



## PRARANCANGAN PABRIK SIRUP GLUKOSA MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 28.000 TON/TAHUN

Mieta Wisnu Sapura<sup>1</sup>, Rizka Dewi Aulia<sup>1</sup>, Iffah Shofiatul Kamila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121 Indonesia

\*Corresponding Author: meitaws17@gmail.com

### Abstrak

Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (2021), menunjukkan bahwa konsumsi sirup glukosa dari tahun ke tahun semakin meningkat. Namun, tingginya permintaan industry terhadap sirup glukosa tidak disertai dengan jumlah produksi yang mencukupi serta masih belum mampu memenuhi kebutuhan sirup glukosa dalam negeri. Sehingga, membangun pabrik sirup glukosa di Indonesia merupakan pilihan yang tepat. Pabrik sirup glukosa ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Lambung Tengah pada tahun 2025 dan mulai beroperasi tahun 2026 dengan kapasitas 28.000 ton/tahun. Pabrik sirup glukosa ini diproduksi menggunakan proses hidrolisis pati dengan bahan baku tepung tapioka dan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 186 orang. Pembuatan sirup glukosa ini melalui 4 tahap yaitu tahap penyiapan bahan baku, tahap gelatinase, tahap ketiga adalah tahap hidrolisis yang terdiri dari dua proses yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Pada proses likuifikasi, pati ditambah enzim  $\alpha$ -amilase dan proses sakarifikasi ditambahkan enzim glukamilase. Tahap keempat terdiri dari proses pemurnian yaitu proses filtrasi, proses ion exchanger untuk menghilangkan logam  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$  dan  $NH_4^+$  dan yang terakhir yaitu proses evaporasi. Berdasarkan hasil evaluasi analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik sirup glukosa layak didirikan dengan rincian Annual Cash Flow (ACF) sebesar 99%, Pay Out Time (POT) sebesar 0,91 tahun, Rate of Return (ROR) sebesar 90% dan Break Event Point (BEP) sebesar 53%.

Kata kunci: hidrolisis enzim, sirup glukosa, tepung tapioka.

### 1. Pendahuluan

Sirup glukosa didefinisikan sebagai larutan yang dimurnikan serta terkonsentrasi dan terbuat dari pati (Hull, 2010). Berdasarkan SNI 01-2978-1992, sirup glukosa didefinisikan sebagai cairan kental dengan konsistensi kekentalan yang tinggi dan berwarna jernih dengan kandungan utamanya adalah glukosa (Standar Nasional Indonesia, 1992). Umumnya, bahan baku utama untuk pembuatan sirup glukosa adalah singkong yang diolah menjadi tapioka.

Total konsumsi sirup glukosa global pada tahun 2021/2022 berdasarkan Badan Pusat Statistik mencapai 175,5 metrik ton, artinya mengalami kenaikan 1,62% dari tahun sebelumnya (Shilviba Widi, 2022). Tahun 2016 hingga 2020 di Indonesia konsumsi sirup glukosa meningkat, dimana pada tahun 2020 Indonesia mengonsumsi 1.417.962 ton

sirup glukosa per tahun. Namun, data impor dan ekspor Indonesia tahun 2021 menunjukkan kebutuhan sirup glukosa yang belum terpenuhi dengan impor sebesar 103.894,01 ton dan ekspor hanya 5.107,96 ton. Data produksi sirup glukosa di Indonesia menunjukkan bahwa kebutuhan dalam negeri belum terpenuhi, sejalan dengan prediksi Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) tahun 2021 yang menunjukkan akan ada peningkatan impor dan konsumsi gula khususnya sirup glukosa di masa depan (OECD, 2021). Berikut data konsumsi, impor, ekspor dan produksi sirup glukosa di Indonesia, disajikan dalam bentuk tabel 1.

Berdasarkan tabel 1 dapat diperkirakan kebutuhan sirup glukosa menggunakan persamaan sebagai berikut:



$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Perhitungan diatas menghasilkan jumlah kapasitas pabrik yang akan diproduksi sebesar 28.000 ton/tahun.

**Tabel 1** Jumlah Impor dan Ekspor Sirup Glukosa di Indonesia

No.	Tahun	Impor (ton)	Ekspor (Ton)	Konsumsi (Ton)	Produksi (Ton)
1	2010	71.825,76	3.340,75	1.253.494	47463,5
2	2011	29.867,71	4.668,86	1.295.971	54856,7
3	2012	118.134,40	4.143,02	1.337.810	55320,2
4	2013	99.497,29	5.076,23	1.379.937	72500
5	2014	26.566,36	3.999,51	1.417.962	82500
6	2015	103.894,01	5.107,96	-	-

(Badan Pusat Statistika, 2021)

**Tabel 2** Perbandingan Proses Hidrolisis Pati

Parameter	Hidrolisis Enzimatis	Hidrolisis Asam	Hidrolisis Asam dan Enzimatis
<b>Aspek Teknis</b>			
<i>Kondisi proses:</i>			
Konsentrasi glukosa (%)	95 - 98	30 - 55	63 - 80
<i>Kondisi operasi:</i>			
- Suhu (°C)	60 – 105	140 – 160	60 – 105
- Tekanan (atm)	1	3	1 – 3
- pH	4,5 – 6	2,3	1,8 – 2
<b>Aspek Ekonomi</b>			
- Kebutuhan asam	Kecil	Besar	Besar
- Biaya peralatan	Kecil	Besar	Besar
- Energi	Kecil	Besar	Besar
<b>Aspek Dampak Lingkungan</b>			
	Polutan HCl yang dilepas ke udara	Polutan HCl yang dilepas ke udara	Polutan HCl yang dilepas ke udara
	Cairan dari ultrafiltration membrane	Padatan berupa pati, protein, lemak, serat, dan air	Cairan dari ultrafiltration membrane
	Polutan HCl yang dilepas ke udara		Polutan HCl yang dilepas ke udara

(Rosadi & Setiawan, 2022)

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Macam-macam proses

Proses pembuatan sirup glukosa terdapat 3 jenis hidrolisis yaitu hidrolisis enzimatis, hidrolisis asam dan hidrolisis asam dan enzimatis. Perbandingan ketiga proses dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan dengan data-data pada tabel 2 tersebut, maka proses yang dipilih untuk produksi sirup

glukosa dari tepung tapioka ialah hidrolisis pati dengan menggunakan enzim.

### 2.2 Uraian proses

Proses pembuatan sirup glukosa dari tepung tapioka dengan proses hidrolisis enzim terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

#### 2.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku



Persiapan bahan baku dilakukan dengan menentukan asal bahan baku tersebut dibeli, jarak dan waktu pengiriman bahan baku, dan juga jumlah bahan baku yang diperlukan untuk produksi. Selain itu bahan baku juga perlu dilakukan uji terlebih dahulu sebelum masuk pada unit proses untuk memastikan bahan baku tersebut telah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang dibutuhkan.

### 2.2.2 Proses Gelatinasi

Proses gelatinasi adalah proses pemecahan pati yang berbentuk granula. Tepung tapioka diangkut ke mixer tank untuk ditambahkan  $\text{CaCl}_2$  dengan suhu  $95^\circ\text{C}$ . Proses ini membutuhkan waktu 5 – 10 menit.

### 2.2.3 Proses Hidrolisis

Proses ini ada dua tahap yaitu proses liquifikasi dan sakarifikasi pada reaktor hidrolisis. Proses liquifikasi terjadi penambahan enzim  $\alpha$ -amilase dilakukan dengan suhu  $95^\circ\text{C}$  dengan pH 6 selama 40 menit. Sedangkan proses sakarifikasi terjadi penambahan enzim glukamilase, HCl dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  selama 48 jam dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi glukosa yang optimum 97 – 98%. Reaksi yang terjadi:



### 2.2.4 Proses Pemurnian

Proses pemurnian diawali dengan memasukkan larutan kedalam filter press. Kemudian masuk kedalam anion dan kation exchanger untuk menghilangkan ion-ion yang dihasilkan. Tahapan akhir dengan evaporator guna memurnikan produk, selanjutnya dimasukkan kedalam tangki penyimpanan dan siap untuk dipasarkan.

Menjelaskan deskripsi proses dari pabrik. Deskripsi proses meliputi seleksi proses, reaksi-reaksi dan properti termodinamika yang terlibat, neraca massa dan panas.

## 3. Utilitas

Utilitas sangat berperan penting dalam menunjang proses produksi. Berikut adalah kebutuhan utilitas dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas

Kebutuhan	Jumlah
Air	114503,2467 kg/jam
Listrik	227285,4209 kW/jam
Steam	4969,63762 kg/jam
Bahan Bakar	130,71569 lb/jam

## 4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi dilakukan untuk melihat keuntungan dan kelayakan sebuah pabrik. Pada tabel 4 berikut adalah parameter evaluasi pabrik sirup glukosa.

Tabel 4 Parameter Kelayakan Ekonomi

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan	Kesimpulan
1.	Annual Cash Flow	US\$ 7644476,814	Lebih besar dari bunga bank (ACF > 6%)	Pabrik layak didirikan
2.	Pay Out Time	0,91 tahun	Kurang dari setengah umur pabrik (POT < 5 tahun)	Pabrik layak didirikan
3.	Net Profit Over Total Life of the Project	US\$ 6995742,028	Lebih besar dari TCI + $\Sigma$ bunga pinjaman (NPOTLLP>)	Pabrik layak didirikan
4.	Total Capital Sink	US\$ 10124185,487	Lebih besar dari TCI (TCS>)	Pabrik layak didirikan
5.	Rate of Return	90%	Lebih besar dari bunga bank (ROR>6%)	Pabrik layak didirikan
6.	Discounted Cash Flow Rate of Return	88%	Lebih besar dari bunga bank (DCFROR > 6%)	Pabrik layak didirikan
7.	Break Event Point	53%	BEP tidak lebih dari 60%	Pabrik layak didirikan

## 5. Kesimpulan

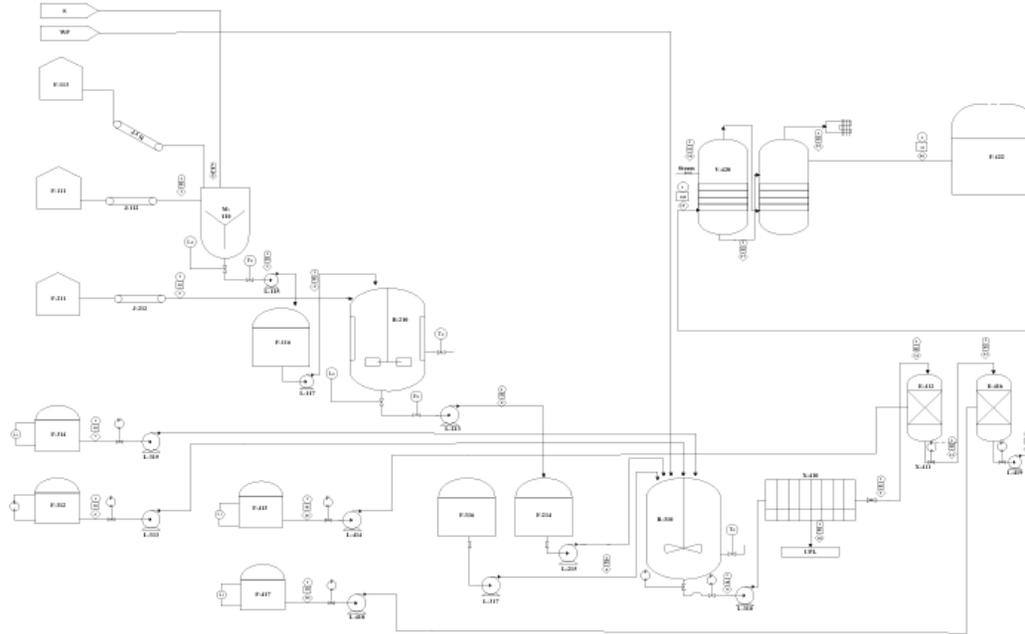
Hasil Analisa teknis dan ekonomi menghasilkan bahwa pabrik sirup glukosa dengan kapasitas 28.000 ton/tahun direncanakan didirikan di Kabupaten Tengah layak didirikan. Bentuk perusahaan Persero Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 186 orang. Menurut evaluasi ekonomi nilai POT sebesar 0,91 tahun dengan nilai BEP 53%.

## Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, 2021, "Statistik Indonesia.", Badan Pusat Statistik.
- Muhsin, M.R., dkk., 2020, "Pra-Desain Pabrik Sirup Glukosa dari Buah Mangrove (*Bruguiera gymnorrhizae*) dengan Hidrolisa Enzim-enzim", *JFACHE*, 01(01), hal.18–21.



**PRARANCANGAN PABRIK SIRUP GLUKOSA MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 28.000 TON/TAHUN**



Kode	Keterangan Alat
F-111	Gudang Penyimpanan Pati Tepung Tapioka
J-112	Belt Conveyor Tepung Tapioka
M-110	Mixer
F-113	Silo CaCl <sub>2</sub>
J-114	Belt Conveyor CaCl <sub>2</sub>
L-115	Pompa Mixer
F-116	Tangki penyimpanan sirup
L-117	Pompa tangki penyimpanan sirup
R-210	Reaktor Lisifikasi 01
F-211	Belt Hooper Enzim α-amilase
J-212	Belt Conveyor Enzim α-amilase
L-213	Pompa Reaktor Lisifikasi 01
R-220	Reaktor Lisifikasi 02
L-221	Pompa Reaktor Lisifikasi 02
F-222	Tangki penyimpanan hasil lisifikasi
L-223	Pompa Tangki penyimpanan hasil lisifikasi
E-311	Cooler
R-310	Reaktor Sakrifikasi
F-312	Tangki Penyimpanan Enzim Glukamilase
L-313	Pompa Glukamilase
F-314	Tangki Penyimpanan HCl
L-315	Pompa HCl
L-316	Pompa Reaktor Sakrifikasi 01
X-410	Filter press
E-411	Anion Exchanger
L-412	Tangki Penyisiran H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
F-413	Pompa Tangki Penyisiran H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
L-414	Pompa Kation Exchanger
E-415	Anion Exchanger
F-416	Tangki penyimpanan NaOH
L-417	Pompa penyimpanan NaOH
L-418	Pompa Anion Exchanger
V-420	Evaporator
L-421	Pompa Evaporator
E-422	Cooler Evaporator
F-423	Tangki Penyimpanan Produk

Kode	Keterangan Instrument
Tc	Temperature Control
Fc	Flow Control
Lc	Level Control
Li	Level Indicator
S	Steam
WP	Water Process
CW	Cooling Water

Komponen	kg/jam																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Air	3056,31	0	3056,31	3056,31	2689,5	11,97	0	53,79	53,79	0	79,681	79,68	79,68	88,72	88,72	88,72	0	87,97	24,18	64,54
Pati	469,84	0,35	470,2	470,2	449,82	0	0	163,34	83,66	79,68	5,71	5,71	5,71	5,71	0	0	0	0	0	0
Serat	3,18	0	3,18	3,18	3,18	0	0	3,18	0,3	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	0	0	0	0	0	0
Abu	6,01	0	6,01	6,01	6,01	0	0	6,01	0,16	5,71	0,08	0,96	0,96	0,09	0	0	0	0	0	0
CaCl <sub>2</sub>	0	0,09	0,09	0,09	0,09	0	0	0,09	0,0045	0,086	0,86	0,09	0,09	0,09	0	0	0	0	0	0
Amilase	0	0	0	0	1,92	1,83	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0	0	0	0	0	0
Dekstrin	0	0	0	0	91,68	0	0	1,83	1,74	0,09	0,09	0,09	0,09	0,096	0,09	0,096	0,096	0,096	0	0,096
Maltosa	0	0	0	0	193,56	0	0	277,03	13,85	263,18	263,18	263,18	263,18	263,18	263,18	263,18	263,18	263,18	0	263,18
Glukosa	0	0	0	0	101,87	0	0	3042,49	152,12	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	2890,36	0	2890,36
Glukoamilase	0	0	0	0	0	0	1,61	1,61	1,53	0,80	1,61	0,08	0,08	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	17,613	0	17,61	0,88	16,73	17,61	16,73	16,73	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup> dlm resin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sup>+</sup> dlm resin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OH <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,193	0	0	0	0	0	0
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,07	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> Cl						1,1945	0	1,1945	0,059	1,135	0	1,13	1,13	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>3535,35</b>	<b>0,443</b>	<b>3535,79</b>	<b>3537,72</b>	<b>3537,7</b>	<b>30,785</b>	<b>1,613</b>	<b>3570,12</b>	<b>309,87</b>	<b>1,61</b>	<b>3260,15</b>	<b>3269,1</b>	<b>3268,3</b>	<b>3268,3</b>	<b>3251,36</b>	<b>3251</b>	<b>3251,3</b>	<b>3251,3</b>	<b>24,18</b>	<b>3251,3</b>

Kode	Keterangan Simbol
⊗	Gate Valve
⊙	Globe valve
○	Silus (C)
◇	Nomor arus
□	Tekanan (atm)

1. Nama: ...  
 2. NIM: ...  
 3. ...  
 PROGRAM STUDI TEKNIK...  
 JURUSAN TEKNIK...  
 UNIVERSITAS...  
 2023

Gambar 1. Flow Diagram Process

- GINANJAR, R. A., 2018, "Analisis Efisiensi Industri Pengolahan Tepung Tapioka (Studi pada Desa Rembangkepuh Kecamatan Ngadiluwih Kabupaten Kediri)". *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 6(2).
- HARNI, M., PUTRI, S. K., GUSMALINI, & HANDAYANI, T. D., 2021, "Characteristics of glucose syrup from various sources of starch", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1), hal 1 - 5.
- HULL, P., 2010, "Glucose Syrups: Technology and Applications. In Glucose Syrups: Technology and Applications." Edisi Pertama, Wiley-Blackwell, New Delhi.
- KUSNARJO, 2010, "Desain Pabrik Kimia.", ITS Press, Surabaya.
- ELIZABETH, O. M., dkk., 2018, "Evaluation of Glucose Syrup Produced From Cassava Hydrolyzed with Malted Grains (Rice, Sorghum & Maize).", *IJPSR*, 9(8), hal.1000-1010.
- MSDS - Asam Klorida (HCl). (n.d.).
- OECD, 2021, "Indonesia Overview 2021.", OECD Economic Surveys, Maret, 1-59. Diakses pada tanggal 6 September 2022.
- PHIETER, A. C., CHRISNASARI, R., & PANTJAJANI, T., 2020, "Karakterisasi Enzim Pemecah Pati dari Malt Serelia.", *KELUWIH: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(1), hal.38-48.
- RAHMAWATI, A. Y., & SUTRISNO, A., 2015, "Hidrolisis tepung ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L.) secara enzimatis menjadi sirup glukosa fungsional: kajian pustaka.", *Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), hal.1152-1159.
- ROBI'A & SUTRISNO, A., 2015, "Karakteristik Sirup Glukosa dari Tepung Ubi Ungu (Kajian Suhu Likuifikasi dan Konsentrasi A-Amilase): Kajian Pustaka.", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4), hal.1531-1537.
- ROHMAL, 2013, "Uji Protein Dan Glukosa Es Krim Dengan Bahan Uj Jalar Ungu dan Susu Kedelai Rasa Nangka Secara Tradisional.", *Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi*, UMS, Surakarta.
- ROSADI, A., & SETIAWAN, D., 2022, "Prarancangan Pabrik Sirup Glukosa Dari Tepung Tapioka Melalui Proses Hidrolisis Enzimatis.", *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 5(1), hal.7-11.
- Safety Data Sheet, (n.d.), [www.GBiosciences.com](http://www.GBiosciences.com)
- SOFYANI, S., KANDOU, J. E. A., & SUMUAL, M. F., 2020, "Pengaruh Penambahan Tepung Tapioka dalam Pembuatan Biskuit Berbahan Baku Tepung Ubi Banggai (*Dioscorea alata* L.).", *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2), hal.73-84.
- Standar Nasional Indonesia, 1992, "Sirup Glukosa (SNI 01-297).", Pusat Standarisasi Industri, Departemen Perindustrian.
- PT Budi Starch & Sweetener Tbk., 2020, "Laporan Tahunan dan Keberlanjutan", Head Office, Jakarta.
- TONUKARI, N. J., 2004, "Cassava and the future of starch.", *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(1), hal.12-15.
- USDA, 2020, "World Markets and Trade Global Sugar.", hal.1-8.
- WIJANA, S., NURIKA, I., NINGSIH, I., 2011, "Feasibility study of tapioca production from dried cassava on small and medium industries.", *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), hal.130-137.
- YULISTIANI, F., dkk., 2019, "Fructose Syrup Production from Tapioca Solid Waste (Onggok) by Using Enzymatic Hydrolysis in Various pH and Isomerization Process.", *Journal of Physics: Conference Series*, 1295(1).

