomi, perlu dilakukan analisa biaya yang diperlukan untuk kegiatan operasional. Pabrik sorbitol yang terdiri dari analisa keuangan, analisa NPV, POT, dan BEP.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

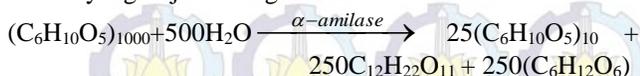
A. Unit Glucose Production

Pada unit ini bahan baku yaitu tepung pati jagung dari gudang dengan kadar air 7,8% diangkut dengan menggunakan *pneumatic conveyor* menuju tangki pencampur. Pada proses ini, tepung pati jagung dicampur dengan CaCl_2 yang telah dilarutkan dalam larutan pengencer (air) sehingga menghasilkan suspensi pati 35%. Larutan CaCl_2 berasal dari tangki penampung dengan konsentrasi 100 ppm. Penambahan CaCl_2 adalah untuk menjaga stabilitas enzim. Pada saat enzim memiliki kestabilan tinggi diharapkan inaktivasi enzim akan membutuhkan waktu yang lama walaupun dalam keadaan suhu tinggi. Kondisi operasi pada tangki pencampur adalah pada temperatur 30°C , tekanan atmosferik. Waktu tinggal di dalam *mixing tank* adalah 15 menit.

Suspensi pati kemudian dipompa dengan pompa menuju *jet cooker*. Proses ini bertujuan untuk membuat suspensi pati larut sempurna dengan menginjeksikan steam jenuh ke dalam aliran. Selain itu, *jet cooker* juga bertujuan untuk menaikkan suhu dari suspensi pati. Aliran keluar dari *jet cooker* pada suhu 98°C menuju reaktor liquifikasi.

Suspensi pati dimasukkan dalam reaktor liquifikasi dengan tujuan untuk memecah rantai pati yang telah tergelatinasi menjadi dekstrin, maltosa dan dekstrosa. Tepung umumnya mengandung 80% amilosa dan 20% amilopektin. Ikatan α -1,4 dalam amilosa dan amilopektin yang terdapat di dalam pati dihidrolisa oleh α -amilase sehingga dapat meningkatkan harga DE (Dextrose Ekuivalen). Pada proses ini terbentuk larutan dekstrin. Proses liquifikasi adalah sebagai berikut :

1. Setelah proses gelatinasi selesai, suspensi pati menuju ke reaktor liquifikasi. Reaktor ini dilengkapi dengan coil pendingin yang berfungsi menjaga suhu reaktor yaitu sebesar 95°C .
2. Dalam reaktor liquifikasi, suspensi pati ditambahkan enzim α -amilase. Kondisi operasi pada reaktor ini adalah pada suhu 95°C , tekanan atmosferik dengan $\text{pH} = 6$. Waktu tinggal dalam reaktor ini selama 3 jam.
3. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dari reaktor, larutan dekstrin dipompa ke dalam tangki penampung yang kemudian dilewatkan *cooler* dengan suhu keluaran sebesar 60°C yang kemudian diumpankan ke reaktor sakarifikasi.

Larutan dekstrin dimasukkan reaktor sakarifikasi dengan pompa. Reaktor sakarifikasi berfungsi mengkonversi dekstrin menjadi dekstrosa oleh enzim glukamilase (amiloglukosidase). Dalam reaktor ini ditambahkan HCl dari tangki penampung yang bertujuan untuk menurunkan pH. Suhu operasi dalam reaktor ini adalah 60°C . Enzim masuk dari tangki penampung yang lain. Reaktor dilengkapi dengan coil

untuk menjaga suhu reaktor. Proses sakarifikasi berlangsung selama 72 jam dan kandungan glukosa dalam larutan tersebut adalah 50% yang disebut sirup glukosa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

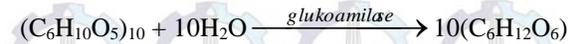
Reaksi I :



Reaksi II :



Reaksi III :



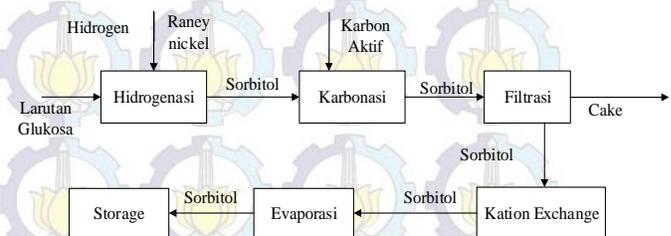
Setelah dari reaktor sakarifikasi, larutan dekstrosa (sirup glukosa) dipompa menuju *rotary drum vacuum filter* untuk proses purifikasi glukosa.

Sirup glukosa masuk ke *rotary drum vacuum filter* untuk memisahkan padatan yang ada di dalam larutan dekstrosa. Padatan tersebut dapat berupa serat. Air pencuci berupa filtrat hasil penyaringan *rotary drum vacuum filter* sebelumnya dengan perbandingan 15% dari berat filtrat. *Rotary drum vacuum filter* dilengkapi dengan pompa vakum 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 menuju kation *exchanger* untuk menukar ion positif yang berasal dari CaCl_2 dan kemudian menuju ke anion *exchanger* 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 menuju tangki penampung. Selanjutnya dipompa menuju *preheater* dengan suhu masuk sebesar 60°C dan keluar pada suhu 70°C yang kemudian masuk ke evaporator *double effect*. Evaporator pertama bertekanan 233,7 mmHg, sedangkan evaporator kedua bertekanan 149,8 mmHg. Diharapkan keluaran dari evaporator ini adalah sirup glukosa dengan konsentrasi 50% glukosa. Sirup glukosa dipompa menuju *preheater* kemudian diumpankan ke reaktor hidrogenasi. Suhu masuk *preheater* adalah sebesar $62,15^\circ\text{C}$ dan keluar pada suhu 70°C .

B. Catalytic Hydrogenation Unit

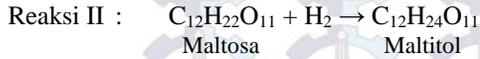
Di unit ini adalah yang paling menentukan dari keseluruhan proses produksi dimana terjadi reaksi antara sirup glukosa dengan gas H_2 menghasilkan produk utama sorbitol dan produk samping maltitol.



Gambar III.1 Block Diagram Proses Hidrogenasi dan Pemurnian

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 menuju *preheater* kemudian diumpankan ke reaktor hidrogenasi pada suhu 130°C. Reaksi yang terjadi yaitu:



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 dari glukosa yang masuk. Sisa gas H₂ yang keluar reaktor dikompresi dengan *compressor* untuk dikembalikan ke tangki penampung. Produk keluar menuju tangki penampung yang lain dan suhunya dijaga 70°C dan kemudian dipompa menuju ke tangki karbonasi untuk proses purifikasi.

c. Finishing Unit

Pada unit ini terjadi beberapa proses pemurnian, yaitu :

1. Adsorpsi oleh Karbon Aktif

Tujuan dari adsorpsi oleh karbon aktif ini adalah untuk menyerap warna yang ditimbulkan dari proses sebelumnya, sehingga diperoleh sorbitol yang lebih jernih. Produk dari tangki penampung dipompa melewati *cooler* menuju ke tangki karbonasi dengan penambahan karbon aktif. 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.

2. Filtrasi

Tujuan dari filtrasi adalah untuk memisahkan padatan berupa Raney Nickel dan karbon aktif yang terikut pada proses sebelumnya. Karena zat yang akan dipisahkan berupa padatan maka dalam proses ini menggunakan *filter press*. Cake dari *filter press* diolah untuk dipakai kembali dengan perlakuan lanjutan dengan memisahkan antara katalis dan karbon aktif. Karbon aktif dibuang sebagai limbah dan katalis Raney Nickel dapat digunakan kembali. Sedangkan filtrat berupa sorbitol dan maltitol masuk ke kation exchanger dengan dibantu pompa. Waktu yang dibutuhkan pada proses ini adalah 3 jam.

3. Kation Exchange

Tujuan dari kation exchange adalah menghilangkan ion-ion positif yang terkandung. Pada kation *exchanger* bertujuan menghilangkan ion positif dari sisa Al₂O₃ yang masih terikut katalis Raney Nickel.

4. Evaporasi

Larutan sorbitol dari kation *exchanger* dipompa oleh menuju evaporator *double effect*. Suhu masuk evaporator 70°C. Evaporator pertama bertekanan 233,7mmHg, sedangkan evaporator kedua bertekanan 149,8 mmHg. Tujuan dari evaporasi adalah untuk memekatkan produk sorbitol dari 50% menjadi 70%. Kemudian produk akan ditampung pada tangki penampung.

D. Ekonomi

Setelah beroperasi dan kemudian mendapatkan hasil produksi, maka dapat diproyeksikan analisa ekonomi sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi

Keterangan	Jumlah	Unit
Total Cost Investment	257.036.337.093	Rp
Interest	12	% pertahun
NPV 10 tahun	282.410.964.291	Rp
IRR	26,6	%
POT	3,35	Tahun
BEP	33,81	%
Biaya Bahan Baku	118.649.102.860	Rp/tahun
Penjualan	562.500.009.197	Rp/tahun
Project life	10	Tahun
Waktu konstruksi	2	Tahun
Operasi pertahun	330	Hari/tahun

IV. KESIMPULAN

Dari evaluasi secara teknis, pabrik ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan. Dari segi ekonomi, pendirian pabrik sorbitol dari tepung pati jagung ini bisa dilakukan dengan pertimbangan dan kajian yang lebih detail dan teliti. Secara singkat, evaluasi tersebut dapat disajikan sebagai berikut :

1. Segi ekonomi

a. Pembiayaan

- Modal tetap (FCI) : Rp 218,480,886,529
- Modal kerja (WCI) : Rp 38,555,450,564
- Investasi total (TCI) : Rp 257,036,337,093
- Harga bahan baku /tahun : Rp 118,649,102,860
- Hasil penjualan /tahun : Rp 562,500,009,197

b. Investasi

- Internal Rate of Return : 26,6%
- Pay out Time : 3,35tahun
- Break Event Point : 33,81 %

2. Proses

Pra rencana pabrik : Pabrik Sorbitol dari Tepung Pati Jagung
Operasi : Kontinyu, 330 hari/tahun, 24 jam/hari

Kapasitas produksi : 25.000 ton/tahun

Kebutuhan tepung pati jagung : 23.289,581 ton/tahun

Lokasi pabrik : Kabupaten Tuban, Jawa Timur

Jumlah tenaga kerja : 457 orang

Umur pabrik : 10 tahun

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas

Ditinjau dari kedua aspek yang telah dijabarkan diatas, maka pra rencana pabrik sorbitol ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT dan orang tua beserta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang kepada kami; Ir. Nuniek Hendrianie, M.T, selaku Dosen Pembimbing, atas bimbingan dan saran yang telah diberikan; Dr. Ir. S.R. Juliastuti, M.Eng. selaku Kepala Lab. Pengolahan Limbah Industri; Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya; Setiyo Gunawan, ST., Ph.D, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya; Dr. Ir.

Sumarno, M.Eng, Dr. Kusdianto, ST., MSc. Eng., Ni Made Intan Putri Suari, ST, MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran guna untuk perbaikan jurnal ini.

Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS; Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya teman-teman Laboratorium Pengolahan Limbah Industri Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam memberikan kesempatan, fasilitas, petunjuk, dan bimbingan selama penyusunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, M.J and Khadom, A.A. 2009. *“Optimization Hydrogenation Process of D-glucose to D-sorbitol Over Raney Nickel Catalyst”*. European Journal of Scientific Research.
- [2] Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *“Process Equipment Design”*. New Delhi: Willet Eastern Limited.
- [3] Faith, Keyes and Clark’s. 1975. *Industrial Chemical*. New Jersey: A Willey – Interscience Publication.
- [4] Geankoplis, C. J. 2003. *“Transport Process and Unit Operations”*. 4th edition. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [5] Himmelblau, D. M. 1989. *“Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering”*. Singapura: Prentice-Hall International, Inc.
- [6] Hougen, O.A. and Watson, K.M. 1954. *“Chemical Process Principles”*. 2th edition, Part I. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Hugot, E. 1986. *“Handbook of Cane Sugar Engineering”*. 3rd edition. Amsterdam: Elsevier.
- [8] Kern, D.Q. 1950. *“Process Heat Transfer”*. London: McGraw Hill Book Company.
- [9] Kusnarjo. 2010. *“Desain Alat Pemindah Panas”*. Surabaya: ITS Press.
- [10] Ludwig, Ernest.E. 1999. *“Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants”*. 3rd edition, volume 1. United States of America: Butterworth-Heinemann.
- [11] Marie, S. 1991. *“Handbook of Sweeteners”*. 2nd edition. London: Blackie and Son, Ltd.
- [12] Othmer, K. 1960. *“Encyclopedia of Chemical Technology”*. 2nd edition, volume 3. New York: John Wiley & Sons.
- [13] Perry, R. and Chilton, C. H. 1997. *“Perry’s Chemical Engineer’s Hand Book”*. 7th edition. New York: McGraw-Hill International Book.
- [14] Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. *“Plant Design and Economic for Chemical Engineers”*. 4th edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- [15] Roesyadi, Achmad. 2012. *“Operasi Teknik Kimia”*. Surabaya: PT Revka Petra Media.
- [16] Rowe, R.C. and Sheskey, P.J. 2009. *“Handbook of Pharmaceutical Excipients”*. 6th edition. London: Pharmaceutical Press.
- [17] Smith, Robin. *“Chemical Process Design and Integration”*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- [18] Ullmann’s. 1999. *“Encyclopedia of Industrial Chemistry”*, 6th edition, vol.13. Weinheim: John Wiley & Sons, Inc.
- [19] Uhlig, H. 1998. *“Industrial Enzymes and their Applications”*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [20] Ulrich, G. D. 1984. *“A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic”*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [21] Van Gorp, K. and Boerman, E. 1999. *“Catalytic Hydrogenation of Fine Chemicals : Sorbitol Production”*. Elsevier.
- [22] Welasih, T. 1999. *“pengaruh pH pada Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol dalam Reaktor Berpengaduk dan Bertekanan Tinggi”*. Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur.