

Pra-Desain Pabrik Sirup Glukosa dari Buah Mangrove (*Bruguiera gymnorrhizae*) dengan Hidrolisa Enzim-enzim

M.Rifqy Muhsin¹, Angga Widya Putra¹, Orchidea Rachmaniah^{1*}, dan M. Rachimoellah¹

Abstrak— Sirup glukosa didefinisikan sebagai cairan jernih dan kental yang komponen utamanya adalah glukosa yang diperoleh dari hidrolisa pati. Sirup glukosa banyak digunakan oleh industri-industri makanan dan minuman ringan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan gula tebu (sukrosa). Latar belakang pendirian pabrik sirup glukosa adalah tingginya kebutuhan sirup glukosa yang masih didatangkan dari luar negeri. Salah satu sumber pati yang dapat digunakan untuk membuat sirup glukosa adalah buah mangrove. Mengingat tingginya produksi buah mangrove dan tidak banyak penggunaan buahnya mengakibatkan banyaknya jumlah buah mangrove tidak memiliki harga jual. Proses pembuatan sirup glukosa dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu pre-treatment, hidrolisis, dan pemurnian. Tahap *pretreatment* bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku buah mangrove jenis (*Bruguiera Gymnorrhizae*) menjadi bentuk bubur yang dapat memudahkan proses pemecahan pati menjadi dekstrin. Tahap hidrolisis merupakan proses konversi pati menjadi glukosa. Dalam hal ini, terjadi 2 kali proses konversi yaitu liquifikasi dan sakarifikasi. Proses pemurnian dilakukan untuk mendapatkan sirup glukosa yang bersih dan jernih. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2020. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Gresik, Jawa Timur. Hal ini didasari oleh beberapa faktor yaitu dekat dengan bahan baku yaitu luasan tanaman mangrove sebesar 84,7 ha, meliputi kawasan pesisir mangrove di Desa Ngembah, Banyu Urip, Pangkah Kulon, dan Pangkah Wetan, dekat dengan pelabuhan untuk pendistribusian, ketersediaan power (PLN). Proses juga didukung oleh utilitas proses, antara lain kebutuhan air untuk sanitasi dan air proses. Untuk dapat mendirikan pabrik sirup glukosa dengan proses enzimatik berkapasitas 4180,64 ton/tahun diperlukan total modal investasi sebesar Rp 268.275.781.239,21. Total biaya produksi Rp 62.684.945.213,07, dengan estimasi penjualan per tahun Rp 66.890.189.767,62. Estimasi umur pabrik 10 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 10 tahun. Dapat diketahui IRR sebesar 13,7%, POT selama 6,3 tahun, BEP sebesar 64%.

Kata Kunci—Buah Mangrove, Sirup Glukosa

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan baku dan bahan penunjang di Indonesia pada proses produksi masih banyak didatangkan dari luar negeri. Jika bahan baku dan bahan penunjang tersebut bisa dihasilkan dan dapat dipenuhi dari dalam negeri, hal ini tentu akan menghemat pengeluaran devisa, mengembangkan penguasaan teknologi, dan membuka lapangan pekerjaan yang baru. Salah satu bahan baku yang permintaannya terus meningkat di Indonesia adalah sirup glukosa. Industri sirup glukosa di Indonesia mulai berkembang pada tahun 1980-an. Terdapat beberapa perusahaan sirup glukosa di Indonesia yang mempunyai kapasitas produksi yang besar antara lain, PT. Suba Indah, Cilegon, Banten (82.500 ton/tahun), PT. BAJ, Jawa Timur (18.000 ton/tahun), PT. Sari Pati Idaman, Pati, Jawa Tengah (72.500 ton/tahun), dan PT. Trebor Indonesia, Jakarta, DKI Jakarta (17.500 ton/tahun). Namun, kapasitas produksi beberapa perusahaan glukosa tersebut masih relative kecil jika dibandingkan dengan jumlah glukosa yang dibutuhkan sebagai bahan baku proses produksi. Pada tahun 2010-2014, jumlah kebutuhan Indonesia terhadap sirup glukosa adalah 5.457.556 ton/tahun [1]. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan glukosa dalam negeri masih belum dapat terpenuhi.

Sebagai salah satu negara kepulauan terbesar, Indonesia memiliki potensi sumber daya pesisir dan lautan yang sangat besar. Oleh sebab itu, Indonesia memiliki potensi yang cukup besar dengan ketersediaan hutan mangrove di sepanjang pantai Indonesia. Hutan mangrove (hutan bakau) Indonesia mencapai 8.60 juta hektar, meskipun saat ini sekitar 5.30 juta hektar jumlah hutan itu telah rusak. Produksi buah mangrove di desa Sidorukun Gresik mencapai 115 ton/hektar setiap tahunnya dengan luas hutan mangrove yang dapat dieksploitasi sebesar 84.7 hektar.

Penelitian yang dilakukan oleh IPB bekerja sama dengan Badan Dinas Ketahanan Pangan Nusa Tenggara Timur menghasilkan kandungan energi buah mangrove ini adalah 371 kalori per 100 gram, lebih tinggi dari beras (360 kalori per 100 gram), dan jagung (307 kalori per 100 gram). Kandungan karbohidrat buah bakau sebesar 85.1 gram per 100 gram, lebih tinggi dari beras (78.9 gram per 100 gram) dan jagung (63.6 gram per 100 gram) [4]. Komposisi buah mangrove ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1.
Komposisi buah mangrove (100 gram)

Komponen	Kadar (%)
Pati	73,715
Lemak	1,236

¹ Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Indonesia.

*Email: orchidea@chem-eng.its.ac.id.

Protein	1,128
Air	23,830
HCN	1,5E-06
Tannin	7,1E-06
Kulit	9,0E-04

Gambar 1. Buah mangrove *bruguiera gymnorhiza*

Secara umum, glukosa banyak dimanfaatkan diindustri permen, minuman, biskuit, dan es krim. Uni-Eropa, Brazil dan India adalah tiga produsen terbesar gula. Produksi gula dari ketiga wilayah ini menyumbang sekitar 40% produksi per tahun. Produksi gula sebagian besar dikonsumsi di negara penghasil. Hanya sekitar 25% yang diperdagangkan di pasar internasional, maka dari itu pemasaran produksi sirup glukosa ini dapat diekspansikan ke luar negeri dengan data perkembangan ekspor sirup glukosa pada tabel 2.

Tabel 2
Perkembangan ekspor impor sirup glukosa Indonesia tahun 2009-2015 [2]

Tahun	Ekspor (ton)	Impor (ton)
2009	5847,8	21743,1
2010	3850,1	41303,3
2011	1092,1	73099,8
2012	1146,7	62755,1
2013	2177,9	55021,5
2014	2603,4	40698,1
2015	2751,5	64390,7

Perkembangan ekspor sirup glukosa mengalami penurunan sejak tahun 2009 (Tabel 2) dikarenakan adanya peningkatan permintaan di Indonesia yang lebih banyak daripada di luar negeri, sehingga kebutuhan di dalam negeri dapat terpenuhi dengan pengurangan jumlah ekspor. Namun sejak tahun 2013 dan selanjutnya, perkembangan ekspor sirup glukosa kembali mengalami peningkatan. Sedangkan, untuk data impor sirup glukosa mengalami peningkatan pada tahun 2009 sampai tahun 2011, meskipun pada tahun 2012 perkembangan impor sirup glukosa mengalami penurunan tiap tahunnya. Pada tahun 2015 selanjutnya mengalami kenaikan kembali.

Diperkirakan kebutuhan gula nasional terus meningkat, terutama karena laju pertumbuhan konsumsi gula secara tidak langsung dari semakin banyaknya produk-produk pangan (makanan dan minuman) yang ditambahkan gula. Bila saat ini konsumsi gula sekitar 4 juta ton sementara kapasitas produksi gula nasional saat ini hanya 1,9 juta ton dan lahan bagi perkebunan tebu semakin terbatas, maka impor gula akan semakin meningkat.

Pertumbuhan konsumsi masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun meningkat seiring dengan tingkat pengeluaran per kapita masyarakat. Sehingga secara umum dapat disimpulkan bahwa tingkat konsumsi masyarakat Indonesia memiliki *trend* kenaikan setiap tahunnya. Oleh sebab itu, produksi sirup glukosa ini memiliki prospek yang sangat bagus untuk ditingkatkan di Indonesia.

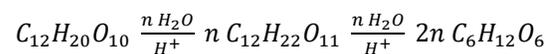
II. PEMILIHAN PROSES

Terdapat 3 proses hidrolisa pada pembuatan sirup glukosa dari hidrolisa pati dengan suatu katalis, antara lain

A. Hidrolisa dengan Katalis Asam

Pada proses hidrolisa dengan katalis asam ini, digunakan larutan asam encer ataupun pekat, misalnya larutan asam sulfat dan asam klorida. Hidrolisa dengan menggunakan asam memerlukan suhu yang tinggi sekitar 160°C dimana asam akan memecahkan molekul pati secara acak dan gula yang dihasilkan sebagian besar merupakan gula pereduksi.

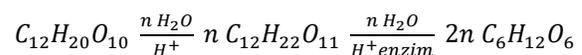
Reaksi yang terjadi:



B. Hidrolisa Asam-Enzim

Proses pembuatan glukosa melalui hidrolisis pati dengan asam dan enzim yang dasarnya sama dengan hidrolisa pati dengan enzim. Akan tetapi, dalam membuat larutan pati, dibuat larutan encer dan kemudian ditambah dengan enzim. Konversi enzim biasanya dilakukan pada 30-35% padatan, pH 4,5-7 dan temperature 50-60°C. Waktu dari sakarifikasi tersebut tergantung pada hidrolisa asam mula-mula, tipe dan kemampuan enzim serta tingkat sakarifikasi. Komposisi akhir dan hubungannya dengan perbandingan masing-masing sakarida diatur oleh hidrolisa asam mula-mula, tipe enzim dan tingkat sakarifikasi enzim.

Reaksi yang terjadi:

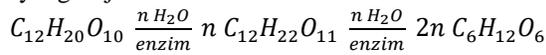


C. Hidrolisa Enzim-Enzim

Enzim bekerja dengan lebih spesifik, sehingga kandungan glukosa yang dihasilkan dapat diatur perbandingan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Dalam hidrolisa enzim-enzim, terdapat 2 tahapan yaitu tahap liquifikasi dan sakarifikasi. Liquifikasi merupakan tahapan terjadinya proses pemutusan

rantai polisakarida menjadi dekstrin dengan bantuan enzim α -amilase. Sedangkan, tahap sakarifikasi merupakan proses hidrolisa dekstrin dengan bantuan enzim α -amilase dan pullulanase.

Reaksi yang terjadi:



D. Seleksi Proses

Penggabungan dari metode asam dengan enzim memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- Yield dekstrosa yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan hanya dengan katalis asam
- Hidrolisis dapat berjalan lebih sempurna karena memakai dua katalis dibandingkan hanya dengan satu.

Sedangkan keuntungan proses hidrolisa enzim-enzim dari hidrolisa ini antara lain:

- Nilai DE sangat tinggi yaitu sekitar 95-98%.
- Biaya energi lebih rendah karena suhu operasi lebih rendah.
- Terhindar dari korosi, sehingga harga peralatan lebih murah.
- Tidak terjadi reaksi samping.
- Sedikit sekali produk yang kembali sebagai reaktan karena reaksi bolak-balik (konversi reaksi mendekati sempurna).

Kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses terdapat pada tabel 3

Tabel 3

Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses hidrolisa dengan suatu katalis dilihat dari

Uraian	Katalis		
	HCl	HCl - Enzim	Enzim - Enzim
Aspek Teknis			
1. Operasi			
• Tekanan (atm)	3	1-3	1
• Suhu, °C	140-160	60-140	60-105
• pH	2,3	1,8-2	4,5-6
2. Proses			
• DE (<i>Dextrose Equivalent</i>)	30-55 %	30-63 %	95-98 %
• Reaksi Samping	Ada	Ada	Tidak Ada
• Daya Korosi	Tinggi	Tinggi	Rendah
Aspek Ekonomi			
• Kebutuhan Enzim	Sedikit	Sedikit	Banyak
• Biaya Peralatan	Mahal	Mahal	Murah
• Energi	Besar	Besar	Kecil

aspek teknis dan ekonomi

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka proses yang dipilih yaitu proses Hidrolisa Enzim-Enzim.

III. URAIAN PROSES

Pabrik pembuatan sirup glukosa dari buah mangrove (*Bruguiera gymnorrhiza*) melalui proses enzim-enzim ini dibagi menjadi 3 proses utama, yaitu: proses pre-treatment, proses hidrolisa dan proses pemurnian.

A. Pre-treatment

Proses pretreatment bertujuan menghilangkan kandungan HCN dan tannin yang ada didalam buah mangrove.

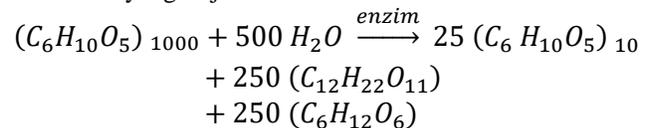
B. Hidrolisa

Hidrolisis merupakan proses konversi pati menjadi glukosa. Dalam hal ini, terjadi dua kali proses konversi, yaitu liquifikasi dan sakarifikasi.

1. Tahap Liquifikasi

Pada tahapan ini, terjadi pemutusan rantai ikatan panjang polisakarida menjadi dekstrin dan sejumlah kecil karbohidrat dengan bantuan enzim α -amylase. Liquifikasi pati terdiri dari dua kombinasi tahap yaitu gelatinisasi dan dekstrinisasi.

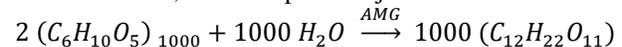
Reaksi yang terjadi :



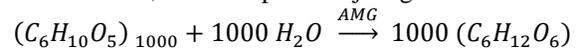
2. Tahap Sakarifikasi

Dalam tahapan sakarifikasi, terjadi proses pemutusan ikatan 1,4 α -glikosida dan 1,6 α -glikosida hingga menghasilkan glukosa dengan bantuan enzim glukamilase [3]. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

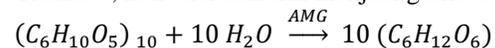
Reaksi 1, konversi pati menjadi maltosa :



Reaksi 2, konversi pati menjadi glukosa :

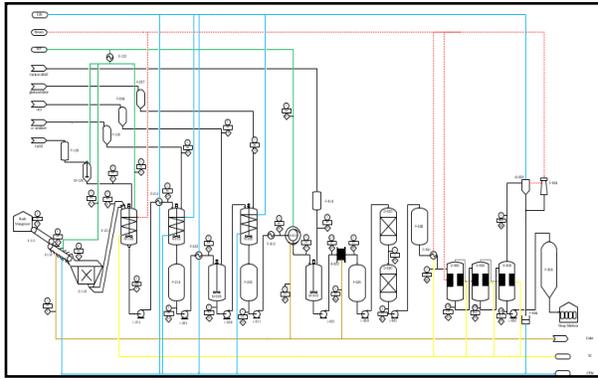


Reaksi 3, konversi dekstrin menjadi glukosa :



C. Pemurnian

Proses pemurnian dilakukan untuk mendapatkan sirup glukosa yang bersih dan jernih. Proses ini meliputi penyaringan 1, pemucatan, penyaringan 2 dan penguapan, ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowsheet Pra-desain pabrik sirup glukosa dengan katalis enzim-enzim

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Untuk membuat pabrik sirup glukosa, diperlukan bahan baku buah mangrove sebanyak 15.000 kg/hari dengan kapasitas produksi sebesar 4.180,62 ton/tahun.

V. ANALISA EKONOMI

Analisa Ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Dengan mengacu pada Timmerhaus *et al.* (2002), akan dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi terhadap rancangan pra desain pabrik sirup glukosa ini. Faktor-faktor yang ditinjau untuk memutuskan apakah pabrik layak beroperasi atau tidak adalah sebagai berikut:

1. Laju Pengembalian Modal (IRR).

Melalui perhitungan menggunakan trial, diperoleh nilai i (laju pengembalian modal) = 20,5 %. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk pinjaman bunga bank sebesar 12,5% per tahun (referensi tahun 2018). Dengan demikian, pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman 12,5% per tahun.

2. Waktu Pengembalian Modal (POT)

Dari perhitungan yang dilakukan, didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 4,2 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil daripada usia pabrik.

3. Titik Impas (BEP)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC) dan Biaya Variabel (VC), Biaya Semi-Variabel (SVC) tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendix D, didapatkan titik impas (BEP) = 44%.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa pabrik sirup glukosa ini didesain akan beroperasi secara semi kontinyu selama 24 jam, 280 hari/tahun operasi dengan perencanaan sebagai berikut:

Kapasitas produksi	: 4180,64 ton/tahun
Jumlah tenaga kerja	: 224 orang
Kebutuhan buah mangrove	: 4.200,00 ton/tahun
Umur pabrik	: 10 tahun
Masa konstruksi	: 5 tahun

Secara singkat evaluasi perencanaan pendirian pabrik tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

- Segi Proses

- Pra Rencana Pabrik : Sirup glukosa dari buah mangrove
- Proses : Hidrolisa enzim
- Operasi : Semi kontinyu, 280 hari/tahun, 24 jam/hari
- Lokasi pabrik : Sidorukun, Gresik

Berdasarkan hasil uraian diatas, ditinjau dari segi ekonomis maupun teknis, pabrik sirup glukosa dari buah mangrove ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasacapanen Pertanian, Gula Singkong dapat diproduksi di pedesaan, "Warna Penelitian dan Pengembangan Pertanian," vol. 28, no. 3, hal 9-11, 2006.
- Badan Pusat Statistika, "Ekspor Sirup Glukosa," 2018. [Online]. <https://www.bps.go.id>, diakses 17 November 2018 pukul 10.15.
- K. D. Timmerhaus, "Plant Design and Economics for Chemical Engineering," 5th edition, New York: McGraw-Hill Co., 2002.
- H. Uhlig, "Industrial Enzymes and Their Applications," New York: John Wiley & Sons, 1998.
- F. C. Vilbrandt, "Chemical Engineering Plant Design," 4th edition, Tokyo: McGraw-Hill Book Co, Kogakhusa, 2001.