

# 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 Perencanaan Produk

### 1.2.1 Penentuan 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 1.1 Impor dan Ekspor Sorbitol di Indonesia**

No	Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)	Kebutuhan Ekspor (Ton/Tahun)
1	2017	8882,10400	59722,62942
2	2018	18723,21248	48525,34624
3	2019	8488,29700	60948,15025
4	2020	5935,11100	63424,57748
5	2021	5709,82600	63566,50693

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 :

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

$m_1 = \text{Impor}$

$m_4 = \text{Ekspor}$

$m_2 = \text{Produksi dalam negeri pabrik lama}$     $m_5 = \text{Konsumsi dalam negeri}$

$m_3 = \text{Produksi dalam negeri pabrik baru}$

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

Menghitung pertumbuhan impor (2017-2021)

Sehingga didapatkan nilai  $i$ , pertumbuhan rata-rata impor pertahun sebesar : 5,565%

Menghitung pertumbuhan ekspor (2017-2021)

Sehingga didapatkan nilai  $i$ , pertumbuhan rata-rata ekspor pertahun sebesar : 2,785%.

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

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

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

$$\text{Maka, } m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$\begin{aligned}
&= (72925,103 + 7485,531) - 0 \\
&= 80410,634 \text{ ton/tahun} \cong 80.000 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

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 memproduksi dengan kapasitas produksi yang selalu melebihi atau diatas volume permintaan.

- **Metode Perencanaan Kapasitas**

Untuk menentukan kapasitas produksi optimum, terdapat berbagai macam factor yang harus diperhatikan, faktor2 tersebut umumnya disebut sebagai factor 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.

### **1.2.2 Analisis Kebutuhan Baku**

Ketersediaan bahan baku yang mencukupi dapat menjaga keberlangsungan produksi yang akan dibutuhkan. Perencanaan yang optimal dalam menjaga ketersediaan bahan baku secara tidak langsung dapat menjaga pencapaian laba perusahaan yang telah direncanakan. Analisis kebutuhan bahan baku terkait dengan penentuan volume, ketepatan waktu dan biaya. Analisis kebutuhan bahan baku sangat penting dan harus sesuai dengan rencana produk berpengaruh terhadap kelancaran manufaktur, ketersediaan bahan baku yang memadai dapat menjaga keberlangsungan produksi. Analisis kebutuhan bahan baku yang optimal dapat menjaga keperolehan laba perusahaan yang telah direncanakan.

Astana (2007) menyatakan bahwa Material Requirement Planning adalah suatu konsep dalam perencanaan manajemen produksi yang membahas cara tepat dalam menganalisis kebutuhan bahan baku dalam proses produksi, sehingga produk yang dibutuhkan dapat tersedia sesuai dengan yang direncanakan. Analisis kebutuhan bahan baku salah satu syarat dalam memenuhinya yaitu menjaga ketersediaan bahan baku untuk menghindari kekurangan persediaan, masalah mutu atau pengiriman bahan baku dan untuk menjaga agar operasi dapat berlangsung dengan baik menggunakan “barang dalam proses”.

### **1.2.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses**

Perlunya analisis kebutuhan alat proses sebelum mendirikan pabrik industri kimia dituntut untuk meningkatkan produktivitas usaha dengan cara :

1. Melakukan aktifitas yang usaha efisiensi di capai dengan cara mengurangi aktivitas nir produktif, tata letak efisien akan menekan biaya material handling.

2. Meningkatkan produktivitas personal yang terlibat misalnya personal keamanan dan kenyamanan kerja.
3. Tata letak yang perlu dirancang .

### 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pendirian pabrik sorbitol dengan bahan baku glukosa dan hidrogen dapat memberikan solusi baik bagi industri kimia di Indonesia. Glukosa dan hidrogen di pilih menjadi bahan baku dengan beberapa pertimbangan diantaranya, bahan baku glukosa yang mudah didapatkan dengan harga yang murah dan beberapa pertimbangan lainnya dalam mendirikan pabrik Sorbitol, sebagai berikut :

1. Bahan baku glukosa jumlahnya melimpah dan mudah dijangkau, glukosa sebagian besar berasal dari Pabrik Budi Starch & Sweetners yang tiap harinya menghasilkan produk glukosa.
2. Banyaknya industri makanan, kosmetik dan farmasi yang ada di Indonesia menjadikan sorbitol sebagai pemanis buatan untuk berbagai jenis makanan, jenis kosmetik, dan jenis farmasi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang selalu meningkat.
3. Karena selama ini Indonesia masih mengimpor beberapa bahan kimia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka dengan mendirikan pabrik Sorbitol dapat mengurangi devisa negeri dalam mengimpor bahan kimia tersebut serta membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat Indonesia.
4. Melihat prospek yang bagus, maka ada rencana untuk membangun pabrik Sorbitol untuk mengurangi ketergantungan masyarakat Indonesia dalam produk luar negeri, menghemat biaya, meningkatkan ekspor, dan meningkatkan tingkat teknologi kita.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, pabrik Sorbitol dengan bahan baku glukosa dan hidrogen akan memiliki prospek yang baik.



## 1.4 Tinjauan Pustaka

### 1.4.1 Sorbitol

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-Glukoheksana, 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 digunakan di beberapa bidang seperti farmasi, kosmetik atau makanan yang dibatasi dalam penggunaan air, atau ditempat yang dingin sehingga sorbitol pekat menjadi terllau 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).

#### **1.4.2 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.

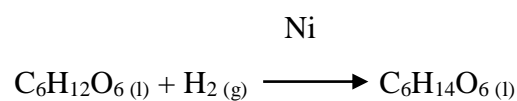
- Bidang Kosmetik

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.

## 1.5 Konsep Reaksi

### 1.5.1 Dasar Reaksi

Sorbitol terbentuk dari reaksi antara glukosa dan hidrogen dengan metode hidrogenasi katalitik dengan bantuan katalis raney nikel dalam reactor *fixed-bed* yang beroperasi dengan mode batch. (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).

### 1.5.2 Mekanisme Reaksi

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.

### 1.5.3 Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada Reaktor 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% (Chao et al., 1982)
- e. Fase reaksi : Cair-Gas
- f. Sifat Reaksi : Endotermis
- g. Tekanan : 6 atm (Kelarutan  $H_2$  dan  $C_6H_{12}O_6$ )

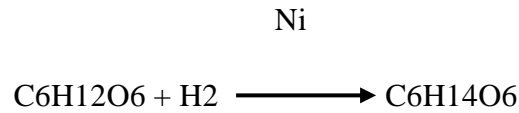
### 1.5.4 Tinjauan Kinetika

Data yang didapatkan dari literatur/sumber, sebagai berikut:

- a. Kondisi Operasi :  $80\text{ }^\circ\text{C}$  (Wisniak et al., 1974)
- b. Waktu Tinggal : 1 - 5 jam (Pedro Gutmann, 2000)

- c. Reaktor : Fixbed Reactor Multitube (Chao et al., 1982)
- d. Konversi : 98% (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 :

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

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

$$r = \frac{1,3 \times 10^{10} C_g P_{H_2}}{(1 + 0,8654 C_g + 0,0723 P_{H_2})^2} e^{-\left(\frac{8000}{T}\right)}$$

➤ **Persamaan Reaksi**

$$-r_A = k \cdot CA$$

Dimana :

$$-r_A = \text{Kecepatan laju reaksi}$$

$K$  = Konstanta kecepatan

$CA$  = Konsentrasi (mol/liter)

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

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

Atau

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

Dimana ;

$K$  = Konstanta Kecapatan

$A$  = Frekuensi Tumbukan

$R$  = Konstanta Tetapan Gas

$Ea$  = Energi Aktivasi

$T$  = Suhu

Dengan, diketahui :

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

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

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

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

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

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

$A?$

Jawab :

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

$$\ln(497 \text{ mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{-67 \text{ Kj} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ Kj} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}} \left( \frac{1}{313 \text{ K}} \right) + \ln A$$

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

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

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

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

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

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 Ea (energi aktivasi) yang kecil tanpa mengubah hasil reaksi.

### 1.5.5 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 :

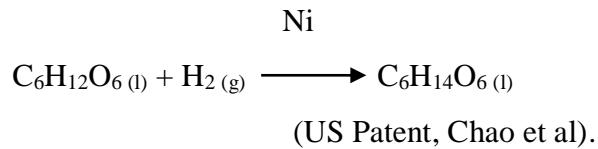
**Tabel 1.2 Panas Pembentukan.**

Komponen	Formula	$\Delta H^\circ_f$ (Kj/mol)	Fase
Glukosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	-1262,2	Liquid
Hidrogen	H <sub>2</sub>	0	Gas
Sorbitol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	-1140,00	Liquid

(Yaws, 1999)



Reaksi yang terjadi pada Reaktor :



$$\begin{aligned} \Delta H^\circ f \text{ reaksi} &= \Delta H^\circ f \text{ produk} - \Delta H^\circ f \text{ reaktan} \\ &= -1140 - (-1262,2 + 0) \\ &= 122,20 \text{ Kj/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan  $\Delta H^\circ f$  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 ( $\Delta G$ ).

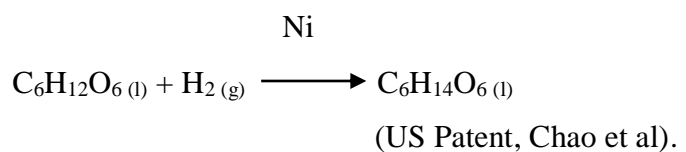
Diketahui data ( $\Delta G^\circ f$ ) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut :

**Tabel 1.3 Energi Gibs.**

Komponen	Formula	$\Delta G^\circ f$ (Kj/mol)	Fase
Glukosa	C6H12O6	-697,04	Liquid
Hidrogen	H2	0	Gas
Sorbitol	C6H14O6	-866,14	Liquid

(Yaws, 1999)

**Reaksi yang terjadi pada Reaktor**



$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ} \text{ f Reaktor} &= \Delta G^{\circ} \text{ f produk} - \Delta G^{\circ} \text{ f reaktan} \\
&= -866,14 - (-697,04 + 0) \\
&= -169,1 \text{ Kj/mol}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas,  $\Delta G^{\circ}$  dan  $\Delta G_{418}$  bernilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan Sorbitol pasti terjadi dan bersifat spontan.

Mencari  $\Delta G$  operasi pada suhu 36 C atau 309 K menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta G_{418} = -RT \cdot \ln K_{418}$$

Dimana :

$\Delta G^{\circ}$  = Energi Gibbs Standar Reaktor (-169,1 Kj/mol)

R = Tetapan Gas Ideal ( $8,314 \times 10^{-3}$  Kj/mol.K)

T = Suhu Pada 298°K (25°C)

T1 = Suhu Pada 313°K (40°C)

K<sub>298</sub> = Konstanta Keseimbangan pada 298 K (25°C)

K<sub>313</sub> = Konstanta Keseimbangan di Reaktor 313 K (40°C)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta keseimbangan pada T<sub>referensi</sub> 298 K adalah sebagai berikut :

$$\Delta G_{298} = -RT \ln K_{418}$$

$$\ln K_{298} = \frac{\Delta G_{298}}{-RT}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{-169,1 \text{ kjoule/mol}}{\left(-8,314 \times 10^{-3} \text{ kjoule/mol}\right) (298 \text{ K})} \\
&= 68,25231
\end{aligned}$$

$$K_{298} = \exp(68,25231)$$

$$= 4,38129 \times 10^{29}$$

Suhu Operasi : 80 °C atau 353 K.

Tekanan : 88,1757 psig → ± 6 atm

Maka, K operasi = K 313

$$\frac{K_{313}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right)$$
$$= \exp - \frac{122,20 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol}} \left( \frac{1}{353 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\frac{K_{353}}{4,38126 \times 10^{29}} = \exp^{(-7,68480595385394)}$$

$$K_{353} = (4,38126 \times 10^{29})(\exp^{(-7,68480595385394)})$$
$$= 2,0143280773134 \times 10^{26} \quad K > 1$$

Berdasarkan perhitungan diatas harga K lebih dari satu, sehingga tidak dapat kembali menjadi reaktan atau bisa dikatakan bahwa reaksi bersifat irreversible (searah), karena arah pergeseran reaksi dapat menggambarkan kesetimbangan reaksinya. Sebuah proses disebut irreversible jika sistem dan lingkungannya tidak bisa dikembalikan ke keadaan awal setelah proses tersebut terjadi. Pergeseran kesetimbangan reaksi kimia salah satunya dipengaruhi oleh suhu reaksi, jika dalam suatu eksotermis dilakukan perubahan suhu atau penambahan suhu pada reaksi, maka kesetimbangan reaksi akan berjalan ke arah kiri atau ke arah reaktan (reaksi endotermis).