

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, sebagai bangsa Indonesia memiliki kewajiban untuk melaksanakan pembangunan di dalam segala aspek bidang. Pembangunan dalam sektor ekonomi adalah salah satu pencapaian kemandirian perekonomian nasional yang sedang digiakan oleh pemerintah. Untuk mencapai tujuan ini pemerintah menitikberatkan pada pembangunan di sektor industri. Pembangunan industri ditujukan untuk memperkokoh struktur ekonomi nasional dengan keterkaitan yang kuat dan saling mendukung antar sektor, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja dan kesempatan usaha sekaligus mendorong berkembangnya kegiatan berbagai sektor pembangunan lainnya.

Sodium sulfat merupakan salah satu bahan yang sangat diperlukan sebagai produk hulu. Sodium sulfat banyak digunakan sebagai salah satu bahan pembuat kertas, deterjan, gelas dan lain-lain. Sodium sulfat pada zaman dahulu dapat diperoleh dari danau yang ada di Amerika. Selain itu dapat diperoleh dengan mereaksikan senyawa sodium dengan asam sulfat, misalnya NaCl dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Yang merupakan senyawa sodium yang pertama kali ditemukan oleh Sir Humphry pada tahun 1807. Senyawa sodium dialam terdapat banyak dalam jumlah yang berlimpah dan dalam bentuk yang alami, Misalnya NaCl dalam air laut, NaNO<sub>3</sub> di Chili dan Peru, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> di Australia dan Afrika Timur, Borak (Na<sub>2</sub>BO<sub>4</sub>.10 H<sub>2</sub>O) di India, Tibet dan California.

Pengolahan sodium sulfat dari air danau (*Searles Lake*) yang berasal dari California ini dimulai pada tahun 1916 sebagai hasil samping pembuatan KCl, sedangkan yang berasal dari batuan (mineral) diproduksi secara besar-besaran pada tahun 1980. Pada tahun 1884 telah dikembangkan

proses *kraft paper pulp*, Pengembangan ini menjadikan sodium sulfat merupakan bahan yang sangat penting. Penelitian dan pengembangan sodium sulfat dari tahun ke tahun semakin maju dan berkembang dan telah dilakukan penyempurnaan dalam pembuatannya sehingga banyak dikenal metode proses pembuatannya. Pada pabrik – pabrik kertas yang banyak memakai kraft maka banyak pula sodium sulfat yang digunakan. Sebagian besar dari produk sodium sulfat dipergunakan untuk pabrik kertas dengan proses kraft.

## **1.2 Maksud dan Tujuan Pendirian Pabrik**

### **1.2.1 Maksud**

Maksud dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi impor sodium sulfat, sehingga Indonesia tidak mengimpor sodium sulfat. Dengan demikian dapat mendorong pertumbuhan industri-industri kimia, menciptakan lapangan pekerjaan, mengurangi pengangguran dan yang terakhir diharapkan dapat menumbuhkan serta memperkuat perekonomian di Indonesia. Kebutuhan akan sodium sulfat di Indonesia dipenuhi oleh beberapa negara pengimpor. Beberapa tahun ini, Indonesia masih membutuhkan sodium sulfat dari negara-negara penghasil sodium sulfat.

### **1.2.2 Tujuan**

Tujuan dari prarancangan pabrik *sodium sulfat* ini adalah :

1. Memenuhi kebutuhan industri dari penggunaan sodium sulfat yang ada di Indonesia
2. Meningkatkan jumlah produksi sodium sulfat yang ada di Indonesia
3. Mengurangi jumlah impor sodium sulfat

## 1.3 Analisa Pasar

### 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku prarancangan pabrik *sodium sulfat* adalah *sodium formate* dan asam sulfat. Pada prarancangan pabrik *sodium sulfat* ini, bahan baku *sodium formate* di produksi oleh *Zouping Changshan Town Zepeng Fertilizer Factory* (Shandong, China). Sedangkan bahan baku asam sulfat diproduksi dari PT. Petrokimia Gresik dan PT. Indonesia Acid Industri. PT. Petrokimia Gresik Jawa Timur memproduksi asam sulfat sekitar 1.170.000 ton/tahun dan PT. Indonesia Acid Industri memproduksi sekitar 82.500 ton/tahun.

### 1.3.2 Kebutuhan Produk di Indonesia

Kebutuhan sodium sulfat di Indonesia, semakin meningkat sejalan dengan semakin meningkatnya kebutuhan kertas di Indonesia. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut ini:

**Tabel 1.1 Kebutuhan *sodium sulfat* di Indonesia**

Tahun	Kebutuhan Produksi (Ton/Th)
2013	2.658,115
2014	603,848
2015	1.861,971
2016	2.398,404
2017	22.898,834

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018

## 1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik dimana kapasitas produksi dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis.

**Tabel 1.2 Data impor dan ekspor *sodium sulfat* di Indonesia**

Tahun	Impor		Ekspor	
	Ton/Tahun	Pertumbuhan	Ton/Tahun	Pertumbuhan
2013	2658.115	-	3297.384	-
2014	603.848	-77.282 %	1251.001	-62.061 %
2015	1861.971	208.350 %	367.021	-70.662 %
2016	2393.404	28.809 %	271	-26.160 %
2017	22898.843	854.753 %	71.011	-73.7964 %
<b>Kenaikan rata-rata</b>		<b>253.657 %</b>	<b>-</b>	<b>-232.680 %</b>

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018

Untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi pabrik *sodium sulfat* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

$m_1$  = Nilai impor tahun pabrik didirikan

$m_2$  = Produksi pabrik didalam negeri

$m_3$  = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

$m_4$  = Nilai ekspor tahun pabrik didirikan

$m_5$  = Nilai konsumsi dalam negeri tahun pabrik didirikan

(Kusnarjo, 2010)

Dengan menggunakan tabel 1.3 diperoleh kenaikan impor per tahun adalah 253.657% dan untuk kenaikan ekspor per tahun adalah -232.680%. Maka nilai impor pada tahun 2022 dapat tercukupi oleh produksi pabrik yang didirikan maka  $m_1 = 3555595.672$  ton/tahun dan jumlah produksi pabrik didalam negeri merupakan kapasitas tiga pabrik di Indonesia yaitu 247.000 ton/tahun. Maka perkiraan impor pada tahun 2022:

$$\begin{aligned}m_5 &= P (1+i)^n \\ &= 22898.843 (1+2.53)^4 \\ &= 3555595.672 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 71.011 (1+2.32)^4 \\ &= 215.589 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sehingga peluang kapasitas produksi pada tahun 2022 adalah,

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

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (3555595.672 + 215.589) - (3555595.672 + 247000)$$

$$m_3 = 246783.739 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan peluang kapasitas produksi pabrik *sodium sulfat* adalah 246.783.739 ton/tahun, maka dengan pertimbangan *stock* produksi kapasitas menjadi 200.000 ton/tahun.

## 1.5 Macam-Macam Proses

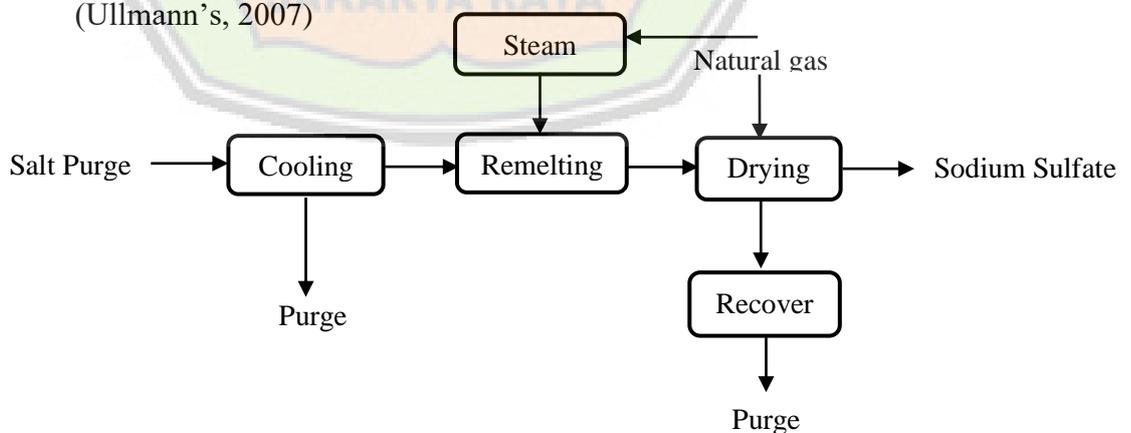
Proses pembuatan sodium sulfat ini dapat dilakukan dengan empat macam dan bahan baku yang dipergunakan juga berbeda pula. Proses pembuatan sodium sulfat dapat dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu proses dengan bahan baku garam dan proses bahan baku selain garam. Proses yang dapat digunakan dalam pembuatan sodium sulfat yaitu :

### 1) Sodium Sulfat dari Glauber's Salt dengan proses Messo

Pada proses ini, larutan brine jenuh (*saturated brine*) mengandung sodium sulfat, merupakan bahan baku utama dan dapat diperoleh dari beberapa air tanah atau danau yang mengandung sodium sulfat (*Sear Lake Brine*). Larutan brine pertama-tama didinginkan melalui beberapa tahapan pendinginan, dimana pada saat pendinginan, sodium sulfat terkristalisasi membentuk Glauber's salt ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ).



Larutan Glauber's salt diumpankan pada centrifuge untuk memisahkan kristal yang terbentuk dengan mother liquor, dimana kristal yang terbentuk diumpankan ke dalam remelting vessel, sedangkan mother liquor dikembalikan kembali menuju ke alat cooling. (Ullmann's, 2007)

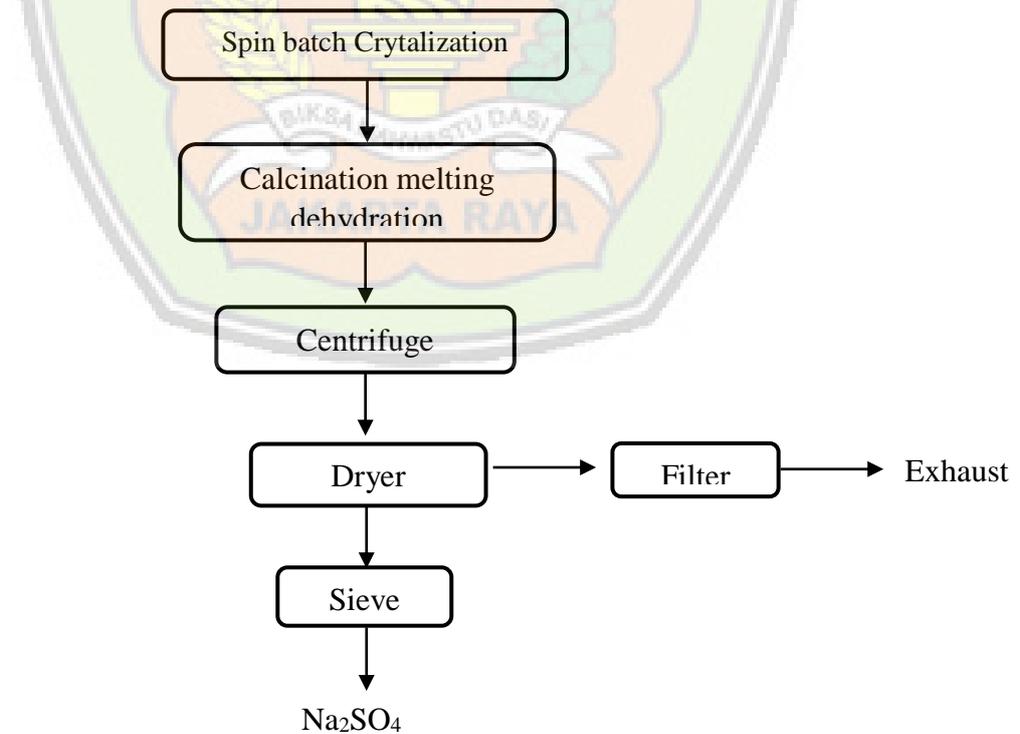
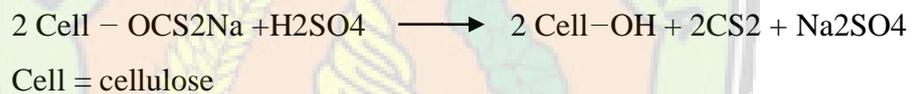


Gambar 1.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Sodium dari Glauber's Salt dengan proses Kristalisasi

Pada remelting vessel, larutan Glauber's salt diendapkan dalam bentuk sulfat solid dengan cara memanaskan menggunakan steam. Produk sodium sulfate kemudian dikeringkan pada dryer dengan menggunakan natural gas sebagai pemanas, sedangkan padatan yang terikut uap panas kemudian dikembalikan pada remelting vessel. (Ullmann's, 2007).

2) Sodium Sulfate dari proses Viscose-Fiber Spinning Baths.

Sodium sulfat diproduksi dalam jumlah banyak dengan proses viscose. Garam hasil dari pengasaman dari alkalin viscose oleh asam sulfat, asam dan garam menjadi bahan invariabel cairan spin-bath. Bahan lainnya, misalnya seng sulfat, mungkin juga ada dalam cairan selama pembuatan rayon viskose tertentu. (US.Patent 3,331,661 : 1-4). Serat diproduksi dengan memintal viscose dalam rendaman presipitasi asam sulfat dimana reaksi berikut terjadi:



Gambar 1.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Sodium Sulfate dari proses Viscose-Fiber Spinning Baths

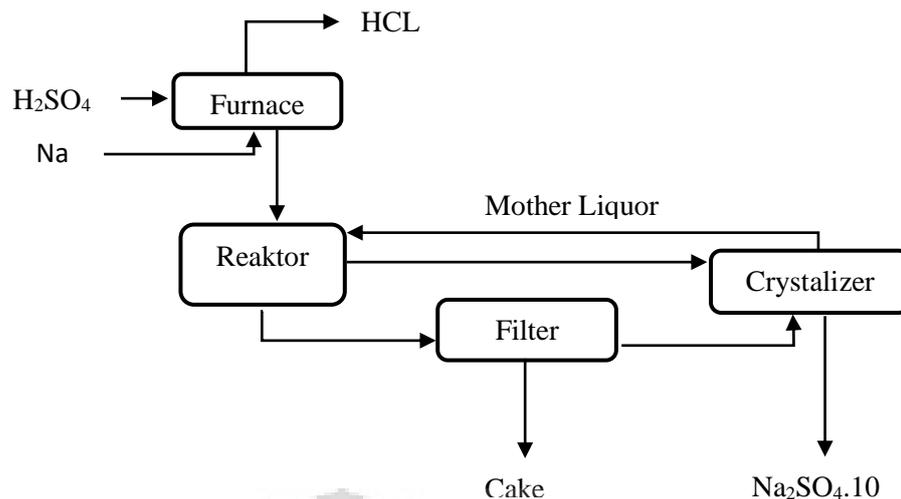
Presipitasi mengandung ca.10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20% Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, dan ZnSO<sub>4</sub> 1%. Proses pemintalan menghasilkan ca. 1 kg sodium sulfat untuk setiap kilogram serat viscose. Oleh karena itu, asam harus ditambahkan terus menerus, dan natrium sulfat dilepaskan. Proses pengolahan terdiri dari penguapan multistage, diikuti dengan pendinginan larutan pekat dari 50 °C sampai 0 - 5°C dalam alat kristalisasi. Garam glauber dilepaskan dengan alat sentrifugal, dan cairan induk didaur ulang ke bak pemintalan. Seng sulfat yang dilarutkan dalam bak pemintal tidak direalisasikan. Thenardite yang mengandung 99,6- 99,9% natrium sulfat dihasilkan dengan kalsinasi garam Glauber dalam menguapkan kristalisasi dengan sebagian daur ulang cairan induk. Di Eropa Barat pada tahun 1988, 305.000 t natrium sulfat dihasilkan dari pembuatan serat viscose, dan di Amerika Serikat pada tahun 1989, 89.000 ton. (Ullmann's, 2007).

### 3) Sodium Sulfate proses Mannheim

Proses Mannheim menghasilkan natrium sulfat dengan reaksi natrium klorida dan asam sulfat :



Reaksi ini terjadi dalam (fluidized-bed reactor) reaktor unggun terfluidisasi atau tungku khusus yang disebut tungku Mannheim (Mannheim furnace). Bahan baku garam (NaCl) direaksikan dengan sulfuric acid pada sebuah furnace Mannheim sehingga menghasilkan gas hydrogen chloride dan padatan sodium sulfate. Produk gas hydrogen chloride kemudian diserap pada kolom absorber dengan air proses untuk menghasilkan produk larutan hydrogen chloride. Produk padatan sodium sulfate dari furnace kemudian didinginkan, dikeringkan dan disaring untuk kemudian dikemas sebagai produk akhir. Proses Mannheim ini merupakan proses pembuatan hydrogen chloride, sehingga produk sodium sulfate merupakan produk samping dari pembuatan hydrogen chloride. (Ullmann's, 2007).



Gambar 1.3. Diagram Alir Proses Pembuatan Sodium Sulfate dari Garam dengan proses Mannheim

NaCl direaksikan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada menheim furnace. Saltcake (crude Sodium Sulfat) dikeluarkan secara kontinyu dari furnace dengan didinginkan terlebih dahulu sebelum masuk kedalam tangka pencampur. Endapan dibiarkan mengendap dan supernatant liquor dipompakan ke dalam crystalizer untuk membentuk garam Glauber (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O). Setelah kristalisasi garam Glauber disimpan dalam tangka untuk mencegah air dari udara, mother liquor dikembalikan pada reaktor (Ullmann's, 2007).

#### 4) Sodium Sulfate dari Formic Acid

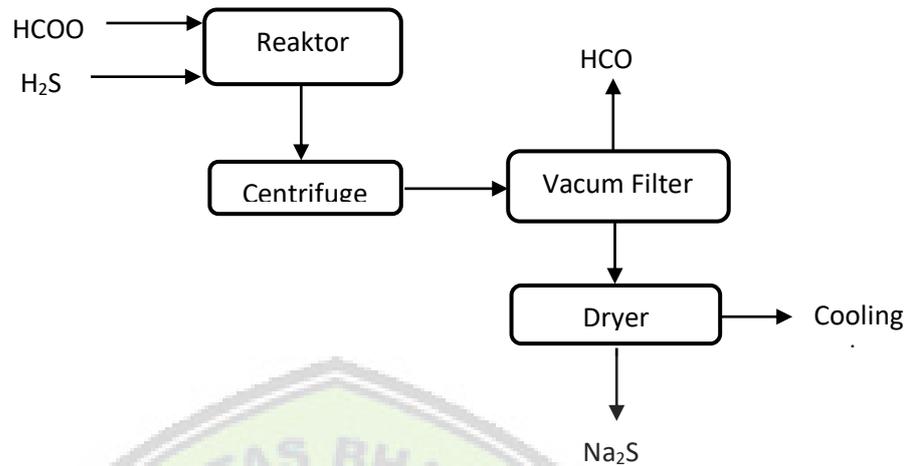
Dalam proses formic acid, digunakan bahan baku sodium formate. Untuk menghasilkan sodium sulfate, sodium format direaksikan dengan sulfuric acid menghasilkan sodium sulphate dan formic acid.

Berikut reaksi yang terjadi :



Larutan sodium sulphate dan formic acid dari reactor kemudian diumpankan pada centrifuge untuk memisahkan Kristal sodium sulphate dan formic acid. Filtrat berupa formic acid kemudian diumpankan pada evaporator untuk menguapkan formic acid,

sedangkan cake berupa sodium sulphate diumpankan pada dryer untuk pengeringan kristal sodium sulfate.



Gambar 1.4. Diagram Alir Proses Pembuatan Sodium Sulfate dari Formic acid

Cake dari centrifuge yang mengandung sodium sulfate kemudian diumpankan pada system drier yang terdiri dari multi-coil dryer yang dipanaskan dengan menggunakan steam. Produk dari dryer kemudian diumpankan pada system cooling dan kemudian disaring terlebih dahulu sebelum dikemas sebagai produk akhir. (Patent CN 104528767 B).

Berdasarkan uraian proses diatas, maka dapat dilihat perbandingan macam – macam proses pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Seleksi Proses

Parameter	Macam – macam Proses			
	Messo	Viscose - fibre	Mennheim	Formic Acid
Bahan Baku Utama	Brine	Serat / Rayon	Garam	Sodium Formate

Harga Bahan Baku Utama	Rp. 2.000/kg (Alibaba.com)	Rp. 22.000/kg (Alibaba.com)	Rp. 1000/kg (Alibaba.com)	Rp. 4.500/kg (Alibaba.com)
Bahan Baku Pembantu	Natural Gas	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Harga Bahan Baku Pembantu	54.000/mmbtu (Alibaba.com)	Rp. 10.000/kg (Alibaba.com)	Rp. 2.500 (Alibaba.com)	Rp. 2.500 (Alibaba.com)
Aliran Proses	Sederhana	Kompleks	Kompleks	Sederhana
Peralatan	Sederhana	Sederhana	Sederhana	Sederhana
Utilitas	Sedang	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis
Instrumentasi	Sederhana	Kompleks	Sederhana	Sederhana

Dari uraian proses, maka dipilih pembuatan prarancangan pabrik Sodium Sulfate dengan proses formic acid, dalam beberapa pertimbangan :

- a. Bahan baku mudah didapat di dalam negeri
- b. Peralatan yang digunakan sederhana dan lebih mudah
- c. Biaya peralatan dan instrumentasi lebih ekonomis
- d. Produk yang dihasilkan memenuhi kebutuhan pasar
- e. Biaya ekonomi lebih ekonomis daripada proses lainnya

## 1.6 Tahap Persiapan Bahan Baku

### - **Sodium Format**

Sodium format biasanya diimpor dari *Zouping Changshan Town Zepeng Fertilizer Factory* (Shandong, China).

### - **Asam Sulfat**

Asam sulfat diproduksi oleh PT. Petrokimia, Gresik, Jawa timur dan PT. Dunia Kimia Utama, Palembang.

## 1.7 Tinjauan Thermodinamika dan Kinetika Reaksi

### 1.7.1 Thermodinamika

$\Delta H_r$  menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecil nilai  $\Delta H_r$  tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan.  $\Delta H_r$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas (endotermis) untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar  $\Delta H_r$  maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan  $\Delta H_r$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas (eksotermis) selama proses berlangsungnya reaksi. Berikut ini merupakan data energi pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada  $25^\circ \text{C}$  untuk masing – masing komponen :

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



#### ▪ Harga $\Delta H_f^\circ$ 298 Reaksi

Dari harga  $\Delta H_f^\circ$  298 diperoleh data sebagai berikut:

$$\Delta H_f^\circ \text{HCOONa} = - 666.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4 = - 814 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{HCOOH} = - 97.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 = - 1384 \text{ kJ/mol}$$

(Perrys 7<sup>ed</sup> : 1997 )

$$\Delta H_{r298} = (n. \Delta H_f^\circ \text{ Produk}) - (n. \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H_{r298} = (2. \Delta H_f^\circ \text{HCOOH} + \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 ) - (2. \Delta H_f^\circ \text{HCOONa} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta H_{r298} = (2 (-97.8) + (-1384)) - (2 (- 666.5) + (-814))$$

$$\Delta H_{r298} = (- 1579) - (-2146)$$

$$\Delta H_{r298} = -567 \text{ kJ/mol}$$

Harga  $\Delta H_{r298}$  bernilai positif sehingga reaksi pembentuk *sodium sulfate* bersifat endotermis atau memerlukan panas selama reaksi berlangsung.

▪ Harga  $\Delta G^\circ_{298}$  Reaksi

Dari harga  $\Delta G^\circ_{298}$  diperoleh data sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ \text{HCOONa} = - 599.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{H}_2\text{SO}_4 = - 193.7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{HCOOH} = - 361.4 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 = - 1265.2 \text{ kJ/mol}$$

(Perry's 7<sup>ed</sup> : 1997 )

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ Produk} - \Delta G^\circ \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^\circ = (2. \Delta G^\circ_f \text{HCOOH} + \Delta G^\circ_f \text{Na}_2\text{SO}_4 ) - (2. \Delta G^\circ_f \text{HCOONa} + \Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta G^\circ = (2(- 361.4) + (- 1265)) - (2(-599.97) + (-689.9))$$

$$\Delta G^{\circ} = (-1987.8) - (-1889.7)$$

$$\Delta G^{\circ} = -98.1 \text{ kJ/mol}$$

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

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

atau

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

$\Delta G^{\circ}$  = Energi bebas Gibbs standar, (kJ/mol)

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

T = Temperatur, K

K = Konstantan Kesetimbangan

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

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada  $T_{\text{referensi}} = 25^{\circ} \text{ C} = 298 \text{ K}$  adalah sebagai berikut :

$$K_{298} = \exp \left[ -\frac{\Delta G}{RT} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[ -\frac{-98.1}{0,008314 \times 298} \right]$$

$$K_{298} = 1.57 \times 10^{17}$$

Reaksi dijalankan pada temperatur  $40^{\circ} \text{ C}$  sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur  $40^{\circ} \text{ C}$  (313 K ) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\frac{K_{oprasi}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H_{298}}{R} \left[ \frac{1}{T_{oprasi}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{oprasi}}{1.57 \times 10^{17}} = \exp - \frac{567}{0,008314} \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{298} \right]$$

$$K_{oprasi} = 57953,74$$

$$K \gg \gg 1$$

Dari perhitungan diatas harga  $K \gg \gg 1$  sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat *irreversible* atau searah.

### 1.7.2 Kinetika Reaksi

Reaksi antara sodium formate dan asam sulfat akan menghasilkan sodium sulfate dalam bentuk padatan. Reaksinya dalam fase cair dimana asam sulfat terlarut dalam air dan sodium formate sedikit larut dalam air. Tidak ada reaksi samping yang terjadi, karena pengotor dalam garam umpan berupa air.

Persamaan reaksi kimia:



Persamaan reaksi antara sodium foramate dan asam sulfat adalah reaksi orde 2 dan dinyatakan dengan persamaan kecepatan reaksi :

$$r_A = k.C_A^2$$

$$k = 0,0088 \text{ m}^3/\text{kmol.jam} \quad (\text{Levenspiel})$$

dengan:

$$-r_A = \text{kecepatan reaksi} \quad , \text{ kmol/ m}^3.\text{jam}$$

$$C_A = \text{konsentrasi H}_2\text{SO}_4 \text{ sisa} \quad , \text{ kmol/ m}^3$$

$$C_{A0} = \text{konsentrasi HCOONa sisa} \quad , \text{ kmol/ m}^3$$

$$K = \text{konstanta laju reaksi; } 0,0888 \quad , \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

Basis larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 1000 gr

Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Berat H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: 980	gr
98%	Berat H <sub>2</sub> O	: 20	Gr
		0,02	L
	BM H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: 98,07688	Mol
	Mol	: gr/mol	
		: 9,9921	gr/mol

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 \text{ berlebih} &: \frac{1}{1,1} \times \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ 10\% &: \frac{1}{1,1} \times \frac{98,0768}{0,02} \\ &: 454,1891 \text{ M} \end{aligned}$$

Maka,



Mula-mula            908,3783            454,1891

Bereaksi            890,2107            445,1053            908,3782            445,1053

---

Sisa            18,16757            9,0837            908,3782            445,1053

$$-r_A = k \cdot C_A^2$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^2$$

$$-\frac{dC_A}{C_A^2} = k \cdot dt$$

$$-\int_{C_{A_0}}^{C_A} \frac{1}{C_A^2} \cdot dC_A = k \int_{t=0}^t dt$$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A_0}} = k \cdot t$$

$$\frac{1}{9,0837} - \frac{1}{18,1675} = 0,0888t$$

$$t = 0,62 \text{ jam}$$

$$t = 37 \text{ menit } 19 \text{ detik}$$

Maka dengan harga konstanta kecepatan reaksi sebesar 0,0888 m<sup>3</sup>/kmol.jam, sehingga membutuhkan waktu tinggal selama 37 menit 19 detik untuk reaksi di dalam Reaktor.

