

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin menunjukkan peningkatan yang signifikan. Maka dari itu pendirian industri kimia saat ini sangatlah penting bagi pendapatan untuk Indonesia. Terdapat beberapa industri kimia yang sangat prospektif untuk didirikan dan sebagai contohnya yaitu industri amonium klorida yang merupakan bahan baku untuk industri baterai, produk kecantikan, farmasi, pupuk dan lain-lain.

Pertumbuhan kebutuhan pada industri baterai membuat tingkat keperluan bahan baku pembuatan baterai kering menjadi tinggi secara pesat. Salah satu bahan baku pembentuk batrai kering ialah amonium klorida. Keberadaan bahan baku amonium klorida di Indonesia untuk sekarang ini masih sangat minim bisa dilihat dari grafik kebutuhan impor amonium klorida di Indonesia.

Pendirian pabrik amonium klorida di Indonesia bertujuan untuk merangsang industri-industri lain yang memerlukan amonium klorida sebagai bahan baku dan bahan pembantu. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya impor amonium klorida bahkan dapat mengkespor amonium klorida sehingga menambah devisa negara, memperkuat perekonomian Negara dan dapat memecahkan masalah tenaga kerja di negara kita.

1.1.1 Kegunaan Produk

Amonium klorida mempunyai kegunaan yang amat luas didalam industri kimia, baik sebagai bahan baku dan sebagai bahan pembantu. Sebagai bahan baku terutama digunakan pembuatan sel baterai kering. Sedangkan kegunaan lain adalah sebagai bahan baku dalam industri pupuk dan bahan penunjang dalam industri farmasi, pembuatan berbagai macam senyawa amonium, *elektroplating*, bahan pencuci pembersih logam dalam industri *soldering*, sebagai pelapis dalam industri pelapisan seng serta sebagai bahan untuk memperlambat melelehnya salju.

1.1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu industri biasanya didasari dengan memperhatikan segi teknis, finansial, ekonomis dan kapasitas minimal. Dari segi teknis, industri amonium klorida yang direncanakan memperhatikan peluang pasar, segi ketersediaan dan kontinuitas bahan baku. Selain itu penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kapasitas pabrik amonium klorida yaitu:

1. Perkiraan Kebutuhan Amonium Klorida di Indonesia

Dari segi ekonomis pendirian industri amonium klorida harus memperhatikan profitabilitas selain modal yang harus disediakan yang pada akhirnya harus melihat kondisi finansial nasional. Berdasarkan data impor, data ekspor, proyeksi kebutuhan amonium klorida dalam industri baterai kering, dan data dari proyeksi konsumsi amonium klorida. Besarnya kapasitas ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan amonium klorida di dalam negeri dan sisanya diekspor ke luar negeri.

Untuk menentukan kapasitas rancangan produk pada tahun 2024, maka diperlukan persamaan regresi eksponensial sebagai berikut:

$y = AeB^x$ maka rumus yang digunakan adalah

$$\hat{B} = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n X_i \cdot \ln Y_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \ln Y_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

Kemudian diperoleh hasil $B = 0,1726$.

Mencari nilai A dengan menggunakan rumus:

$$\hat{A} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \ln Y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i \cdot \ln Y_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

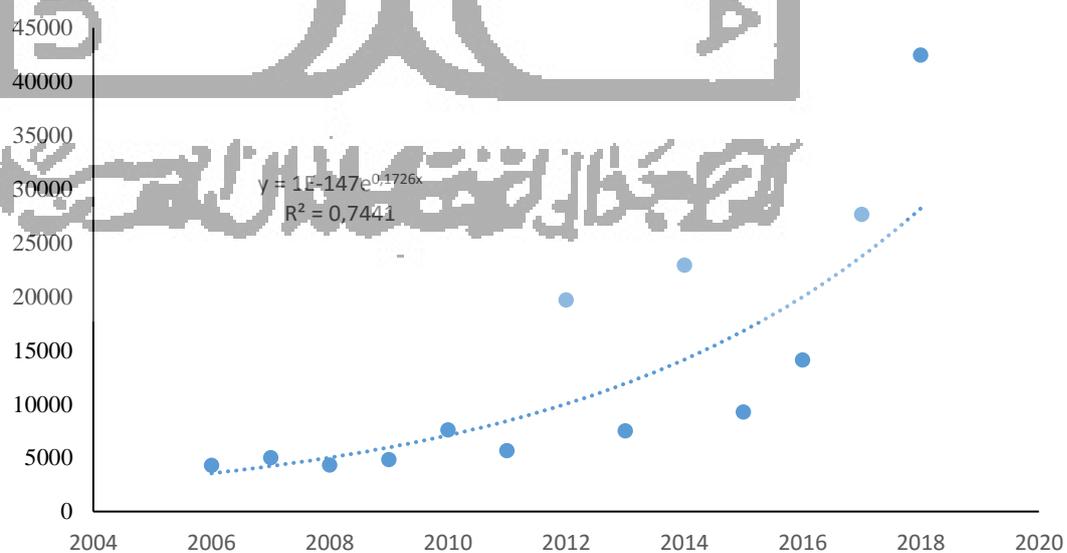
Maka diperoleh hasil $A = 1 \times 10^{-147}$.

No	x	Z	y=lnz	X ²	X.Y	y ²
1	2006	4310.672	8.369	4.02E+06	16787.911	70.0376
2	2007	5018.745	8.521	4.03E+06	17101.517	72.606
3	2008	4330.136	8.373	4.03E+06	16813.695	70.113
4	2009	4841.622	8.485	4.04E+06	17046.375	71.995
5	2010	7590.584	8.935	4.04E+06	17958.674	79.828
6	2011	5658.109	8.641	4.04E+06	17376.739	74.664
7	2012	19690.883	9.888	4.05E+06	19894.477	97.771
8	2013	7508.855	8.924	4.05E+06	17963.686	79.635
9	2014	22923.260	10.040	4.06E+06	20220.373	100.800
10	2015	9258.676	9.133	4.06E+06	18403.632	83.417
11	2016	14106.929	9.554	4.06E+06	19261.713	91.287
12	2017	27643.934	10.227	4.07E+06	20628.185	104.595
13	2018	42467.919	10.657	4.07E+06	21504.826	113.561
Total	26156.000	175350	119.747	52626054.000	240961.806	1110.311

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Impor Amonium Klorida

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2006	4.310,67
2007	5.018,75
2008	4.330,14
2009	4.841,62
2010	7.590,58
2011	5.658,11
2012	19.690,88
2013	7.508,86
2014	22.923,26
2015	9.258,68
2016	14.106,93
2017	27.643,93
2018	42.467,92

Sumber: BPS2019



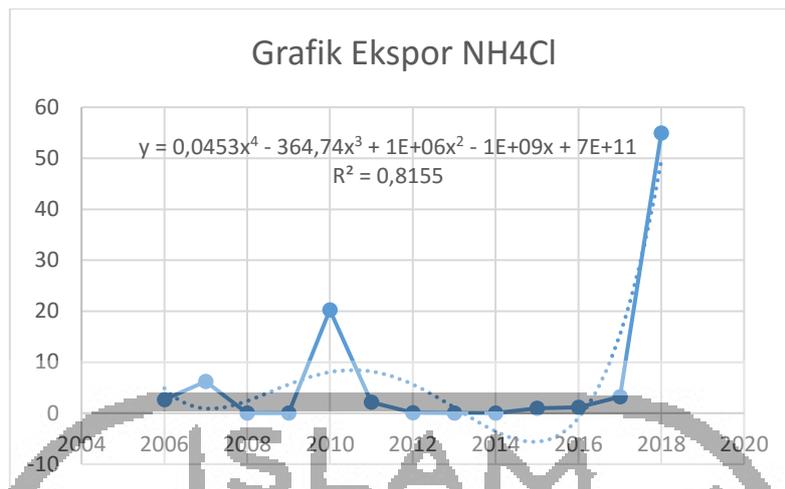
Gambar **Error! No text of specified style in document..1** Perkembangan Impor Amonium Klorida di Indonesia

Pada Tabel 1.1 dan Gambar 1.1 diketahui bahwa kebutuhan amonium klorida yang dari tahun ke tahun mengalami penurunan serta peningkatan atau disebut fluktuatif, namun terdapat peningkatan yang cukup tinggi dari tahun 2014-2018. Dari grafik 1.1 didapat persamaan eksponensial untuk memprediksi kebutuhan amonium klorida yaitu $y = 1E - 147e^{0,1726x}$. Jika nilai x disubstitusi dengan 2024 sebagai perkiraan impor amonium klorida tahun 2024 maka didapatkan nilai y sebesar 62.006,30 ton/tahun.

Besar kebutuhan amonium klorida dilihat dari jumlah impornya karena hal tersebut merupakan bukti otentik bahwa negara kita mengalami kekurangan sehingga memerlukan impor. Indonesia memenuhi kebutuhan penggunaan amonium klorida dengan mengimpor ke beberapa Negara yaitu Jepang, Hongkong, Korea, Taiwan, Cina, Singapura, Amerika, Kanada, Inggris, Swedia dan Jerman.

Tabel **Error! No text of specified style in document..2** Ekspor Amonium Klorida

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2006	2.679
2007	6.21
2008	0
2009	0.025
2010	20.26
2011	2.146
2012	0.1
2013	0.001
2014	0.025
2015	0.95
2016	1.15
2017	3.194
2018	54.959



Gambar Error! No text of specified style in document..2 Perkembangan Ekspor Amonium Klorida di Indonesia

Dari data ekspor BPS dapat dikatakan bahwa komoditi ekspor amonium klorida di Indonesia masih sangat sedikit dan tergolong tidak stabil. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa keberadaan pabrik amonium klorida di Indonesia masih belum ada sehingga pendirian pabrik amonium klorida di Indonesia saat ini sangat memiliki peluang bisnis yang baik. Pertimbangan yang diambil juga berdasarkan data impor yang dapat dikatakan bahwa kebutuhan amonium klorida di Indonesia tergolong tinggi sehingga jika didirikannya pabrik Amonium klorida pada tahun 2024 di Indonesia sebesar 60.000 ton/tahun akan dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia bahkan dapat di ekspor.

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan amonium klorida ialah amonium sulfat dan natrium klorida. Amonium sulfat dapat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 750.000 ton/tahun dengan konsentrasi 40-45%. Sedangkan NaCl didapat dari PT. Unichem Candi Indonesia dengan kapasitas 250.000 ton/tahun yang tingkat kemurniannya 99.25%.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Amonium klorida

Dapat disebut juga *amonium chloratum*, *amonium muriate*, *sal amonium*, atau *salmiac*. Dapat digolongkan sebagai garam yang dapat larut di dalam air. Berbentuk kristal putih yang tidak berbau. Tidak larut dalam *acetone*, *diethyl ester*, dan hampir tidak larut dalam etil asetat.

Amonium klorida selain dapat digunakan sebagai bahan dasar pembentukan baterai dan pembentukan shampoo serta pembersih, amonium klorida juga dapat dipergunakan di berbagai sektor industri. Mulai dari campuran pada bahan makanan maupun minuman bahkan dapat digunakan juga sebagai *expectorant* pada obat batuk, dapat digunakan pula sebagai diuretic dalam *forced acid diuresis*.

Amonium klorida memiliki beberapa identifikasi bahaya utama yaitu bagi system pernafasan jika terhirup dapat membuat batuk dan menyebabkan nafas pendek. Apabila kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi pada mata, katarak, peningkatan tekanan pada mata, sakit kepala, konvulsi, dan gangguan daya ingat. Amonium klorida juga memiliki sifat korosif dengan *stainless steel*, tembaga, seng dan sedikit mengkorosi alumunium.

1.2.2 Natrium Sulfat

Memunyai nama lain sodium sulfat, garam Glauber atau *sal mirabilis*. Berwujud padatan atau kristal berwarna putih. Natrium sulfat adalah bentuk garam anhidrat, natrium dari asam sulfat. Ion natrium merupakan kation utama cairan ekstrasel dan memainkan peranan besar dalam terapi gangguan cairan dan elektrolit. Merupakan *replenisher* elektrolit dan digunakan dalam solusi

isoosmotik sehingga tidak mengganggu keseimbangan elektrolit yang normal dan tidak membuat ekskresi air dan ion.

Saat ini, penggunaan terbesar natrium sulfat sebagai bahan dasar dalam industri deterjen bubuk. Dapat digunakan juga sebagai pembuatan pulp kayu. Bahan ini juga dimanfaatkan sebagai salah satu bahan penunjang pada industri kaca.

1.2.3 Amonium Sulfat

Memiliki nama lain dolamin atau aktimaster AMS, atau pupuk ZA (*Zwuaferl Amonium*). Berbentuk kristal atau granula padat yang tidak berwarna hingga putih. Sedikit berbau amonium. Pada sektor pertanian biasa digunakan sebagai pupuk, pada pengolahan air dan desinfektan. Sebagai bahan baku industri kimia, industri tekstil bisa juga pada pembuatan sutra, farmasi bahkan pada insustri kulit. Dalam industri mikrobiologi digunakan sebagai nutrisi pada kultur bakteri dan mikroorganisme penghasil enzim.

1.2.4 Natrium Klorida

Zat ini biasa dikenal sebagai garam dan seringkali digunakan sebagai perasa atau pengawet makanan. Biasanya digunakan sebagai pengering yang murah dan aman. Secara fisik berbentuk bubuk berwarna putih. Bersifat higroskopis sehingga mudah larut dalam air, gliserol dan amonium. Karena sifat hirgroskopisnya, garam juga digunakan sebagai bahan pengering sehingga menjadi metode yang paling efektif pengawetan makanan.

Pembuatan natrium klorida biasanya dilakukan dengan cara evaporasi air laut ataupun air payau dan bias juga di dapatkan dengan menabnag bebatuan gara yang

bias di sebut halite. Fungsi lain garam yaitu sebagai aplikator pembuatan pulp dan kertas untuk mengatur kadar warna pada textile dan untuk menghasilkan sabun deterjen dan produk lain. Natrium klorida merupakan sumber utama dari industri klorin, dan digunakan pada hampir setiap industri.

Natrium klorida adalah garam paling berpengaruh pada salinitas laut dan cairan ekstra selular pada banyak organisme multi seluler.

1.2.5 Macam-macam Proses

Terdapat beberapa macam proses dalam pembentukan amonium klorida, sehingga memerlukan seleksi untuk mendapatkan hasil maksimal. Ada 4 macam proses untuk memproduksi amonium klorida secara komersial yaitu:

a. Proses Amonium-Soda

Amonium klorida dibuat sebagai produk samping dari proses solvay yang digunakan untuk membuat natrium karbonat.

Reaksi :



Natrium bikarbonat dipresipitasi dari larutan dan diperoleh dengan menggunakan filtrasi. Amonium klorida kemudian dikristalisasi dari filtrat, dipisahkan, dicuci, dan

dikeringkan. Proporsi hasil amonium klorida yang diperoleh tergantung pada permintaan akan natrium bikarbonat dan amonium klorida. Reaksi yang terjadi di dalam proses ini adalah :



(Kirk and Othmer, 1963)

Kemudian amonium klorida dipisahkan dengan kalsium karbonat dengan metode filtrasi.

b. Proses Amonium Sulfit dan Natrium Klorida

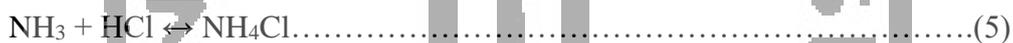
Amonium klorida diproduksi dengan mereaksikan antara amonium sulfit dengan natrium klorida. Amonium sulfit dihasilkan dari reaksi antara amonium dan sulfur dioksida yang direaksikan dengan natrium klorida di dalam air. Reaksi di dalam proses ini adalah :



Proses ini dapat dijalankan apabila bahan baku yang tersedia cukup banyak dan mempunyai kemurnian yang tinggi. Natrium sulfit mengendap pertama kali dan dipindahkan dengan sentrifugasi, dicuci dan dikeringkan. Cairan induk yang mengandung amonium klorida yang terbentuk dicuci dan dikeringkan pula.

c. Netralisasi Langsung

Reaksi ini merupakan reaksi yang sangat eksotermis dan panas yang dibangkitkan untuk menguapkan air yang ada ketika HCl cair digunakan. Amonium klorida dihasilkan lewat kristalisasi. Reaksi yang terbentuk ialah:



d. Amonium Sulfat dan Natrium Klorida

Amonium klorida dihasilkan dari reaksi antara amonium sulfat dan natrium klorida. Reaksi di dalam proses ini adalah :



Amonium sulfat dan natrium klorida direaksikan dalam air. Amonium sulfat dan natrium klorida (5% *excess*) ditambahkan ke larutan amonium klorida *recycle* berpengaduk dengan suhu 100C. Campuran direaksikan dalam tangki agar terbentuk kristal produk yang diinginkan harus dipilih kondisi operasi yang sesuai pada

kristalizer. Amonium klorida yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan *centrifuge* untuk mengilangkan filtrat lain yang tidak mengkristal.

1.3 Alasan Pemilihan Proses

Dalam pendirian pabrik amonium klorida ini dipilihlah proses amonium sulfat-natrium klorida. Berikut pertimbangan yang di rangkum :

Tabel Error! No text of specified style in document..3 Perbandingan Proses Pembuatan Amonium Klorida

No	Amonium – soda	Amonium Sulfit – Sodium Klorida	Netralisasi langsung	Amonium Sulfat– Sodium Klorida
Tekanan	> 10 atm	1 atm	> 5 atm	1 atm
Suhu	Terdapat proses kalsinasi sehingga suhu yang diperlukan sangat tinggi (950-1100°C)	100-120°C	< 100 °C	100-120° C
Bahan Baku	Bahan bertekanan tinggi, mahal, terdapat gas (CO ₂)	Bahan yang diperlukan membutuhkan kemurnian yang tinggi sehingga harga beli bahan mahal.	Bahan berbahaya, beresiko tinggi, mahal.	Mudah didapatkan, pengiriman mudah, murah
Konversi	< 50%	> 99%		99.5%
Proses Pemisahan	Beberapa kali mengalami reaksi. Sehingga membutuhkan banyak alat sehingga proses pembuatannya menjadi mahal	Memerlukan beberapa tahap filtrasi karena reaksi antar fase padat.	Filtrasi padat-cair	Filtrasi padat-cair

Dipilihnya proses amonium sulfat-natrium klorida karena bahan baku mudah didapat, dengan konversi produk yang tinggi serta proses penyaringan yang tidak rumit. Kondisi operasi yang berlangsung bersifat normal dengan tekanan dan suhu

yang tidak ekstrim sehingga aman jika ingin mendirikan suatu pabrik amonium klorida dengan bahan utama amonium sulfat dan natrium klorida.

1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

Amonium klorida dihasilkan oleh reaksi dekomposisi ganda amonium sulfat dan natrium klorida dalam bentuk larutannya. Reaktan akan direaksikan pada kondisi mendekati suhu didih larutan yaitu 100-120°C.

Persamaan reaksi kimia:



Berdasarkan data yang ada di *Industrial Chemistry* (Faith-Keyes, 1975); hasil reaksi harus mengandung cukup air agar dapat untuk melarutkan senyawa amonium klorida, amonium sulfat dan natrium klorida sehingga ketiga senyawa ini dalam bentuk larutan dan mudah dipisahkan dari senyawa natrium sulfat yang berupa padatan.

Persamaan reaksi antara amonium sulfat dan natrium klorida adalah reaksi orde 2 dan dinyatakan dengan persamaan kecepatan reaksi :

$$r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

dengan:

r_A = kecepatan reaksi , kmol/ m³.jam

C_A = konsentrasi amonium sulfat , kmol/ m³

C_B = konsentrasi sodium klorida , kmol/ m³

Untuk mencari nilai k, digunakan rumus Arrhenius

Keterangan: $k = A e^{\left(\frac{E}{RT}\right)}$ dimana $A = \left[\frac{\sigma_A + \sigma_B}{2}\right]^2 \frac{N}{10^3} \left[8\pi KT \left(\frac{1}{m_A} + \frac{1}{m_B}\right)\right]^{0.5}$

A: Faktor tumbukan

N: Bilangan Avogadro (6.023×10^{23} molekul/mol)

K: Konstanta Boltzman (1.03×10^{-16} gr.cm³/K)

E: Energy aktifasi $E = \sum \Delta H$ energi ikat $-(RT)$

R: Konstanta gas ideal 1.987 kal/mol.K

Dengan menggunakan rumus Arrhenius diatas, diperoleh konstanta laju reaksi sebesar 17.8 cm³/mol.det.

Sebelum membuat sebuah pabrik, terdapat sebuah hal penting yang harus dipertimbangkan yaitu termodinamika. Tinjauan termodinamika ini ditujukan agar mengetahui reaksi yang sedang berlangsung memerlukan panas atau melepaskan panas. Dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangannya, reaksi pembentukan amonium korida dapat digolongkan menjadi sebuah reaksi yang melepaskan panas atau reaksi eksotermis.

Diketahui pada suhu 25°C=298 K:

$$\Delta H_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} = -71,20 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 = -330,82 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = -279,33 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{NaCl} = -97,324 \text{ kkal/mol} \quad (\text{Perry, 2008})$$

Dengan menggunakan rumus $\Delta H_{r298} = \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}}$ maka didapat nilai

$$\Delta H_{r298} = -0.0026 \text{ kkal/mol} \text{ (Reaksi Eksotermis)}$$

Menghitung ΔH_r pada suhu reaksi = 100°C = 373 K

$$C_p \text{NH}_4\text{Cl} = 23,53 \text{ kkal/ kmol.K}$$

$$C_p \text{Na}_2\text{SO}_4 = 32,8 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$C_p (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 51,6 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$C_p \text{NaCl} = 12,36 \text{ kkal/kmol.K} \quad (\text{Perry, 2008})$$

Dengan menggunakan rumus $\Delta H_{373} = \sum C_p \cdot \Delta T$ maka diperoleh hasil sebesar 28.174,77 kkal/jam.

Pada suhu 25°C (298K) diperoleh data sebagai berikut:

$$\Delta G_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} = -48,59 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 = -381,28 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = -274,02 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ \text{NaCl} = -93,92 \text{ kkal/mol}$$

Dengan menggunakan rumus $\Delta G_r = \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}}$ didapat hasil sebesar -16.600 yang artinya ialah reaksi bersifat sangat cepat dan spontan. Reaksi tersebut dapat berlangsung karena $\Delta G_r < 0$.

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298K) dengan menggunakan rumus:

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

Kemudian didapat nilai $K_{298} = 1,49 \times 10^{12}$. Lalu, untuk menghitung harga konstanta kesetimbangan pada suhu 100°C (373 K)

$$\ln \left(\frac{K_{373}}{K_{298}} \right) = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_{298}} - \frac{1}{T_{373}} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{373}}{1,49 \cdot 10^{12}} \right) = \frac{758}{1,987} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{373} \right)$$

Diperoleh hasil konstanta kesetimbangan pada suhu 373 K yaitu sebesar $K_{373} = 1,92 \times 10^{12}$. Karena harga konstanta kesetimbangan sangat besar maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan *irreversible* (searah) ke arah produk (ke kanan).