

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

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. Adanya perkembangan industri kimia maka kebutuhan akan bahan baku industri tersebut semakin meningkat. Bahan baku industri ada yang diperoleh dari dalam negeri dan ada pula dengan cara impor. Guna meningkatkan pendapatan negara maka impor bahan kimia perlu dikurangi, sebaliknya ekspor bahan kimia perlu ditingkatkan. Salah satunya dengan pendirian pabrik-pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri kimia dalam negeri saat ini.

Salah satu pemanis buatan yang banyak digunakan di industri kimia 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 kelembapan.

Semakin berkembangnya industri maka kebutuhan akan sorbitol akan semakin bertambah seiring berjalannya waktu, sedangkan produksi dari sorbitol sendiri belum mencukupi kebutuhan dalam negeri. Maka dari itu, perlu didirikan pabrik sorbitol di Indonesia, dengan maksud agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga tidak perlu lagi mengimpor sorbitol dari luar negeri.

Sorbitol (D-glukitol) dengan rumus molekul $C_6H_{14}O_6$ ditemukan pada tahun 1872 yang memiliki tingkat kemanisan 0,6 kali relatif lebih rendah dari sukrosa dan rendah kalori (2,6 kal/gram). Sorbitol (D-Glucitol) adalah pemanis yang tergolong sebagai gula alkohol atau polyol turunan dari

glukosa. Sorbitol ini memiliki sifat tidak berbau yang mana banyak ditemukan pada buah dan tumbuhan. Sorbitol sendiri sudah diproduksi di Indonesia oleh PT. Sorini Agro Asia Corporindo dengan kapasitas 430.000 ton/tahun.

1.2 Tinjauan Pustaka

Sorbitol adalah alkohol polihidrat yang memiliki sejumlah kegunaan. Sebagai contoh, sorbitol digunakan dalam pembuatan asam sorbat dan propilen glikol serta untuk pembuatan bahan pemlastis sintesis dan resin (Shannon, 1967). Sorbitol mempunyai nama lain yaitu D-Sorbitol, D-Glisitol, D-Glucoheksana, D-1-2-3-3-4-5-6 hexano.

Sorbitol termasuk dalam alkohol heksahidrat dan memiliki rumus empiris $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol memiliki rasa manis dan digunakan sebagai pengganti gula dan juga digunakan dalam industri kosmetik dan farmasi serta untuk produksi polieter dan surfaktan. Sorbitol digunakan baik dalam bentuk larutan encer pekat atau dalam bentuk kristal padat sebagai bahan baku industri .

Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis. Sorbitol larut dalam air, gliserol, propylene glycol, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan acetamida. Namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik. Sorbitol diproduksi secara komersial dari glukosa melalui proses reduksi elektrolit, enzimatik atau proses hidrogenasi glukosa.

Secara umum, sorbitol dapat diproduksi dengan hidrogenasi glukosa yang dapat diperoleh dengan hidrolisis pati. Karena sorbitol yang diperoleh melalui proses tersebut mengandung banyak air, maka sorbitol dipekatkan hingga sekitar 70% berat padatan atau dikeringkan lebih lanjut menjadi bubuk untuk penggunaan komersial. Sorbitol pekat digunakan secara luas untuk penggunaan bidang industri karena harganya yang murah dibandingkan dengan sorbitol bubuk. Namun, sorbitol pekat tidak dapat

dapat digunakan di beberapa bidang seperti farmasi, kosmetik atau makanan yang dibatasi dalam penggunaan air, atau ditempat yang dingin sehingga sorbitol pekat menjadi terlalu kental untuk ditimbang. Di bidang tersebut, sorbitol bubuk dapat digunakan dengan mudah karena tidak adanya kandungan air dan mudah ditimbang (Tabata, 1991).

Sorbitol merupakan pemanis yang sebagian besar ditemukan dalam berbagai produk makanan (Fleeson, 2017). Sorbitol digunakan sebagai pemanis makanan, pelembab, bahan baku pasta gigi, vitamin C, bahan baku pembuatan surfaktan dan bahan baku industri kimia lain. Kegunaan sorbitol yang cukup luas menjadikan sorbitol diproduksi secara menguntungkan di berbagai negara di seluruh dunia (Ullmann's, 2003).

Saat ini di Indonesia terdapat tiga perusahaan yang memproduksi Sorbitol secara komersial, di antaranya PT. Sorini Agro Asia Corporindo Tbk dengan kapasitas produksi 124.000 ton/tahun, PT. Budi Kimia Raya dengan kapasitas 6.700 ton/tahun dan PT. Sama Satria Pasifik dengan kapasitas 6.000 ton/tahun. Sehingga total kapasitas produksi produsen sorbitol di Indonesia mencapai 136.700 ton/tahun (Fleeson, 2017).

A. Kegunaan Sorbitol

Sorbitol dapat dibuat dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitik bertekanan tinggi. Sorbitol secara umum digunakan sebagai bahan baku industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk industri tekstil dan kulit (Othmer vol 1, 1960).

Berikut ini beberapa kegunaan Sorbitol untuk industri :

- Bidang Makanan.

Pada bidang makanan, Sorbitol digunakan sebagai pemanis serta untuk memberikan ketahanan mutu dasar yang dimiliki makanan tersebut selama dalam proses penyimpanan. Bagi penderita diabetes, sorbitol dapat dipakai sebagai bahan pemanis pengganti glukosa, fruktosa, maltosa, dan sukrosa. Untuk produk

makanan dan minuman diet, sorbitol memberikan rasa manis yang sejuk di dalam mulut.

- Bidang Farmasi

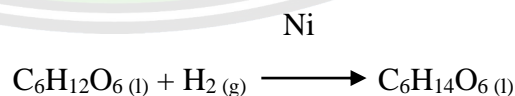
Seperti yang sudah diungkapkan dan sudah di klaim, sorbitol dapat digunakan sebagai pengikat dalam pembuatan tablet dan troches yang memiliki sifat larut lambat di dalam mulut. Untuk menyiapkan tablet dan troches yang mengandung sorbitol, sangat mudah untuk digunakan dalam bentuk kristal karena dapat mudah dicampur dengan bahan farmasi yang diinginkan. Pada konsentrasi tinggi sorbitol dapat sebagai stabilisator dari vitamin dan antibiotic dan pasta gigi.

- Bidang Kosmetik

Penggunaan sorbitol sangat luas di bidang kosmetik, diantaranya digunakan sebagai pelembab berbentuk cream untuk mencegah penguapan air serta dapat memperlincin kulit. Untuk pasta gigi, sorbitol dapat dipergunakan sebagai penyegar atau obat pencuci mulut yang dapat mencegah kerusakan gigi dan memperlambat terbentuknya karies gigi.

B. Dasar Reaksi

Sorbitol terbentuk dari reaksi antara glukosa dan hidrogen dengan metode hidrogenasi katalitik dengan bantuan katalis raney nikel dalam *reactor fixed-bed*. (US Patent 4,322,569)



Sorbitol yang terbentuk dalam larutan, kemudian dapat langsung diperoleh dengan mengkristalkan larutan sorbitol dan mengubahnya dalam bentuk kristal sorbitol (Shannon, 1967).

Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses hidrogenasi terhadap glukosa dan hidrogen adalah hidrogenasi katalis yaitu dengan

menggunakan katalis raney nickel dalam bentuk padatan untuk menghasilkan adisi Hidrogen (H_2) pada fase cair.

Pada reaksi hidrogenasi terjadi umumnya terdiri dari adisi sepasang atom hidrogen ke sebuah molekul. Penggunaan katalis diperlukan agar reaksi yang berjalan efisien dan dapat digunakan; hidrogenasi non-katalitik hanya berjalan dengan kondisi temperatur yang sangat tinggi. Hidrogen beradisi ke ikatan rangkap dua dan tiga hidrokarbon.

Kondisi operasi pada *Reactor Fixed-Bed* yang digunakan dalam prarancangan pabrik Sorbitol ini adalah sebagai berikut :

- a. Kondisi Operasi : $80\text{ }^\circ\text{C}$ (Kelarutan H_2 dan $C_6H_{12}O_6$)
- b. Waktu Reaksi : 1 - 5 jam (Pedro Gutmann, 2000)
- c. Reaktor : *Fixbed Reactor Autoklaf* (Chao et al., 1982)
- d. Konversi : 98% w/v (Chao et al., 1982)
- e. Fase reaksi : Cair-Gas
- f. Sifat Reaksi : Endotermis
- g. Tekanan : 6 atm (Kelarutan H_2 dan $C_6H_{12}O_6$)

1.2.1 Tinjauan Termodinamika

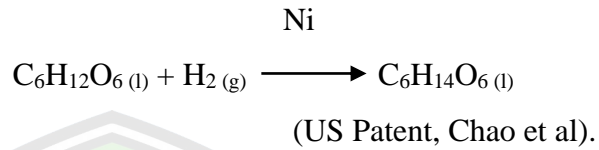
Untuk menentukan sifat reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis, maka pada pembuktian dengan menggunakan panas pembentukan standar ($\Delta H^{\circ}f$) pada tekanan 1 atm dan suhu 309 K dari reaktan dan produk.

Diketahui data ($\Delta H^{\circ}f$) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut

Tabel 1.1 Panas Pembentukan

Komponen	Formula	ΔH°_f (Kj/mol)	Fase
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	-1262,2	Liquid
Hidrogen	H_2	0	Gas
Sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	-1140	Liquid

Reaksi yang terjadi pada Reaktor :



$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_f \text{ reaksi} &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= -1140 - (-1262,2 + 0) \\ &= 122,2 \text{ Kj/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan ΔH°_f reaksi diatas bernilai positif, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi termasuk endotermis (menyerap panas), sehingga reaksi tidak melepas panas. Untuk mengetahui apakah reaksi dapat berjalan bolak balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*), maka dapat ditentukan dengan menghitung Energi Gibbs (ΔG).

Diketahui data (ΔG°_f) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut :

Tabel 1.2 Data Energi Gibbs

Komponen	Formula	ΔG°_f (Kj/mol)	Fase
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	-697,04	Liquid
Hidrogen	H_2	0	Gas
Sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	-866,14	Liquid

(Yaws, 1999)

1.2.2 Tinjauan Kinetika

Data yang didapatkan dari literatur/sumber, sebagai berikut:

- Kondisi Operasi : 80 °C (Wisniak et al., 1974)
- Waktu Tinggal : 1 - 5 jam (Pedro Gutmann, 2000)
- Reaktor : *Fixbed Reactor Multitube* (Chao et al., 1982)
- Konversi : 98% w/v (Chao et al., 1982)

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor, sebagai berikut :



Secara kinetika persamaan reaksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut :



Dalam jurnal "*kinetics of glucose hydrogenation in a trickle bed reactor*" reaksi termasuk reaksi hidrogenasi katalitik antara mengadsorpsi glukosa dan hidrogen dengan jenis reaksi termasuk pseudo orde 2. Persamaan yang dipakai dalam jurnal tersebut yaitu Langmuir – Hinshelwood, berikut persamaannya :

$$r = \frac{k(K_g H_g \cdot K_{H_2} P_{H_2})}{(1 + K_g H_g + K_{H_2} P_{H_2})^2}$$

$$r = \frac{497 \times 0,8654 C_g \times 0,0723 P_{H_2}}{(1 + 0,8654 C_g + 0,0723 P_{H_2})^2}$$

$$r = \frac{1,3 \times 10^{10} C_g P_{H_2}}{(1 + 0,8654 C_g + 0,0723 P_{H_2})^2} e^{-(800/T)}$$

Persamaan Reaksi :

$$-r_A = k \cdot C_A$$

Dimana :

$-r_A$ = Kecepatan laju reaksi

k = Konstanta kecepatan

C_A = Konsentrasi (mol/liter)

Untuk mendapatkan nilai frekuensi tumbukan (A), maka dapat menghitung menggunakan persamaan arhenius sebagai berikut :

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

Atau

$$\ln k = \frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$$

Dimana ;

k = Konstanta Kecepatan

A = Frekuensi Tumbukan

R = Konstanta Tetapan Gas

E_a = Energi Aktivasi

T = Suhu

Dengan, diketahui :

$$r = 248 \text{ mmol.h}^{-1}$$

$$k = 497 \text{ mmol.h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$K = 0,8654 \text{ l.mol}^{-1}$$

$$E_a = 67 \text{ Kj.mol}^{-1}$$

$$R = 8,314 \times 10^{-3} \text{ Kj.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$T = 313 \text{ K}$$

A?

Jawab :

$$\ln k = \frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$$

$$\ln (447 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1}) = \frac{-67\text{Kj.mol}^{-1}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ Kj.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}} \left(\frac{1}{313\text{K}} \right) + \ln A$$

$$6,289 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1} = -25,747 + \ln A$$

$$\ln A = 6,289 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1} + 25,747$$

$$\ln A = 32,036 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1}$$

$$A = e^{(32,036 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1})}$$

$$A = 87,083 \text{ mmol.h}^{-1}\text{g}^{-1}$$

Karena hasil A (frekuensi tumbukan) dan k (konstanta laju reaksi)-nya kecil maka reaksi membutuhkan katalis raney nikel yang berpori untuk mempercepat laju reaksi dengan E_a (energi aktivasi) yang kecil tanpa mengubah hasil reaksi.

1.2.3 Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang cukup harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik. Kapasitas produksi cukup dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomi. Penentuan kapasitas pabrik sorbitol ini ditentukan berdasarkan kebutuhan impor dan ekspor sorbitol di Indonesia. Berikut ini merupakan data impor dan ekspor sorbitol yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.3 Impor dan Ekspor Sorbitol Di Indonesia

No	Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)	Kebutuhan Ekspor (Ton/Tahun)
1	2017	8882,104	59722,629
2	2018	18723,212	48525,346
3	2019	8488,297	60948,150
4	2020	5935,111	63424,577
5	2021	5709,826	63566,507

Direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2026. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dan ekspor dari tahun 2017-2021, sehingga perkiraan penggunaan sorbitol pada tahun 2026 dapat dihitung dengan rumus persamaan (Kusnarjo, 2010) sebagai berikut :

Neraca Massa Peluang Kapasitas :

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

Dimana :

m_1 = Impor

m_2 = Produksi dalam negeri pabrik lama

m_3 = Produksi dalam negeri pabrik baru

m_4 = Ekspor

m_5 = Konsumsi dalam negeri

Karena data nilai konsumsi dan data nilai produksi yang tidak sesuai, maka diasumsikan bahwa nilai impor = konsumsi.

Dari data di atas didapatkan nilai i , persen pertumbuhan rata-rata impor pertahun (2017 – 2021) sebesar : 5,565%, dan

Nilai i , untuk persen pertumbuhan rata-rata ekspor pertahun (2017 - 2021) sebesar : 2,785%

Sehingga :

$$\begin{aligned}m_5 &= P (1 + i)^n \\ &= 5709,826 (1 + 5,565\%)^5 \\ &= 7845,531 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_4 &= P (1 + i)^n \\ &= 63566,507 (1 + 2,785\%)^5 \\ &= 72925,103 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Dari data yang sudah didapatkan, maka dapat dihitung kapasitas produksinya dengan perasamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Maka, } m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= (72925,103 \text{ ton/tahun} + 7845,531 \text{ ton/tahun}) - 0 \\ &= 80410,634 \text{ ton/tahun} \\ &= 80000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Jadi, kapasitas pabrik sorbitol dari sirup glukosa yang akan dibangun dari tahun 2026 yaitu sebesar 80.000 ton/tahun.

Penentuan kapasitas produksi dilihat dari kapasitas sumber daya dimiliki antara lain : kapasitas alat proses, kapasitas tenaga kerja, kapasitas bahan baku, kapasitas modal.

- Perencanaan Kapasitas Jangka Panjang

Perencanaan kapasitas jangka panjang merupakan strategi operasi dalam menghadapi segala kemungkinan yang akan terjadi dan sudah dapat diperkirakan sebelumnya. (dari hasil *forecasting*).

Tujuan utamanya adalah perusahaan dapat menentukan jumlah produksi yang dapat menghasilkan biaya minimum dengan memperhatikan antara lain : pola permintaan jangka panjang dan siklus kehidupan produk yang dihasilkan.

Untuk mengantisipasi gejolak kapasitas jangka panjang terdapat dua strategi yang dapat ditempuh perusahaan yaitu :

1. Strategi melihat dan menunggu perkembangan (*wait and see strategy*).
2. Strategi ekspansionis, yaitu berproduksi dengan kapasitas produksi yang selalu melebihi atau diatas volume permintaan.

- Metode Perencanaan Kapasitas

Untuk menentukan kapasitas produksi optimum, terdapat berbagai macam faktor yang harus diperhatikan, faktor faktor tersebut umumnya disebut sebagai faktor produksi antara lain :

1. Kapasitas bahan baku
2. Kapasitas jam kerja mesin
3. Kapasitas jam tenaga kerja
4. Kapasitas modal kerja

Dari beberapa factor tersebut diusahakan untuk memperoleh kombinasi jumlah dan jenis produksi yang akhirnya dapat menghasilkan keuntungan maksimal atau beban biaya yang paling minimal.