

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Di era society 5.0 manusia dituntut untuk mampu menciptakan nilai baru melalui perkembangan teknologi. Indonesia sebagai negara berkembang sekaligus negara agraris perlu mendobrak perekonomian Indonesia dengan kekayaan alam yang tersedia, yaitu dengan meningkatkan nilai tambah di sektor industri pertanian, salah satunya dengan pemanfaatan jagung yang diharapkan dapat menjadi usaha jangka panjang untuk bersaing dalam society 5.0 ini. Jagung merupakan salah satu sumber pangan utama yang mengandung karbohidrat, lemak, vitamin, mineral dan protein kurang lebih sebesar 9,42 g per 100 g (*United States Departement of Agriculture*, 2016). Bahkan di beberapa daerah di Indonesia jagung dijadikan sebagai makanan pokok sehari-hari. Jagung juga dapat dimanfaatkan sebagai makanan penyela, makanan kecil, tepung, bahan kue hingga bahan baku industri pati.

Pati jagung mempunyai prospek pengembangan yang menghasilkan produk-produk olahan industri misalnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan sirop glukosa (Maflahah, 2010). Sirop glukosa adalah gula cair yang berasal dari proses hidrolisis pati secara enzimatis atau asam yang memiliki substansi kompleks terdiri dari dekstrin, maltosa, dan dekstroza (Hidayat, 2006).

Saat ini di Indonesia produksi gula nasional dinilai belum mampu untuk mencukupi kebutuhan nasional, hal ini dibuktikan dengan adanya impor gula dari luar negeri guna memenuhi kebutuhan nasional. Menurut Kementerian Perindustrian kebutuhan gula tahun 2022 mencapai 6,48 juta ton sedangkan produksi gula domestik hanya 2,5 juta ton. Hal ini menyebabkan neraca gula di Indonesia mengalami defisit sebesar 3,98 juta ton. Direktur Tanaman Semusim dan Rempah, Ardi Praptono menyatakan bahwa pada dasarnya produksi gula di Indonesia mengalami peningkatan 150.000 ton dibandingkan pada tahun 2021, hal tersebut terjadi karena luas area tebu yang meningkat sekitar 451.000 hektar. Namun hal tersebut tetap belum memenuhi kebutuhan gula nasional dikarenakan sebanding

dengan naiknya konsumsi gula domestik di Indonesia. Berdasarkan data tersebut apabila pemerintah melakukan strategi meningkatkan pengolahan hasil pertanian salah satunya dengan menambah kapasitas produksi gula maka ketergantungan gula impor dari negara lain dapat diminimalisir. Usaha peningkatan kapasitas produksi gula nasional di Indonesia, salah satunya dengan dibuatnya industri pengolahan gula berupa sirop glukosa berbahan baku pati jagung. Sirop glukosa yang berasal dari pati jagung dapat diperoleh dengan proses hidrolisis. Hidrolisis merupakan dekomposisi kimia yang terjadi dengan bantuan air untuk memisahkan antara ikatan kimia dengan substansinya. Hidrolisis pati adalah pemecahan molekul amilum agar menjadi penyusun yang lebih sederhana (Purba, 2009).

Adapun kegunaan sirop glukosa yaitu sebagai bahan pemanis makanan, bahan pengental tekstur makanan, penambah volume pada makanan, pengunci kelembaban pada makanan dan bahan penambah pada ekstrak makanan (Anugrahati, 1999).

I.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

I.2.1. Data Impor

Dalam proses penentuan kapasitas produksi yang dapat menghasilkan keuntungan digunakan beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan sirop glukosa di Indonesia dan ketersediaan bahan baku.

Berikut merupakan data impor sirop glukosa tiap tahun berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel I. 1 Data Impor Sirop Glukosa di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah(Ton)	Pertumbuhan(%)
1	2017	59.867,71	-
2	2018	118.134,40	97,3
3	2019	99.497,29	-15,8
4	2020	103.894,01	4,4
5	2021	56.566,36	-45,6
Rata-Rata			10,1

Sumber: (Badan Pusat Statistik 2017-2021)

I.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Faktor penentu kapasitas pabrik yang akan didirikan salah satunya berdasarkan kapasitas pabrik yang sudah ada baik di Indonesia maupun di luar negeri. Selain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan glukosa dalam negeri dan luar negeri, pabrik yang dirancang juga mampu bersaing dalam pasar luar negeri. Berikut merupakan daftar pabrik sirop glukosa yang sudah beroperasi di Indonesia dengan kapasitas produksi setiap tahunnya sebagai berikut:

Tabel I. 2 Kapasitas Pabrik Sirop Glukosa di Indonesia

Pabrik	Kapasitas(Ton/Tahun)
PT. Sari Pati Idaman	72.500
PT. Suba Indah	82.500
PT . Permata Dunia Sukses	295.248
PT. Bungasari	410.000
Rajawali Nusantara Indonesia	340.000
PT. IGN Pabrik Gula Cepiring	126.476

Sumber: (www.haihangchem.com)

Perkiraan kapasitas produksi pabrik sirop glukosa baru pada tahun 2028 dapat dilakukan dengan menghitung perkiraan nilai konsumsi sirop glukosa pada tahun 2028. Perkiraan nilai konsumsi dapat dilakukan dengan pendekatan perhitungan perkiraan nilai impor glukosa. Adapun perkiraan nilai impor glukosa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Peters dan Timmerhaus, 1991)

$$M = P (1+I)^n$$

Dengan:

- M : Perkiraan nilai impor, ekspor
P : Data terakhir nilai impor, ekspor
I : Pertumbuhan rata-rata pertahun

n : Selisih waktu perkiraan

Dengan menggunakan rumus tersebut perkiraan kapasitas impor sirop glukosa pada tahun 2028 adalah:

$$\begin{aligned} M &= P (1+I)^n \\ &= 56566,36 (1+0,101)^7 \\ &= 110.935,22 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Sehingga perkiraan konsumsi sebesar 110.935,22 ton/tahun.

Berdasarkan data kapasitas pabrik sirop glukosa yang sudah berdiri di Indonesia, diketahui bahwa pabrik dengan kapasitas terendah adalah PT. Sari Pati Idaman sebesar 72.500 ton/tahun, sedangkan pabrik dengan kapasitas terbesar yaitu PT Bungasari sebesar 410.000 ton/tahun. Apabila kebutuhan sirop glukosa diperkirakan pada tahun 2028 sebesar 110.935,22 ton/tahun dapat ditentukan bahwa kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 120.000 ton/tahun sehingga sirop glukosa yang tersisa nantinya dapat diekspor ke luar negeri.

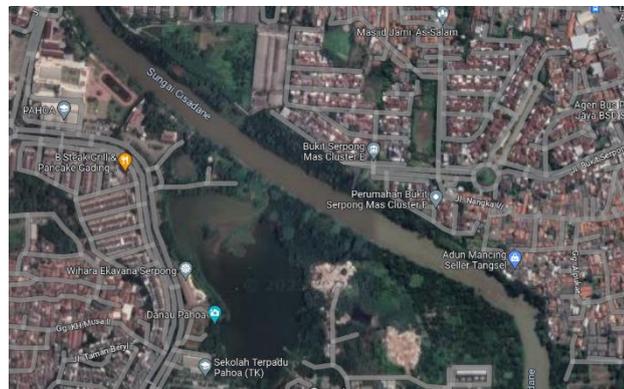
I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik menjadi salah satu pertimbangan yang penting dalam proses perancangan pabrik. Pemilihan lokasi pabrik ini dapat dijadikan penentu keberhasilan suatu pabrik dari segi teknik maupun ekonomi. Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu faktor geografis wilayah untuk menunjang proses distribusi bahan baku maupun produk. Oleh karena itu, rencana pendirian Pabrik Sirop Glukosa Dari Pati Jagung Dengan Proses Hidrolisis Enzimatis Kapasitas 120.000 ton/tahun ditempatkan pada Kabupaten Tangerang, Banten, Jawa Barat.

Adapun beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan Kabupaten Tangerang sebagai lokasi pendirian pabrik ini antara lain:

1. Sumber bahan baku

Ketersediaan bahan baku yang memadai merupakan kebutuhan penting untuk keberlangsungan proses produksi dari suatu pabrik. Bahan baku pembuatan sirup glukosa adalah pati jagung dan air. Bahan baku pati jagung diperoleh dari perkebunan jagung yang ada di wilayah Jawa Barat serta dari PT. Triputera Sukses Makmur, PT. Kediri Matahari Corn Mills, dan PT. Total Harvest Cemerlang. Untuk enzim α – amilase dan glucoamilase diperoleh impor dari China, sedangkan air diperoleh dari air Sungai Cisadane, Tangerang.



Gambar I. 1 Lokasi Pendirian Pabrik

2. Pemasaran produk

Tangerang dipilih sebagai lokasi pabrik karena dari segi pemasaran kawasan tersebut terdapat banyak industri yang memanfaatkan produk sirup glukosa. Selain itu Tangerang merupakan kawasan yang dekat dengan tol Jakarta-Tangerang, pelabuhan Internasional Tangerang dan stasiun sehingga mempermudah dalam kegiatan pemasaran produk di dalam maupun di luar negeri.

3. Sarana dan transportasi

Sarana dan transportasi merupakan salah satu hal penting yang menunjang keberlangsungan suatu pabrik. Dengan adanya sarana dan transportasi yang memadai akan memudahkan aktivitas pabrik. Kawasan Tangerang sebagai lokasi pabrik memiliki akses sarana dan transportasi yang memadai baik darat maupun laut untuk keperluan impor dan ekspor. Selain itu, lokasi pabrik juga dekat dengan pelabuhan Internasional Tangerang, tol Jakarta-Tangerang, dan stasiun sehingga memudahkan dalam kegiatan pengangkutan bahan baku dan produk.

4. Penyedia utilitas

Pabrik pembuatan sirop glukosa ini memerlukan air yang memadai untuk mengoperasikan *steam*, alat-alat pendingin, air proses, keperluan air minum dan keperluan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pabrik ini memproses air dari sungai Cisadane Tangerang, namun harus melalui *treatment* terlebih dahulu untuk digunakan sebagai umpan *boiler*. Untuk air pendingin, pabrik ini juga membuat *cooling tower* untuk mendinginkan kembali air pendingin sehingga dapat digunakan kembali. Selain itu, kebutuhan tenaga listrik diperoleh dari PLN dengan cadangan generator pembangkit yang dibangun sendiri.

5. Tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik yang tentunya disesuaikan dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Hal ini juga dapat menjadi usaha dalam mengurangi jumlah pengangguran yang ada.

I.4. Tinjauan Pustaka

I.4.1. Dasar Reaksi

Hidrolisis merupakan suatu reaksi kimia antara ion garam dengan air yang selanjutnya membentuk larutan dengan sifat asam atau basa. Komponen garam (kation atau anion) yang berasal dari asam lemah atau basa lemah bereaksi dengan air membentuk ion $\text{H}_3\text{O}^+(\text{=H}^+)$ atau ion OH^- . Jadi, terjadi reaksi penguraian antara kation dan anion garam dengan air dalam suatu larutan.

a. Hidrolisis Parsial

Hidrolisis parsial adalah reaksi penguraian sebagian komponen ion garam oleh air. Hal ini disebabkan garam yang dilarutkan ke dalam reaksi tersebut terbentuk dari garam yang memiliki komponen penyusun asam kuat dan basa lemah atau basa kuat dan asam lemah.

b. Hidrolisis Total

Hidrolisis total adalah reaksi penguraian keseluruhan dari komponen ion garam oleh air. Adapun garam yang bekerja dari reaksi ini merupakan garam yang berasal dari komponen penyusun asam lemah dan basa lemah (Azeez, 2002).

c. Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam adalah suatu reaksi yang banyak digunakan pada industri bahan pangan dengan memanfaatkan HCl dan H₂SO₄ sebagai katalis. Pada proses hidrolisis asam molekul pati yang terkandung akan dipecah secara acak oleh asam dan gula yang dihasilkan sebagian besar merupakan gula pereduksi (Endah, 2009).

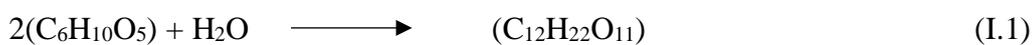
d. Hidrolisis Enzim

Hidrolisis enzim adalah reaksi penguraian dengan cara memecah rantai pada pati amilosa maupun amilopektin. Adapun enzim yang digunakan untuk proses pemecahan pada hidrolisis ini yaitu α – amilase (Niba, 2002).

Cara kerja enzim α - amilase terjadi melalui dua tahap, tahap pertama yaitu degradasi amilosa menjadi maltosa dan amiltrotrososa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat yang ditandai dengan menurunnya viskositas secara signifikan. Tahap kedua yaitu, pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Pembentukan glukosa ini bekerja lambat. Keduanya merupakan kerja enzim α - amilase pada molekul amilosa (Koswara, 2006).

Metode pembuatan sirup glukosa dari pati jagung menggunakan proses hidrolisis enzimatis merupakan reaksi eksotermis yang terjadi di dalam reaktor dengan fasa padat-cair yang direaksikan pada reaktor tangki berpengaduk dengan proses *batch*.

Reaksi yang terjadi: (Kartika dkk, 2019)



I.4.2. Mekanisme Reaksi

Teknologi yang digunakan dalam pembuatan sirup glukosa yaitu dengan proses hidrolisis sebagai berikut:

1. Hidrolisis dengan asam kuat

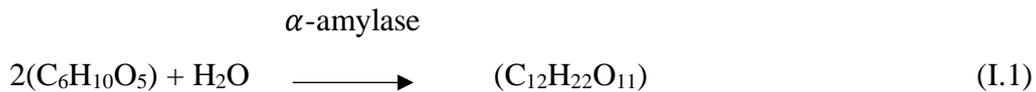
Bahan yang mengandung pati jagung dari jagung atau lainnya dimasukkan dalam *mixer* dengan menambahkan air pada suhu 30°C kemudian dihidrolisis dengan asam kuat sebagai katalisator dan dipanaskan pada suhu diatas 100°C (Susanto dkk, 2015).

2. Hidrolisis enzim

Proses pembuatan sirup glukosa dengan proses hidrolisis enzimatis terbagi menjadi dua tahap sebagai berikut:

a. Proses Likuifikasi

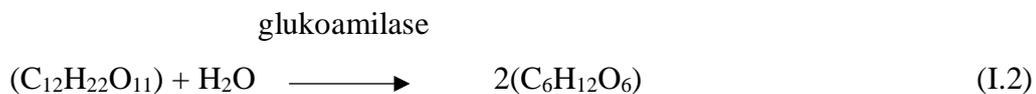
Reaksi yang terjadi pada likuifikasi:



Proses likuifikasi merupakan proses pencairan gel pati untuk memperoleh viskositas yang lebih rendah dengan cara menghidrolisis pati menjadi molekul yang lebih sederhana dengan bantuan enzim (Ruiz,2011). Pembentukan maltodekstrin dari pati dengan proses hidrolisis dengankatalis α -amilase pada suhu 90°C dengan tambahan NaOH untuk mengkondisikan pH 6-6,5 waktu reaksi 2 jam (Kartika dkk, 2019).

b. Proses Sakarifikasi

Reaksi yang terjadi pada sakarifikasi adalah:



Proses sakarifikasi merupakan proses ketika dekstrin hasil likuifikasi akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim tunggal (glukoamilase) maupun enzim campuran (glukoamilase dan pullulanase) yang biasa disebut dextrozyme untuk dikonversi menjadi glukosa. Pembentukan glukosa dari hidrolisis maltodekstrin dengan katalis glukoamilase pada suhu 60°C dengan tambahan HCl untuk mengkondisikan pH 5 waktu reaksi 22 jam (Kartika dkk, 2019).

Perbandingan proses pembuatan sirup glukosa menggunakan proses hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatis dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel I. 3 Perbandingan Proses Hidrolisis Asam dan Hidrolisis Enzim

Variabel perbandingan	Hidrolisis Asam	Hidrolisis Enzim
Yield	Rendah	Tinggi
Konversi	30-31%	21-92%
Temperatur	100 dan 150°C	60 dan 90°C
Korosi	Tinggi	Rendah
Katalis	HCl	α -amylase dan glukamilase
Warna Hasil Produk Glukosa	Coklat	Putih kekuningan
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> a. Penggunaan asam yang relatif murah. b. Tidak adanya penambahan enzim sehingga biaya operasionalnya rendah. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kondisi prosesnya dapat dikontrol b. Biaya pemurniannya murah c. Abu dan produk samping yang dihasilkan sedikit
Kekurangan	Degradasi gula hasil di dalam reaksi hidrolisis sehingga menyebabkan terjadi pembentukan produk samping berupa etanol.	<ul style="list-style-type: none"> a. Proses operasional yang relatif lama. b. Kerja enzim dapat menghambat produk.

Sumber: Sutamihardja, 2017

I.4.3. Pemilihan Proses

Berdasarkan perbandingan dua proses pada tabel di atas, maka dipilih proses hidrolisis enzim dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

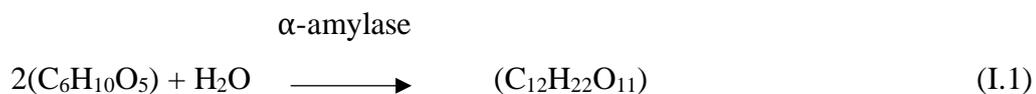
- a. Proses hidrolisis enzimatis menggunakan glukosa dengan yield tinggi.
- b. Konversi kadar gula pereduksi gula cair dengan menggunakan proses hidrolisis enzimatis memiliki nilai yang lebih tinggi.
- c. Kondisi operasi menggunakan hidrolisis asam kuat pada temperatur tinggi, hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya warna coklat pada sirop yang dihasilkan karena adanya proses karamelisasi.
- d. Hidrolisis enzimatis dapat meminimalisir timbulnya korosi yang merupakan salah satu faktor penghambat pada proses produksi.
- e. Hasil glukosa dengan menggunakan proses hidrolisis enzimatis akan berwarna lebih jernih dibandingkan dengan menggunakan hidrolisis asam karena terdapat kandungan garam dan abu setelah proses netralisasi.

I.4.4. Tinjauan Kinetika

Menurut Michaelis dan Menten reaksi hidrolisis merupakan reaksi dengan orde satu, karena air yang digunakan berlebih sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan (Artati dkk, 2012).

1. Reaksi Likuifikasi

Reaksi yang terjadi pada likuifikasi:



Proses likuifikasi dilakukan saat temperaturnya 90°C dan dilakukan dengan waktu reaksi reaktor 2 jam yang ditambahkan NaOH guna mengkondisikan Ph 6-6,5 (Kartika dkk, 2019).

Diketahui :

Xa : 21,44%

Waktu reaksi : 2 jam

Dari reaksi likuifikasi di atas, komponen air dinyatakan berlebih sehingga Cb dianggap tetap. Maka persamaan laju reaksinya ditulis sebagai berikut:

$$(-r_A) = k \cdot C_A$$

Sehingga nilai k dihitung dengan:

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A$$

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = kt$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k(1 - X_A)$$

$$-\ln(1 - X_A) = kt$$

$$k = -\ln(1 - X_A)/t$$

Maka nilai k : 0,0283/jam

2. Reaksi Sakarifikasi

Reaksi yang terjadi pada sakarifikasi adalah:

glukoamilase



Proses sakarifikasi dilakukan dengan menambahkan HCL yang bertujuan untuk mengkondisikan pH 5 dengan waktu reaksi reaktor 22 jam pada temperatur 60°C (Kartika dkk, 2019).

Diketahui :

Xa : 91,83%

Waktu reaksi : 22 jam

Reaksi sakarifikasi merupakan reaksi orde 1, dengan persamaan laju reaksi

$$(-r_A) = k \cdot C$$

Sehingga nilai k dapat dihitung :

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A$$

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = kt$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k(1 - X_A)$$

$$-\ln(1 - X_A) = kt$$

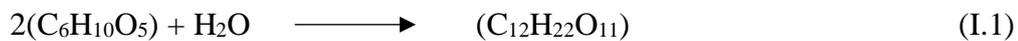
$$k = -\ln(1 - X_A)/t$$

Maka nilai k : 0,5109/jam

I.4.5. Tinjauan Termodinamika

Tujuan adanya tinjauan termodinamika adalah untuk mengetahui sifat reaksi yakni eksotermis atau endotermis. Dimana cara menentukan sifat reaksi panas dapat menggunakan perhitungan standar (ΔH_f° pada P = 1 atm dan T = 25°C) (Yaws, 1999).

Berdasarkan reaksi kesetimbangan reaksi utama pembuatan sirop glukosa:



ΔH_{f298} dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel I. 4 Data Entalpi Pembentukan

Komponen	ΔH_{f298} Kj/mol
(C ₆ H ₁₀ O ₅)	-958,6
H ₂ O	-0,04427
(C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	-2221,2
(C ₆ H ₁₂ O ₆)	-1262,2

Panas Reaksi Standar (ΔH_R°)

Jika ΔH_R° bernilai negatif maka reaksi eksotermis

Jika ΔH_R° bernilai positif maka reaksi endotermis

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H^\circ f(\text{produk}) - \sum \Delta H^\circ f(\text{reaktan})$$

$$= (\Delta H^\circ f \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) - (\Delta H^\circ f \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \Delta H^\circ f \text{ H}_2\text{O})$$

$$= (-2221,2) - (2(-958,6) \pm 0,04427)$$

$$\Delta H_R^\circ = -304,04 \text{ kj/mol}$$

Sehingga nilai ΔH_R° pada reaksi likuifikasi sebesar :

$$\Delta H_R^\circ = -304,04 \text{ kJ/mol}$$

Dan nilai ΔH_R° pada reaksi sakarifikasi sebesar :

$$\begin{aligned}\Delta H_R^\circ &= \Sigma \Delta H^\circ f(\text{produk}) - \Sigma \Delta H^\circ f(\text{reaktan}) \\ &= (\Delta H^\circ f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - (\Delta H^\circ f \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \Delta H^\circ f \text{ H}_2\text{O}) \\ &= (2(-1262,2)) - (-2221,2 + 0,04427)\end{aligned}$$

$$\Delta H_R^\circ = -303,15 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH_R° bernilai negatif maka reaksi merupakan reaksi bersifat eksotermis dan menunjukkan bahwa sistem membutuhkan pendingin.