

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Indonesia sebagai negara berkembang yang terus melakukan pembangunan untuk meningkatkan perekonomian di berbagai sektor kehidupan dan kebutuhan masyarakat itu sendiri. Perkembangan teknologi di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat salah satunya dalam bidang industri kimia, baik industri kimia yang menghasilkan produk jadi (produk siap pakai) maupun produk antara (intermediet) yang akan diolah lebih lanjut. Salah satu industri tersebut adalah industri asam nitrat. Pembangunan dan pengembangan industri kimia dalam negeri dinilai sangat penting untuk mencukupi kebutuhan akan bahan kimia dalam negeri yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini juga dilakukan agar Indonesia menjadi negara yang mandiri, artinya dapat membuat produk sendiri tanpa perlu mengimpor lagi dari luar negeri.

Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) atau lebih dikenal dengan nama aqua fortis, Asam Azotic, hidrogen nitrat, atau nitril oksida merupakan senyawa kimia yang sangat penting di industri kimia yang banyak digunakan dalam industri: Amonium nitrat, bahan peledak, Nitrobenzen, Insektisida, Nitroklorobenzen, Nitrogliserin, pembuatan bahan organik sintesis, seperti zat warna, obat-obatan, *cellulosa* nitrat dan sebagainya. Selain itu asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) digunakan untuk memisahkan emas dari perak, serta melarutkan logam-logam dasar dan juga digunakan di laboratorium sebagai reagen. Dalam proses perkembangannya asam nitrat dengan kemurnian lebih dari 80% digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan amonium nitrat yang selanjutnya dapat digunakan untuk pembuatan kalsium nitrat, kalsium amonium nitrat, urea, ammonium nitrat solution, dan amonium sulfat nitrat. Asam nitrat dengan kadar kurang lebih 60% banyak digunakan pada sektor pertanian, selain itu diperlukan juga untuk pembuatan butiran amonium nitrat berpori sebagai komponen bahan peledak. Sedangkan asam nitrat dengan kemurnian 20% juga digunakan untuk membuat pupuk campuran dengan bantuan fosfat sebagai pelarut dalam industri elektro plating, dan digunakan sebagai

reaktan dalam laboratorium kimia untuk pembuatan nitrobenzena, dan dinitro toluena (Perry's dan Green, 1999).

Melihat dari pernyataan diatas saat ini di Indonesia terdapat dua industri yang memproduksi asam nitrat, yaitu PT. Kaltim Nitrate Indonesia dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun (kni.co.id) dan PT. Multi Nitrotama Kimia dengan kapasitas produksi 55.000 ton/tahun (mnk.co.id). Walaupun sudah terdapat pabrik yang berdiri namun Indonesia masih mengandalkan impor untuk asam nitrat sehingga perlu dilakukan penambahan pabrik baru demi memenuhi kebutuhan asam nitrat di Indonesia. Dengan berdirinya pabrik asam nitrat diharapkan akan mampu mendongkrak berdirinya industri-industri lain di Indonesia yang menggunakan bahan baku asam nitrat sehingga dapat membawa pengaruh positif bagi masyarakat dengan terbukanya lapangan pekerjaan baru yang sejalan dengan program pemerintah yaitu mengurangi pengangguran serta ketergantungan produk impor dan meningkatkan devisa negara.

### **Penentuan Kapasitas Pabrik**

#### **Data Ekspor Impor**

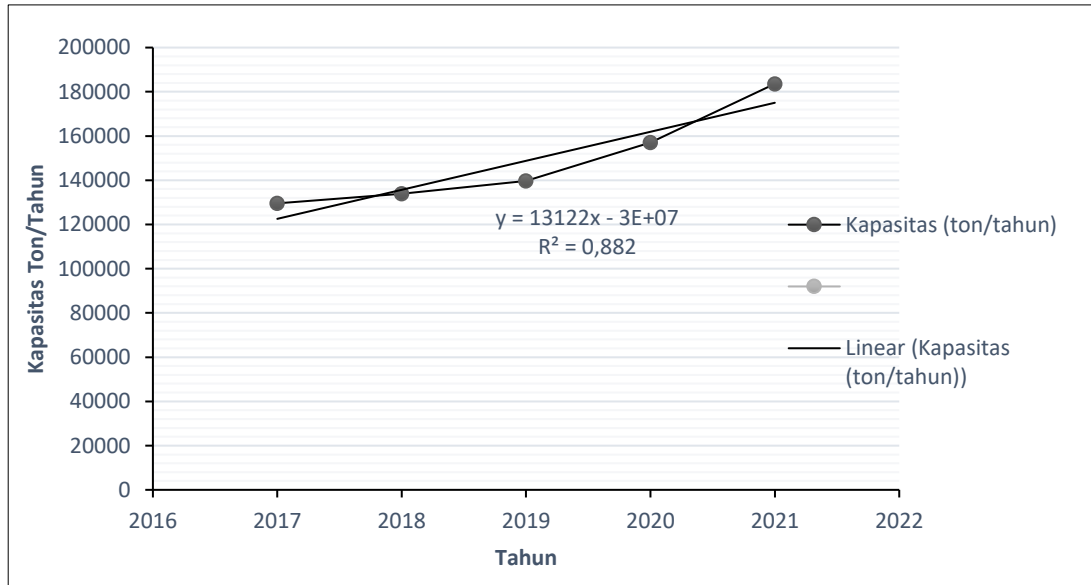
Kapasitas pabrik Asam nitrat yang akan dibangun ditentukan berdasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu meliputi prediksi kebutuhan asam nitrat di Indonesia, dan ketersediaan bahan baku baik di Indonesia maupun di luar negeri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) bahwa kebutuhan Asam nitrat terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Proyeksi kebutuhan Asam nitrat di Indonesia dari tahun 2017-2021 dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	2017	12.955,00
2.	2018	13.396,00
3.	2019	13.973,00
4.	2020	15.711,00
5.	2021	18.359,00

Sumber: Balai Pusat Statistik 2017-2021

Peningkatan kebutuhan asam nitrat dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Impor Kebutuhan Produk di Indonesia

Gambar 1 Grafik Kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia dengan menggunakan persamaan garis lurus pada grafik  $y = ax + b$

Keterangan :  $y$  = kebutuhan asam nitrat, ton/tahun

$x$  = tahun ke-i

$b$  = intersep

$a$  = gradien garis miring

Dilihat dari persamaan di atas diperoleh grafik kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia pada tahun 2017-2021 yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan didapat persamaan linier sebagai berikut:

$$y = 1.312,3 (x) - 2.634.655 \text{ ton/tahun}$$

Jika ingin dibangun pabrik pada tahun 2027 maka :

$$y = 1.312,3 (2027) - 2.634.655$$

$$y = 25.377,2 \text{ Ton/Tahun}$$

### 1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Selain menentukan kapasitas pabrik minimum, juga didasarkan pada kapasitas pabrik yang sudah ada baik di Indonesia maupun di luar negeri. Hal

tersebut dikarenakan pabrik yang telah didirikan telah memiliki analisis ekonomi yang memberikan keuntungan sesuai dengan kapasitas produksi yang dihasilkan. Pertimbangan pabrik-pabrik yang telah berdiri dapat dilihat pada Tabel I.2. di bawah ini.

Tabel 2. Kapasitas Global Asam Nitrat

No.	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	<i>Trade Mark Nitrogen</i>	<i>Tampa, Florida</i>	35.000
2.	<i>Bayer Material Science</i>	<i>Bay Town, Texas</i>	45.000
3.	<i>ANGUS Chemical</i>	<i>Sterlington, Louisiana</i>	65.000
4.	<i>Dupont</i>	<i>Beaumont, Texas</i>	95.000
5.	PT Kaltim Nitrate Indonesia (KNI)	Guntung, Bontang Utara, Bontang Kalimantan Timur	300.000
6.	PT Multi Nitrotama Kimia	Dawan, Cikampek, Jawa Barat	55.000

Sumber: (Tecnon OrbiChem, 2010)

Dari data statistik impor dapat dilihat kebutuhan asam nitrat di Indonesia tiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan. Dengan persamaan regresi linear, maka dapat diprediksikan kebutuhan asam nitrat di Indonesia pada tahun 2027, sebesar 25.377,2 ton/tahun. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dibangun pabrik asam nitrat dengan kapasitas rancangan 35.000 ton/tahun, dengan beberapa pertimbangan

1. Dapat memenuhi kebutuhan asam nitrat di dalam negeri yang semakin meningkat setiap tahunnya.
2. Mendekati dengan kapasitas pabrik yang sudah ada di luar negeri.
3. Membuka peluang bagi industri lain untuk berdiri dan meningkatkan kapasitas produksi bagi pabrik yang berbahan baku asam nitrat.
4. Dapat memberikan keuntungan karena kapasitas rancangan berada diatas kapasitas terkecil pabrik yang sudah berdiri.

Kebutuhan asam nitrat di Indonesia dapat dipastikan tiap tahun akan terus meningkat. Dengan demikian, produksi asam nitrat diharapkan dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia.

## Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan suatu lokasi pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam menentukan kelangsungan produksi dari pabrik tersebut. Selain itu faktor produksi dan distribusi produk yang dihasilkan harus diperhatikan sedemikian rupa agar memudahkan kegiatan dalam mengoperasikan pabrik dan perencanaan di masa depan. Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku juga harus dipertimbangkan agar dapat memangkas biaya transportasi dalam mensuplai bahan baku dan pendistribusian produk sehingga pabrik tersebut dapat berjalan efisien dan ekonomis serta menguntungkan. Untuk itu pemilihan lokasi harus direncanakan dengan matang.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik asam nitrat ini berlokasi di daerah Gresik, Jawa Timur. Berikut dibawah ini gambar 2 pemilihan lokasi pabrik yang akan dibangun.



Gambar 2. Peta Wilayah Kabupaten Gresik Jawa Timur

<https://pnpmgresik.weebly.com/profil.html>

Adapun faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam memilih dan

menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

### **1.3.1 Penyediaan Bahan Baku**

Faktor penting dalam menentukan pemilihan suatu lokasi pabrik adalah ketersediaan bahan baku. Semakin dekat lokasi pabrik dengan sumber bahan baku maka dapat menekan biaya penyediaan bahan baku. Untuk itu pabrik asam nitrat didirikan dekat penghasil utama bahan baku (asam sulfat), yaitu pabrik asam sulfat milik PT Petrokimia Gresik, Jawa Timur yang memproduksi 1.170.000 ton/tahun.

### **1.3.2 Pemasaran Produk**

Gresik merupakan daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Gresik sebagai pasar yang baik bagi asam nitrat. Untuk memasarkan hasil produksi dapat dilakukan melalui jalur darat maupun jalur laut. Asam nitrat yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri Ammonium nitrat, bahan peledak, nitrobenzena, insektisida, nitroklorobenzena, nitrogliserin, pembuatan bahan organik sintesis, seperti zat warna, obat-obatan, *cellulosa* nitrat dan sebagainya. Disamping itu, dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan Tanjung Perak akan mempermudah pemasaran produk. Dengan berdirinya pabrik asam nitrat di Gresik diharapkan kebutuhan asam nitrat di Indonesia bisa tercukupi, selain itu juga membuka kesempatan berdirinya industri-industri yang menggunakan asam nitrat sebagai bahan baku.

### **1.3.3 Utilitas**

Dalam penyediaan air untuk proses produksi, juga kebutuhan air untuk rumah tangga, air perkantoran, dan lain-lain diperoleh dari sungai yang tidak jauh dengan kawasan industri yaitu sungai Bengawan Solo. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina dan untuk listrik didapat dari PLN dan penyediaan generator sebagai cadangan energi.

#### **Transportasi**

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai sarana utama bagi tersedianya bahan baku maupun pemasaran produk. Sarana transportasi yang dimiliki Gresik meliputi transportasi darat (jalan raya dan jalur api Surabaya-Jakarta). Gresik juga dekat dengan pelabuhan, sehingga diharapkan suplai pasokan bahan baku dan pemasaran hasil produk baik untuk dalam negeri maupun luar negeri dapat berjalan dengan

lancar.

#### **1.3.4 Tenaga Kerja**

Tenaga kerja dapat dipenuhi dari sumber daya manusia yang ditinjau dari aspek pendidikan yang memadai, pemerataan tenaga kerja, serta pemberian ongkos atau gaji cukup memadai yang disesuaikan dengan tingkat pendidikan, keterampilan, tanggung jawab yang diberikan, dan lain-lain. Dengan didirikannya pabrik asam nitrat ini akan berdampak terbukanya lapangan kerja baru di Gresik baik untuk tenaga kerja ahli maupun tidak. Dengan ini pengangguran dapat dikurangi, serta pemerataan kesempatan kerja dan kekuatan ekonomi

Indonesia akan lebih meningkat. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

#### **1.3.5 Keadaan Iklim**

Gresik merupakan lokasi yang memiliki iklim kering dengan curah hujan tinggi, serta memiliki suhu yang relatif panas. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 30 °C– 40 °C Iklim yang terdapat pada lokasi pabrik juga akan mempengaruhi aktifitas dan proses yang ada. Jika iklim terlalu panas akan mengakibatkan pendinginan yang diperlukan akan lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan biaya perlindungan khusus terhadap alat-alat proses.

#### **1.3.6 Faktor Penunjang Lain**

Kebijakan pemerintah di seluruh ndonesia mempunyai misi untuk mensejahterakan kehidupan masyarakat salah satunya dengan memajukan dalam sektor perekonomian. Dengan berdirinya pabrik asam nitrat di kawasan Gresik diharapkan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar juga mengurangi pengangguran. Tentu hal ini akan mendapat dukungan dari pemerintah untuk proses mendirikan pabrik tersebut dengan mempermudah perizinan dan lain-lainnya.

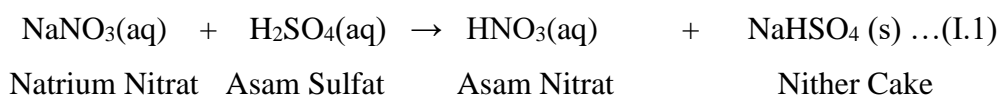
Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa Gresik sesuai jika didirikan pabrik Asam Nitrat di Indonesia.

## Tinjauan Pustaka

### 1.3.7 Dasar Reaksi

Metode pembuatan Asam Nitrat dari Natrium Nitrat dan Asam Sulfat merupakan reaksi eksotermis yang terjadi didalam reaktor dalam fase cair. Metode ini termasuk metode yang sangat mudah karena kondisi operasi dengansuhu dan tekanan yang rendah. Natrium Nitrat dan Asam Sulfat direaksikan pada reaktor tangki berpengaduk dengan proses Batch.

Reaksi yang terjadi:



Reaksi berlangsung selama 12 jam pada suhu 150 °C – 200 °C dan tekanan 1 atm dengan yield mencapai 96-99%. Produk dalam keadaan panas didinginkan dengan menggunakan *Cooler* untuk membentuk cairan Asam Nitrat (Faith dan Keyes, 1957).

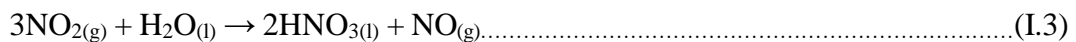
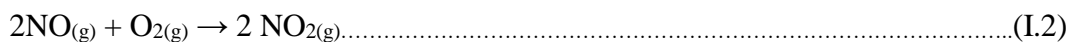
### 1.3.8 Mekanisme Reaksi

Proses pembuatan asam nitrat dapat dilakukan dengan berbagai ca

#### a. Proses Oksidasi

Proses oksidasi pembuatan asam nitrat menggunakan bahan baku ammonia (NH<sub>3</sub>).

Reaksi :



Proses:

Proses oksidasi ini, udara diturunkan menjadi 100 psi, disaring dan dipanaskan sampai suhu 300 °C dengan *heat exchanger*. Amoniak diuapkan dengan evaporator dan selanjutnya dicampur dengan udara tekan. Di dalam reaktor terjadi proses oksidasi antara amoniak dan udara. Campuran udara dan amoniak dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi katalisator platina 2-10%, dari reaktor tersebut dihasilkan nitrogen oksida (NO) dan udara, kemudian



direaksikan dengan oksigen supaya terbentuk asam nitrat yang konsentrasinya 60-65% (Faith, 1957).

### **b. Proses Retort**

Proses ini digunakan bahan dasar natrium nitrat dan asam sulfat (98%). Di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis antara natrium nitrat dan asam sulfat.

Reaksi yang terjadi:



Proses:

Suhu operasi 150 °C selama 12 jam. Selama waktu proses asam nitrat mengalami dekomposisi karena adanya panas reaksi sehingga suhu reaktor harus dijaga. Asam nitrat kemudian dilewatkan kondensor parsial. Hasil gas O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>O dipisahkan dengan separator. Gas yang tidak terembunkan berkisar antara 10-12% dari asam nitrat keluar reaktor. Gas yang tidak terembunkan diserap oleh air dalam absorber. Hasil cairan absorber dan separator dicampur dalam *mixer* kemudian dipisahkan menggunakan menara distilasi untuk menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 96-99%. Hasil samping reaktor berupa campuran NaHSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaNO<sub>3</sub> atau yang sering disebut dengan *Niter Cake*. *Niter Cake* dapat digunakan pada industri baja dan juga sebagai bahan baku asam klorida bila direaksikan dengan garam natrium klorida (Faith, 1957).

### **1.3.9 Pemilihan Proses**

Pemilihan proses pembuatan Asam Nitrat dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Pemilihan proses pembuatan asam nitrat

Proses	Proses Oksidasi	Proses <i>Retort</i>
Bahan Baku	Ammonia	Asam Sulfat dan Natrium Nitrat
Tekanan	100 psi	1 atm
Suhu	300 °C	150 °C
Reaksi	3 Tahap	1 Tahap
Reaktor	RATB	Reaktor Batch
Produk Samping	-	<i>Niter Cake</i>
Fase	Cair-Cair	Cair-Cair
Katalis	Platina	-
Yield	60-65%	96-99%

Sumber: Faith, 1957

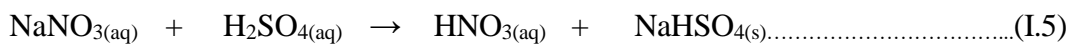
Dalam perancangan ini dipilih proses *retort* dengan pertimbangan:

1. Asam nitrat yang dihasilkan mempunyai kadar yang tinggi yaitu 96-99%.
2. Suhu yang digunakan pada reaktor 150 °C.
3. Hasil samping berupa *Niter Cake* masih bisa digunakan untuk proses industri.
4. Kondisi operasi mudah dicapai karena hanya memerlukan suhu dan tekanan rendah.
5. Proses *retort* reaksinya pada fase cair-cair sehingga dapat digunakan reaktor batch yang mudah dijalankan.

## 2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika dapat dilihat dari konstanta kecepatan reaksinya adalah:

Reaksi pembentukan produk:



Diketahui:

Jenis Reaktor : Reaktor Batch dengan tangki berpengaduk  
XA (konversi hasil) : 0,97  
t (waktu) : 12 jam  
Suhu : 150 °C  
Tekanan : 1 atm  
Asumsi : Reaktor pada keadaan isothermal dan steady state

Untuk memperoleh 1 ton (1000 kg) asam nitrat diperlukan :

Natrium nitrat ; 2.930 lb  
Asam sulfat : 3.150 lb

(Faith & Keyes, 1957)

Reaksi merupakan orde dua, sehingga mengikuti persamaan:

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

Dimana:

k = Konstanta kecepatan reaksi  
C<sub>A</sub> = Konsentrasi NaNO<sub>3</sub> kmol/m<sup>3</sup>  
C<sub>B</sub> = Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kmol/m<sup>3</sup>  
-r<sub>A</sub> = Laju reaksi NaNO<sub>3</sub> kmol/m<sup>3</sup>.jam  
C<sub>A</sub> = C<sub>A0</sub>(1-X<sub>A</sub>)  
C<sub>B</sub> = C<sub>B0</sub> - C<sub>A0</sub> · X<sub>A</sub> M = C<sub>B0</sub>/C<sub>A0</sub>

Sehingga :

$$C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

$$k = \frac{1}{t C_{A0}} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1 - X_A) (M - X_A)}$$

$$k = \frac{1}{t C_{A0}(m-1)} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1 - X_A)} - \int_0^{X_A} \frac{DX_A}{(M - X_A)}$$

$$k = \frac{1}{t C_{A0}(M-1)} \ln \left[ \frac{M - X_A}{M(1 - X_A)} \right]$$

Jadi, nilai k:

$$k = 0,175099 \text{ m}^3/\text{kmol} \cdot \text{jam}$$

### 3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika dimaksudkan untuk mengetahui sifat reaksi

(eksotermis atau endotermis) dan arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Untuk menentukan sifat panas reaksi dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$  pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (Yaws, 1999).

Dari reaksi pembuatan asam nitrat ditinjau dari reaksi kesetimbangan. Adapun reaksi utama pembuatan asam nitrat:



$\Delta H^\circ_{F298}$  dan  $\Delta G^\circ_{F298}$  dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Harga  $\Delta H^\circ_{F298}$  dan  $\Delta G^\circ_{F298}$

Komponen	$\Delta H^\circ_{F298}$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_{F298}$ (kJ/mol)
NaNO <sub>3</sub>	-467	-366
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-735,13	-653,47
HNO <sub>3</sub>	-135,1	-74,7
NaHSO <sub>4</sub>	-1387,1	-1270,2

Sumber: Yaws, 1999

Panas Reaksi Standar ( $\Delta H_R^\circ$ )

Jika  $\Delta H_R^\circ =$  bernilai negatif maka reaksi eksotermis

Jika  $\Delta H_R^\circ =$  bernilai positif maka reaksi endotermis

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta(\text{produk}) - \sum \Delta H_{of}(\text{reaktan}) \quad \Delta H_R^\circ = -320,07 \text{ kJ/mol}$$

Karena  $\Delta H_R^\circ$  bernilai negatif maka reaksi merupakan reaksi bersifat eksotermis dan menunjukkan bahwa sistem membutuhkan pendingin.

a) Konstanta Kesetimbangan (K)

$$\frac{d \ln k}{dt} = \frac{\Delta H_R}{RT^2}$$

$$\Delta G = -RT \ln K$$

(Smith, 2001)

$$\Delta G^{of} = \Delta G^{of} \text{ produk} - \Delta G^{of} \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta G_f^\circ \text{HNO}_3) + \Delta G_f^\circ \text{NaHSO}_4) - (\Delta G_f^\circ \text{NaNO}_3 + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$= ((-74,7) + (-1270,2)) - ((-366) + (-653,47))$$

$$= -325,43 \text{ kJ/mol}$$

Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan Standar

$$\ln K_{298} = \frac{\Delta G^{\circ}f}{RT} = \frac{-325,43 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{K} \times 298 \text{ K}} = -131,351$$

$$K_{298} = 9,0211 \times 10^{58}$$

Konstanta kesetimbangan (K) pada T = 150°C = 423 K

$$\ln \frac{K_{423}}{K_{298}} = \left( \frac{\Delta H^{\circ}_{298}}{R} \right) \left( \frac{1}{423} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{423} = K_{298} \times \left( \exp \left( \frac{1}{423} - \frac{1}{298} \right) \right)$$

$$K_{298} = 9,021 \times 10^{58} \times \left( \exp \frac{-320,07 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} \left( \frac{1}{423,15} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right) \right)$$

$$K_{298} = 3,4261 \times 10^{75}$$

Harga K yang didapat >>> 1 sehingga reaksi yang terjadi adalah reaksi yang bersifat searah atau *irreversible*.