# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengembangan dan pembangunan terhadap sektor industri merupakan bagian dari upaya perbaikan sistem perekonomian global. Sektor industri merupakan kontributor terbesar bagi perekonomian nasional dengan hasil mencapai lebih dari 20%. Berdasarkan jumlah persentase tersebut, Indonesia termasuk kedalam jajaran 5 besar negara di dunia yang sektor industrinya memiliki kontribusi cukup tinggi. Sektor industri di Indonesia telah berkembang sangat pesat dengan kemajuan ilmu pengetahuan serta penggunaan teknologi canggih di berbagai bidang industri. Salah satunya adalah industri kimia yang menggunakan proses kimia sebagai proses utama.

Dalam proses produksi industri kimia kebutuhan terhadap bahan baku dan bahan pendukung semakin meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan proses produksi, kegiatan impor dilakukan agar kebutuhan nasional terpenuhi. Dalam menyikapi hal tersebut, diperlukan sebuah perubahan untuk mengurangi kegiatan impor di Indonesia yaitu dengan membangun pabrik baru. Tujuan pembangunan pabrik ini sejalan dengan tujuan pemerintah Indonesia yang ingin memproduksi sendiri bahan baku untuk kebutuhan industri guna menekan tingginya jumlah impor. Selain itu, pembangunan pabrik di sektor industri kimia memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian nasional melalui peningkatan penerimaan devisa, substitusi impor dan penyerapan tenaga kerja. Salah satu bahan baku yang jumlah impornya masih cukup tinggi di Indonesia adalah asam askorbat.

Asam askorbat atau dikenal sebagai Vitamin C ($C_6H_8O_6$) pertama kali diproduksi dalam skala industri pada tahun 1936 menggunakan proses sintesis yang dikenal dengan *Reichstein process*. Selain menggunakan proses sintesis *Reichstein*, asam askorbat dapat diproduksi dengan proses *two-step fermentation with single culture* atau *mixed culture*. Asam askorbat pada umumnya digunakan sebagai bahan baku industri farmasi dan digunakan diberbagai bidang industri sebagai bahan tambahan, seperti pada industri pangan, dan kecantikan.



Prarancangan Pabrik.., Susanti Rahayu, Fakultas Teknik, 2022

### 1.2.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1.1 Maksud

Maksud dari pra-rancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan asam askorbat di Indonesia, karena produk ini banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan pada industri pangan, farmasi, dan kecantikan. Maka dalam pra-rancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi asam askorbat dari sorbitol.

1.1.1.2 Tujuan

Tujuan dari pra-rancangan pabrik asam askorbat ini adalah:

1. Untuk meningkatkan jumlah produksi asam askorbat yang ada di dalam negeri.
2. Untuk memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan asam askorbat sebagai bahan baku dan bahan tambahan.
3. Mengurangi jumlah kebutuhan impor di dalam negeri.
4. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah pra-rancangan pabrik kimia.

## 1.2 Tinjauan Pustaka

### 1.2.1 Bahan Baku

a. Sorbitol

Sorbitol (D-sorbitol) atau disebut juga sebagai D-glucitol merupakan jenis karbohat yang diklasifikasikan kedalam gula alkohol atau yang disebut poliol. Pertama kali ditemukan pada tahun 1868 dalam buah beri dengan konsentrasi 5-12% di pegunungan *ash*. Nama sorbitol diambil dari nama seorang ilmuawan, *Sorbus Aucuparia L*. Senyawa yang larut dalam air ini dapat ditemukan secara alami pada tanaman. Pada tahun 1890, E. Fischer pertama kali melakukan sintesis kimia terhadap sorbitol dengan cara mereduksi glukosa dengan natrium amalgamat (Schiweck, et al., 2011).



Prarancangan Pabrik.., Susanti Rahayu, Fakultas Teknik, 2022

Sorbitol memiliki tingkat kemanisan 0,6 kali lebih rendah dari sukrosa dan memiliki kalori yang rendah sebesar 2,6 kal/gram. Sorbitol banyak digunakan pada berbagai bidang industri. Pada industri pangan, sorbitol digunakan sebagai pemanis dalam permen diet, karena struktur sorbitol tidak mencerminkan adanya aldehida atau keton (Burt, 2006). Sedangkan pada industri farmasi, sorbitol digunakan sebagai bahan pengisi tablet, plasticizer dalam kapsul gelatin, campuran untuk antibiotik dan merupakan bahan baku dalam pembuatan asam askorbat (Vitamin C).

b. Oksigen

Oksigen atau zat asam adalah unsur kimia yang dapat bereaksi dengan hampir semua unsur. Pada temperature dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan menjadi dioksigen, yaitu senyawa gas diatomik. Oksigen secara terpisah ditemukan pada tahun 1773 oleh *Carl Wilhelm Scheele* di Uppsala dan pada tahun 1774 oleh *Joseph Priestley* di Wiltshire. Istilah oksigen diciptakan oleh *Antoine Lavoisier* pada tahun 1777 (Mellor, 1939).

c. Natrium karbonat

Natrium karbonat atau yang dikenal sebagai abu soda merupakan kristal padat berwarna putih yang mudah larut didalam air, bersifat basa atau alkalin dan akan membentuk larutan alkali yang kuat. Natrium karbonat banyak digunakan pada industri kaca, farmasi, pangan, *water treatment*, deterjen, industri pulp dan kertas, industri tekstil, dan industri lainnya. (Kirk and Othmer, 1979).

d. Natrium bikarbonat

Natrium bikarbonat merupakan monosodium asam karbonat yang berbentuk serbuk kristal berwarna putih dengan sifat alkali dan pengganti elektrolit setelah disosiasi sehingga membentuk ion natrium dan bikarbonat. Istilah “bikarbonat” diberikan oleh kimiawan Inggris yang Bernama *William Hyde Wollaston* pada tahun 1814. Dalam kimia anorganik, bikarbonat merupakan bentuk antara dari deprotonasi asam

karbonat. Deprotonasi adalah pelepasan sebuah proton (kation $H^+$) dari sebuah molekul sehingga membentuk konjugat basa. Natrium bikarbonat atau biasa disebut dengan *baking soda* sering digunakan dalam industri pangan, farmasi, karet, dan lain sebagainya.

### 1.2.2 Bahan Pendukung

a. Ammonia

Amonia merupakan senyawa yang mengandung nitrogen dengan berat molekul paling rendah. Ammonia merupakan senyawa nitrogenous yang paling banyak ditemukan di bumi setelah $N_2$. Pada industri kimia, ammonia dikenal sebagai senyawa dengan aroma yang khas dan menyengat serta memiliki toksisitas yang tinggi. Ammonia merupakan salah satu bahan baku penting yang digunakan dalam produksi pupuk dan mulai dikembangkan untuk digunakan sebagai bahan bakar.

b. Metanol

Metanol atau disebut carbinol dan lebih dikenal dengan alkohol kayu dengan nama umum spiritus, merupakan senyawa alkohol sederhana. Metanol dapat diperoleh dari destruktif kayu dan biasanya digunakan dalam bidang industri sebagai bahan tambahan pada bensin, bahan pemanas ruangan, pelarut industri pada larutan mesin fotokopi, serta bahan makanan untuk bakteri yang memproduksi protein.

### 1.2.3 Produk

a. Asam askorbat

Asam askorbat atau dikenal dengan vitamin C merupakan senyawa yang dapat larut dalam air. Bentuk utama dari asam askorbat adalah L-ascorbic dan dehydroascorbic acid (Naidu, 2003). Asam askorbat berbentuk kristal berwarna putih dan biasa digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan tambahan pada industri pangan, farmasi, kosmetik, dan lain sebagainya.

b. Natrium hidroksida

Natrium hidroksida dikenal sebagai soda kaustik atau soda api berbentuk pellet, berwarna putih dan bersifat higroskopis. Natrium hidroksida digunakan pada industri untuk pembuatan garam natrium dan deterjen, pengaturan pH, dan sintesis organik.

c. Karbon dioksida

Karbon dioksida merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Berbentuk gas pada keadaan temperature dan tekanan standar (Perry, 1984).

d. Air

Air merupakan senyawa hogen dan oksigen yang berikatan secara kovalen. Ikatan ini terbentuk akibat dari terikatnya elektron secara bersamaan. Air biasa digunakan sebagai pembangkit energi, sanitasi, dan penunjang untuk keperluan industri.

### 1.2.4 Tinjauan Kinetika Reaksi

Penentuan kinetika Asam Askorbat biasanya diasumsikan mengikuti kinetika orde satu dengan reaksi:

$$C_6H_{14}O_6 + \frac{3}{2}\,O_2 + Na_2CO_3 + NaHCO_3 \rightarrow C_6H_8O_6 + 3NaOH + 2CO_2 + 2H_2O$$

Persamaan orde satu adalah:

$$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -kt$$

Sedangkan untuk rumus kinetika reaksi adalah:

$$K = A.e^{-Ea/RT}$$

Keterangan:

$C_0$ = konsentrasi awal

C = konsentrasi setelah proses

K = konstanta kecepatan reaksi ($menit^{-1}$)

A = faktor frekuensi

Ea = energi aktivasi

T = suhu proses (K)

R = ketetapan gas (1,987 cal/mol.K)

(Sun, 2012)

Diketahui:

Ea = 8,4885 Kcal/mol

R = 1,987 cal/mol.K = 0,001987 Kcal/mol.K

T = 64°C = 337,15 K

A = $\frac{Ea}{R} = \frac{8,4885}{0,001987} = 4272,01$

Maka nilai K adalah:

$K = A.e^{-Ea/RT}$

K = $4272,01 \times e^{-8,4885/(0,001987 \times 337,15)}$

K = 0.0134 menit$^{-1}$

Persamaan laju reaksi

$-r$ $C_6H_{14}O_6$ = $\frac{dc\ C6H14O6}{dt}$

$\frac{dc\ C6H14O6}{dt}$ = k [C $C_6H_{14}O_6$]$^{-1}$ [C $C_6H_8O_6$]$^{-1}$ = 4272,01 Kcal/mol

$-r$ $C_6H_{14}O_6$ = k [C $C_6H_{14}O_6$]$^{-1}$ [C $C_6H_8O_6$]$^{-1}$ = 4272,01 Kcal/mol

$r$ $C_6H_{14}O_6$ = k [C $C_6H_{14}O_6$]$^{-1}$ [C $C_6H_8O_6$]$^{-1}$ = $-4272,01$ Kcal/mol

### 1.2.5 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi selama proses berlangsung membutuhkan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis) dan juga untuk mengetahui arah reaksi,

apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik arah (*reversible*).

Untuk menentukan sifat reaksi terjadi secara endotermis atau eksotermis dapat dihitung menggunakan perhitungan entalpi pembentukan standar ($\Delta H_F°$) pada kondisi P = 1 bar dan T = 298 K. Reaksi pembuatan Asam Askorbat yang terjadi, sebagai berikut:

$$C_6H_{14}O_6 + \frac{3}{2} O_2 + Na_2CO_3 + NaHCO_3 \rightarrow C_6H_8O_6 + 3NaOH + 2CO_2 + 2H_2O$$

Berikut merupakan tabel yang berisi nilai $\Delta H_F°$ masing-masing komponen pada suhu 298 K.

Tabel 1.1. Harga $\Delta H_F°$ masing-masing komponen

| **Komponen** | **$\Delta H_F°$ (kJ/mol)** |
|---|---|
| $C_6H_{14}O_6$ | -1140 |
| $O_2$ | 0 |
| $Na_2CO_3$ | -1127,42 |
| $NaHCO_3$ | -945,58 |
| $C_6H_8O_6$ | -951 |
| NaOH | -426,6 |
| $CO_2$ | -393,5 |
| $H_2O$ | -285,84 |

(Perry et al., 1997) & (Yaws, 1999)

$\Delta HR_{298}$ = Σ $\Delta H_F°$ produk - Σ $\Delta H_F°$ reaktan

$\Delta HR_{298}$ = ($\Delta H_F°$ $C_6H_8O_6$ + 3. $\Delta H_F°$ NaOH + 2. $\Delta H_F°$ $CO_2$ + 2. $\Delta H_F°$ $H_2O$) – ($\Delta H_F°$ $C_6H_{14}O_6 + \frac{3}{2}$ $\Delta H_F°$ $O_2$ + $\Delta H_F°$ $Na_2CO_3$ + $\Delta H_F°$ $NaHCO_3$)

$\Delta HR_{298}$ = {(-951) + (3 × (-426,6)) + (2 × (-393,5)) + (2 × (-285,84))} – {(-1140) + (1,5 × 0) + (-1127,42) + (-945,58)}

$\Delta HR_{298}$ = {(-3589,48)} – {(-3213)}

$\Delta HR_{298}$ = -376,48 kJ/mol

Berdasarkan perhitungan $\Delta HR_{298}$ diatas yang bernilai negatif, maka reaksi pembentukan Asam Askorbat bersifat eksotermis atau menghasilkan panas selama reaksi berlangsung. Energi Bebas Gibbs ($\Delta G$) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai $\Delta G°$ adalah negatif maka reaksi berjalan secara spontan, jika nilai $\Delta G°$ adalah positif maka reaksi berjalan secara tidak spontan, sedangkan jika nilai $\Delta G°$ adalah nol maka reaksi berada dalam kesetimbangan. Berikut merupakan tabel yang berisi harga $\Delta G°$ masing-masing komponen.

Tabel 1.2. Harga $\Delta G_F°$ masing-masing komponen

| **Komponen** | **$\Delta G_F°$ (kJ/mol)** |
|---|---|
| $C_6H_{14}O_6$ | -866 |
| $O_2$ | 0 |
| $Na_2CO_3$ | -1044,11 |
| $NaHCO_3$ | -847,92 |
| $C_6H_8O_6$ | -731 |
| NaOH | -379,07 |
| $CO_2$ | -394,4 |
| $H_2O$ | -237,19 |

(Perry et al., 1997) & (Yaws, 1999)

$\Delta G_{298}$ = Σ $\Delta G_F°$ produk - Σ $\Delta G_F°$ reaktan

$\Delta G_{298}$ = ($\Delta G_F°$ $C_6H_8O_6$ + 3. $\Delta G_F°$ NaOH + 2. $\Delta G_F°$ $CO_2$ + 2. $\Delta G_F°$ $H_2O$) – ($\Delta G_F°$ $C_6H_{14}O_6$ + $\frac{3}{2}$ $\Delta G_F°$ $O_2$ + $\Delta G_F°$ $Na_2CO_3$ + $\Delta G_F°$ $NaHCO_3$)

$\Delta G_{298}$ = {(-731) + (3 × (-379,07)) + (2 × (-394,4)) + (2 × (-237,19))} – {(-866) + (1,5 × 0) + (-1044,11) + (-847,92)}

$\Delta G_{298}$ = {(-3131,39)} – {(-2758,03)}

$\Delta G_{298}$ = -373,36 kJ/mol

Perhitungan harga Konstanta Kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut:

$$\Delta G° = -RT \ln K \qquad \text{atau}$$

$$K = exp^{-\Delta G/RT}$$

Dimana:

$\Delta G°$ = Energi bebas Gibbs standar (kJ/mol)

R = Tetapan gas ideal (0,008314 kJ/mol)

T = Temperature (K)

K = Konstanta Kesetimbangan

(S.K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan diatas maka perhitungan konstanta kesetimbangan pada $T_{298\ K}$ sebagai berikut:

$$\ln K_{298} = \left[-\frac{\Delta G_f°}{RT}\right]$$

$$K_{298} = exp\left[-\frac{-373.36}{0.008314 \times 298}\right]$$

$$K_{298} = 2.7951 \times 10^{65}$$

Nilai K pada temperature 64℃ (337 K) diketahui sebesar 0.00726 menit$^{-1}$ (Amanto, Ishartani, & Nurulaini, 2016), sehingga $\Delta G_{337}$ dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G = \Delta G^{O} + RT \ln K$$

$$= -373.36 + 0.008314 \times (337) \times -4.92537545$$

$$= -387.1600056 \text{ kJ/mol}$$