

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Di antara negara-negara berkembang, Indonesia adalah salah satu negara yang melakukan upaya signifikan untuk memajukan sektor industrinya. Khususnya pada industri kimia sedang mengalami kemajuan signifikan baik dari segi kualitas maupun jumlah produksinya. Dampak positif dari pertumbuhan ini adalah peningkatan kebutuhan akan bahan baku dan dukungan lainnya. Meskipun demikian, hal ini juga berarti Indonesia masih bergantung pada pasokan dari negara lain.

Di Indonesia, permintaan terhadap *Sodium Nitrate* ( $\text{NaNO}_3$ ) cukup besar, namun saat ini negara masih mengandalkan impor dari luar. Hal ini disebabkan oleh ketiadaan tambang dan pabrik *Sodium Nitrate* di Indonesia. Melihat kondisi ini, prospek industri *Sodium Nitrate* di Indonesia tampak cukup menggembirakan. Pasar *Sodium Nitrate* di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar, terutama mengingat Indonesia sedang aktif mengembangkan sektor industri. *Sodium Nitrate* memiliki berbagai kegunaan yang dapat diterapkan dalam berbagai industri lainnya. Oleh karena itu, kebutuhan *Sodium Nitrate* di Indonesia untuk keperluan industri terus mengalami peningkatan.

*Sodium Nitrate* merupakan padatan yang berbentuk kristal yang tidak memiliki warna dan tidak memiliki bau yang sukar larut dalam gliserol, alkohol, dan air. Tingkat leburnya adalah  $308\text{ }^\circ\text{C}$ , dan titik dekomposisinya adalah  $380\text{ }^\circ\text{C}$ , dan titik ledaknya adalah  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . *Sodium Nitrate* dapat digunakan sebagai bahan intermediate dalam berbagai bentuk, seperti dalam pembuatan pupuk pertanian, sebagai agen pengoksidasi, dan sebagai bahan fluxing untuk membuat kaca vitreous, fiberglass, porselen, dan enamel. Penggunaan lainnya termasuk dalam pembuatan briket arang, bahan peledak, obat-obatan, refrigeran, korek api, yang dikombinasikan dengan oksida besi untuk membuat resin (Patnaik, 2001).

Pembuatan *Sodium Nitrate* tidak memerlukan penanganan bahan berbahaya atau gas dengan tekanan tinggi, jadi tingkat risikonya relatif sedang. Bahan yang

dapat dikategorikan berbahaya yaitu *Nitric Acid* karena bersifat korosif, namun dapat diatasi dengan menggunakan alat yang dibuat dari bahan anti korosi.

## I.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

### I.2.1. Data Ekspor Impor

Berikut informasi terkait kapasitas impor *Sodium Nitrate* yang diperoleh dari BPS pada tahun 2016-2021 dalam Tabel I.1.

Tabel I.1. Data Impor Produk *Sodium Nitrate* di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)	Perkembangan
1.	2019	4892,346	-
2.	2020	3808,378	-0,22156
3.	2021	3142,941	-0,17473
4.	2022	2977,112	-0,05276
5.	2023	3998,011	0,342916
<b>Total</b>			-0,10614
<b>Rata-Rata</b>			0,038475

(Sumber: (BPS) Perdagangan Luar Negeri Indonesia Tahun 2019-2023)

Dari tabel 1. Diatas diperkirakan kebutuhan impor terhadap bahan kimia *Sodium Nitrate* untuk negara Indonesia pada tahun 2029, adalah :

$$\begin{aligned}
 F &= F_0(1+i)^n \\
 &= 3998,011 (1+0,038475)^6 \\
 &= 5014,493 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dimana :

F = Jumlah produksi pada tahun perencanaan (2029)

F<sub>0</sub> = Jumlah produksi pada data tahun terakhir (2023)

I = Rata-rata pertumbuhan produksi (2019-2023)

n = Proyeksi untuk tahun mendatang (6 tahun)

(Peter and Timmerhous, 1991)

Dari perhitungan dengan metode pertumbuhan diatas maka diperoleh prediksi produksi *Sodium Nitrate* untuk perancangan tahun 2029 sebesar 15.000 Ton/Tahun.

### I.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Kapasitas beberapa pabrik *Sodium Nitrate* yang sudah berdiri adalah sebagai berikut :

Tabel I.2. Produksi *Sodium Nitrate* di Dunia

Perusahaan	Asal (Negara)	Proses	Kapasitas (Ton/Tahun)
Deepak Nitrite, Bombay	India	Sintesis	12.000
Qena Distriq Egypt	Mesir	Shank	113.000
Marina Elina, Chili	Amerika Serikat	Guggenheim	520.000
Pedro de valdivina	Amerika Serikat	Guggenheim	750.000
Chillean Nitrate Corp.	Amerika Serikat	Sintesis	800.000

(Sumber : Kirk Othmer, 1997, vol.22)

Tabel I.3. Impor *Sodium Nitrate* di Asia

No	Negara	Impor (Ton/Tahun)
1.	Malaysia	7.318,93
2.	Myanmar	179,78
3.	Jepang	10.879,67
4.	Cina	97,02

(Data.un.org,)

Proses produksi *Sodium Nitrate* menggunakan bahan baku *sodium hidroxide* dan *Nitric Acid*, dari data tabel diperoleh rentang produksi 12.000 - 800.000 ton/tahun. Kapasitas desain minimum unit *Sodium Nitrate* dapat dilihat dari pabrik Deepak Nitrite, Bombay, India yang memiliki kapasitas 12.000 ton/tahun. Maka dari itu, pada desain awal pabrik kimia, kapasitas produksi dipilih 15.000 Ton/Tahun, untuk prediksi pembangunan sampai 2029. Hal ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *Sodium Nitrate* di Indonesia pada tahun 2029.

### I.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi juga sangat penting dalam perancangan pabrik karena akan memiliki dampak jangka panjang dan dapat memberikan perkembangan pabrik di

masa depan. Lokasi pabrik yang strategis dapat memberikan harapan baik pada perkembangan serta pertumbuhan pabrik dalam waktu lama, sehingga pabrik *Sodium Nitrate* ini akan dibangun pada daerah Cilegon, Banten, Jawa Barat. Pemilihan lokasi pabrik ini sesuai dengan beberapa faktor berikut.

#### 1. Sumber Bahan Baku

Pabrik yang memiliki letak dekat dengan sumber bahan baku yang digunakan memiliki beberapa keuntungan, yaitu dapat mengurangi biaya transportasi serta mengurangi kemungkinan rusaknya bahan baku selama proses pengiriman. Bahan baku pembuatan *Sodium Nitrate* yaitu *Sodium Hidroksida* yang didatangkan dari PT.Asahimas Subentra *Chemical*, Cilegon dan *Nitric Acid* didatangkan dari PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek.

#### 2. Pemasaran

Perancangan pabrik yang akan didirikan di Cilegon, dimana kawasan tersebut merupakan kawasan industri yang dapat mempersingkat jarak pengiriman dengan pabrik yang membutuhkan *Sodium Nitrate*. Selain itu dekat dengan kota Jakarta yang menjadi pusat perdagangan di Indonesia .

#### 3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah tenaga listrik, air, dan bahan bakar. Dengan jalur yang tersedia di wilayah ini, PLN dan PLTU Suralaya dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Pasokan air untuk pabrik *Sodium Nitrate* berasal dari sungai cidanau, sedangkan untuk bahan bakar berupa solar dapat diperoleh dari Pertamina dan distributor.

#### 4. Transportasi

Lokasi pabrik di kawasan industri Cilegon adalah daerah yang mudah dijangkau oleh sarana transportasi laut karena dekat dengan Pelabuhan Cigading, Pelabuhan Ciwan, Pelabuhan Merak, Pelabuhan Tanjung Priuk dan jalan raya sehingga memudahkan dalam pengiriman produk ataupun bahan baku.

#### 5. Tenaga Kerja

Pekerja mempunyai peranan penting dalam menciptakan perusahaan dan industri. Salah satu penggerak pertumbuhan ekonomi adalah dunia perusahaan

atau industri. Letak pabrik yang dekat dengan pusat pendidikan, banyaknya tenaga kerja usia produktif yang belum tersalurkan, dan banyaknya industri baru yang bermunculan, apalagi dengan berdirinya pabrik menjadikan wilayah Cilegon sebagai daerah tujuan bagi para pencari kerja, dengan hal ini maka akan lebih mudah untuk memperoleh pekerja yang terampil dan berkualitas.

#### **I.4. Tinjauan Pustaka**

##### **I.4.1. Dasar Reaksi**

*Sodium Nitrate* ( $\text{NaNO}_3$ ) adalah bahan kimia diekstraksi dari endapan alami di dataran tinggi Chili, yang memiliki cakupan luas antara 8 dan 65 kilometer dan ketebalan antara 0,3 dan 1,2 meter. Kristalisasi dan pengeringan dapat digunakan untuk membuat produk berkualitas tinggi (Austin, 1984).

*Sodium Nitrate* biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk membuat pupuk, terutama pupuk NPK (nitrogen, fosfor, dan kalium).  $\text{NaNO}_3$  berfungsi sebagai sumber nitrogen penting dalam proses pembuatan pupuk NPK. Dalam langkah berikutnya, reaksi  $\text{NaNO}_3$  dengan garam KCl menghasilkan  $\text{KNO}_3$ . Kemudian larutan  $\text{KNO}_3$  dialirkan pada batuan fosfat yang kaya akan fosfor. Batuan fosfat ini meningkatkan jumlah fosfor dalam pupuk NPK, yang pada gilirannya memberikan nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman melalui daun (Kirk, R.E., and Othmer, 1998).

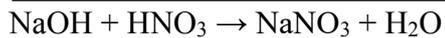
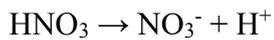
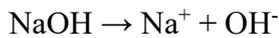
Metode dalam pembuatan *Sodium Nitrate* dengan proses sintesis adalah dengan mereaksikan cairan *Sodium Hidroksida*. Pada dasarnya, proses ini dimulai dengan reaksi netralisasi *Sodium Hidroksida* dengan *Nitric Acid*. Langkah selanjutnya adalah memproduksi *Sodium Nitrate* dengan menggabungkan asam kuat  $\text{HNO}_3$  dengan basa kuat  $\text{NaOH}$ . Asam tergolong senyawa yang mempunyai kemampuan menaikkan kadar ion hidrogen ( $\text{H}_2\text{O}$ ) di atmosfer. Asam merupakan zat yang menambah konsentrasi  $\text{H}^+$  dalam larutan air. Basa kuat ( $\text{NaOH}$ ) akan terionisasi sempurna menjadi  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Sebagai hasil reaksi netralisasi, *Sodium Hidroksida* dan *Nitric Acid* digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan *Sodium Nitrate*. Berikut adalah contoh reaksi tersebut.:



(Othmer, 1995)

### I.4.3. Mekanisme Reaksi

Reaksi netralisasi *Sodium Hydroxide* dan *Nitric Acid* menjadi *Sodium Nitrate* dan air berdasarkan urutan mekanisme reaksi berikut :



Reaksi tersebut merupakan reaksi netralisasi fase cair. Reaksi *Sodium Hydroxide* dan *Nitric Acid* menjadi *Sodium Nitrate* berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Perbandingan antara NaOH : HNO<sub>3</sub> = 1 : 1, untuk menjaga kondisi operasi 60°C panas yang timbul tersebut diserap oleh air pendingin yang mengalir pada jaket pendingin.

### I.4.4. Pemilihan Proses

Pada pembuatan *Sodium Nitrate* dapat menggunakan beberapa macam proses yang sudah banyak digunakan di dunia, yaitu :

#### 1. Proses Shank

Untuk proses Shank bahan baku utamanya garam *Chile*, yang diperoleh melalui penambangan dan di dalamnya terkandung NaNO<sub>3</sub>. Langkah pertama pada proses ini dimulai dari memasukkan potongan garam *Chile* yang awalnya memiliki ukuran 10 inci ke dalam satu tahap, yang kemudian diubah menjadi potongan yang lebih kecil dengan ukuran 1,5 inci sampai dengan 2 inci. Tabung baja besar, masing-masing berkapasitas 75 ton dan dipasang koil pemanas uap air, digunakan untuk masuk ke alat penghancur yang membawa potongan garam. Prosedur berikut memerlukan 10 tabung untuk tahap rotasi, yang diikuti dengan tahap pelindian yang mencakup pencucian bebas tekanan pada suhu 70°C. Biasanya ada tahapan proses: pemuatan, pencucian, pencucian, dan pembongkaran. Setelah melalui tabung lainnya, produk akhirnya adalah 700 gram per liter. Pemurnian garam pertambangan, yang melibatkan pengurangan jumlah bahan kimia selain *Sodium Nitrate* untuk menghasilkan NaNO<sub>3</sub> dengan kandungan sekitar ±60% dan tingkat konversi kurang dari 60%, merupakan ide mendasar di balik prosedur ini (Othmer, 1968).

## 2. Proses Guggenheim

Dibandingkan dengan proses Shank, metode ini terkenal karena kemampuannya dalam menurunkan penggunaan bahan bakar dan meningkatkan efisiensi. Dua gagasan mendasar menjadi landasan bagi pengembangan metode pelindian suhu rendah oleh Guggenheim Brothers, yang mereka luncurkan pada tahun 1920:

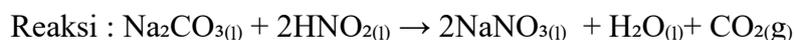
- a) Dalam proses leaching pada temperatur rendah sekitar 40°C dan tanpa menggunakan tekanan, hanya *Sodium Nitrate* yang diekstraksi, sementara impuritas lainnya seperti *Sodium Nitrate* dan sodium hidroksida tidak diekstraksi.
- b) Jika proses leaching pada tahap awal mengandung garam pelindung, hasilnya akan berupa CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, dan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Garam NaNO<sub>3</sub> akan larut sedikit selama proses. Natrium sulfat (NaSO<sub>4</sub>) Saat sedang diproses, ia akan terurai, dan sejumlah besar *Sodium Nitrate* akan dihilangkan atau tercipta.

Secara prinsip, proses Guggenheim mirip dengan proses Shank, namun dengan peningkatan pada alat yang melibatkan tahap-tahap seperti penghancuran, leaching, penyaringan, kristalisasi, dan granulasi. Hal ini menghasilkan kadar *Sodium Nitrate* yang lebih tinggi, yaitu sekitar ±85%, dengan tingkat konversi kurang dari 85% (Othmer, 1997).

## 3. Proses Sintesis

Berbagai macam proses pembuatan *Sodium Nitrate* secara sintesis antara lain:

- a) Mereaksikan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan HNO<sub>3</sub>



(Othmer, 1997)

Dalam reaktor fluidized bed, proses ini berlangsung pada suhu 350°C pada tekanan vakum. Pada reaksi ini menggunakan perbandingan reaktan 1,2:1 akan menghasilkan konversi sebesar 90% terhadap HNO<sub>3</sub> (U.S patent 2535990, 1950).

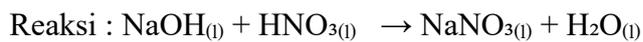
- b) Mereaksikan NaCl dengan HNO<sub>3</sub>



(Othmer 1997)

Dalam reaktor Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), proses ini berlangsung pada suhu 25°C pada tekanan 1 atm dan besarnya konversi terhadap NaCl adalah 25-40% (Kubelka, 1934).

- c) Mereaksikan *Sodium Hidroxide* (NaOH) dengan konsentrasi 40% dan *Nitric Acid* (HNO<sub>3</sub>) dengan konsentrasi 53%.



(Stocchi, 1990)

Reaktor Aliran Tangki Berpengaduk (RATB) digunakan untuk proses ini, yang berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan untuk NaOH, jumlah konversi yang berhasil dilakukan adalah 95% (Shreve, 1956).

Tabel I.4. Perbandingan Proses Pembuatan *Sodium Nitrate*

Komponen	Proses				
	Shank	Guggein heim	Sintesis menggunakan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan HNO <sub>3</sub>	Sintesis menggunakan NaCl dan HNO <sub>3</sub>	Sintesis menggunakan NaOH dan HNO <sub>3</sub>
<b>Tekanan</b>	-	-	Vakum	1 atm	1 atm
<b>Suhu</b>	70°C	40°C	350°C	25 °C	60°C
<b>Bahan Baku</b>	Garam penambangan	Garam penambangan	<i>Sodium carbonate</i> dan <i>nitric acid</i>	<i>sodium chloride</i> dan <i>nitric acid</i>	<i>Sodium hidroxide</i> dan <i>nitric acid</i>
<b>Konversi</b>	±60%	±85%	90%	40%	±90-99%
<b>Kemurnian</b>	65-80%	90%	98%	95%	99%

Sedangkan keunggulan dan kekurangan dari proses pembuatan *Sodium Nitrate* dapat di lihat pada tabel I.5.

Tabel I.5. Keunggulan dan Kekurangan Proses Pembuatan *Sodium Nitrate*

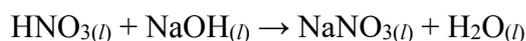
Proses	Keunggulan	Kekurangan
Shank	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinsip proses hanya melibatkan purifikasi</li> <li>• Rangkaian alat proses sederhana</li> <li>• Bahan baku tersedia di alam</li> <li>• Kapasitas produksi besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemurnian rendah</li> <li>• Impuritas pada bahan baku tinggi</li> </ul>
Guggenheim	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemurnian lebih tinggi dibandingkan produk proses Shank</li> <li>• Kapasitas produksi besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya investasi alat lebih besar</li> </ul>
Sintesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemurnian tinggi mencapai 99%</li> <li>• Reaksi pada kondisi atmosferik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga bahan baku <math>\text{HNO}_3</math> mahal</li> </ul>

Garam penambangan, atau lebih dikenal sebagai garam laut, memiliki keunikan dengan tekstur yang indah dan rasa yang menarik karena berasal dari laut. Garam ini cenderung mengandung sedikit kalsium, zat besi, potasium, dan magnesium, sehingga memiliki kandungan mineral yang lebih rendah dibandingkan dengan garam dapur. Proses pembuatannya melibatkan evaporasi air dari laut, yang menyebabkan peningkatan kandungan mineral dalam garam laut.

Ada banyak prosedur yang dapat digunakan untuk membuat *Sodium Nitrate*. Namun proses Sintesis menggunakan bahan baku  $\text{NaOH}$  dan  $\text{HNO}_3$  yang dipilih untuk produksi *Sodium Nitrate* karena bahan bakunya mudah didapat. Selain itu, jumlah *Sodium Nitrate* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh proses Shank dan Guggenheim, yaitu antara 90 dan 99%.

#### 1.4.5. Tinjauan Kinetika

Untuk mengetahui kecepatan reaksi pada pembentukan *Sodium Nitrate*, diperoleh dari beberapa langkah berikut :



Asumsi :

*Nitrat Acid* = A

*Sodium Hidroksida* = B

Sodium Nitrate = C  
Air = D

	A	B	C	D
Mula-mula	$C_{A0}$	$C_{B0}$		
Reaks	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$
Hasil	$C_{A0}(1 - X_A)$	$C_B - C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$

Persamaan kecepatan reaksi menggunakan orde 2 :

$$(-ra) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$(-ra) = k[C_{A0}(1 - X_A) \cdot (C_{B0} - (C_{A0} \cdot X_A))]$$

Keterangan:

$(-ra)$  = kecepatan reaksi zat A ( $\text{NaNO}_3$ )

$k$  = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.jam

$C_A$  = konsentrasi NaOH pada waktu  $t$ , mol/L

$C_B$  = konsentrasi  $\text{HNO}_3$  pada waktu  $t$ , mol/L

$C_{A0}$  = konsentrasi NaOH mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

$C_{B0}$  = konsentrasi  $\text{HNO}_3$  mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

(Levenspiel, 1999)

Keterangan :

$K_H$  dan  $K_{Bz}$  = Konstanta kesetimbangan

$P_{Bz}$  = Tekanan parsial Benzena

$P_{H2}$  = Tekanan parsial Hidrogen

$k$  = Kecepatan reaksi

Dari literatur diperoleh data-data sebagai berikut :

$$k = 1,3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{mol} \cdot \text{s}$$

(Koiranen, 2017)

#### 1.4.6. Tinjauan Termodinamika

Suatu sifat reaksi dapat diketahui apakah endotermis atau eksotermis dengan menggunakan perhitungan panas pembentukan standar  $\Delta H_f^\circ$  pada tekanan 1 atm, suhu 298 K. Persamaan reaksi :



Tabel I.6. Nilai *Entalphy* dan Energi Gibbs Komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^{\circ}_f$ (kJ/mol)
HNO <sub>3</sub>	- 135,10	- 74,7
NaOH	- 425,60	- 379,5
NaNO <sub>3</sub>	- 466,68	- 365,89
H <sub>2</sub> O	- 241,8	- 228,6

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_R (298,15K) &= \sum \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\
 &= [(\Delta H^{\circ}_f \text{ NaNO}_3) + (\Delta H^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta H^{\circ}_f \text{ HNO}_3) + (\Delta H^{\circ}_f \text{ NaOH})] \\
 &= [(-466,68)+(-241,8)] - [(-135,10)+(-425,60)] \\
 &= -147,78 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka reaksi akan berlangsung secara eksotermis dan menghasilkan panas. Kemudian bila ditinjau dari energi gibs maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}_{f298} &= \sum \Delta G^{\circ}_f \text{ produk} - \sum \Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan} \\
 &= [(-365,89)+(-228,6)] - [(-74,7)+(-379,5)] \\
 &= -140,29 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka reaksi akan berlangsung secara spontan.

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan pada keadaan standar

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}_{f298} &= -R.T \ln K_{(298)} \\
 -140,29 \text{ kJ/mol} &= -(8,314 \times 10^{-3})\text{kJ/mol.K} \times 298K \ln K_{(298)} \\
 \ln K_{(298)} &= (-140,29)/(-2,4776) \\
 K_{(298)} &= 3,9038 \times 10^{24}
 \end{aligned}$$

Menentukan harga konstanta kesetimbangan pada suhu 333K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^{\circ}_r}{R} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

Dimana :

K<sub>1</sub> = Konstanta kesetimbangan pada 298 K

K<sub>2</sub> = Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi

T1 = Suhu standar 25°C (298 K)

T2 = Suhu operasi 60°C (333 K)

R = Tetapan gas ideal (8,314 J/mol.K)

$\Delta H_r^\circ$  = Panas reaksi standar pada 298 K

Maka :

$$\ln \frac{K_2}{3,9038 \times 10^{24}} = - \frac{-147,78 \text{ kJ/mol}}{(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol.K}} \left[ \frac{1}{333\text{K}} - \frac{1}{298\text{K}} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{3,9038 \times 10^{24}} = -6,2692 \times 10^{-6}$$

$$0,999993731 = \frac{K_2}{3,9038 \times 10^{24}}$$

$$K_2 = 3,9038 \times 10^{24}$$

Dari perhitungan konstanta kesetimbangan pada suhu reaksi, didapatkan konstanta kesetimbangan reaksi yang relatif besar yaitu  $3,9038 \times 10^{24}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi akan berlangsung searah yaitu ke kanan atau irreversible dan produk cenderung lebih banyak terbentuk dibandingkan dengan reaktan (Othmer, 1998).