

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Aluminium Sulfat [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ] dikenal juga sebagai tawas yang merupakan salah satu bahan kimia yang sangat diperlukan baik dalam industri pengolahan air. Industri yang menggunakan aluminium sulfat diantaranya industri kertas, industri kulit, industri tekstil dan industri lain nya (Safitri, 2017). Aluminium juga dikenal sebagai koagulan yaitu bahan yang dapat menurunkan konsentrasi dan padatan terlarut dan tersuspensi pada limbah cair laboratorium karena ekonomis, mudah diperoleh dipasaran serta mudah dalam menyimpannya (Nurfath, 2019).

Industri kimia di Indonesia mempunyai banyak peran yang cukup penting dalam meningkatkan perekonomian negara. Dengan adanya industri maka potensi sumber daya alam di Indonesia dapat digunakan sehingga mengurangi ketergantungan kita terhadap negara lain. Dengan perkembangan zaman industri mempermudah dalam memperluas kesempatan kerja dalam membangun pembangunan nasional. Untuk saat ini industri kimia dapat menghasilkan produk yang sangat menguntungkan karena mengurangi ketergantungan impor terhadap luar negeri.

### **1.2 Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pembahasan pemilihan proses dasar reaksi, kondisi operasi, serta tinjauan termodinamika

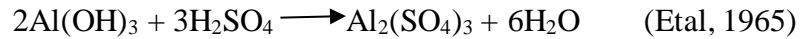
#### **1.2.1 Pemilihan Proses**

Reaksi pembentukan Aluminium sulfat dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya proses Giulini, proses Dorr dan proses Digest

##### **a. Proses Giulini**

Pada proses Giulini, bahan baku utama yang digunakan adalah aluminium hidroksida dan asam sulfat yang disimpan dalam tangki penyimpanan lalu dibawa ke tangki reaksi. Proses ini bereaksi pada suhu  $170^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 5 atm. Setelah

terbentuk produk akan dikristalkan setelah itu produk akan masuk ke silo penyimpanan. Aluminium Sulfat diproduksi sesuai dengan reaksi berikut :



b. Proses Dorr

Pada proses dorr bahan baku utama yang digunakan adalah bauksit yang terdiri dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{TiO}_2$  berbentuk bongkahan yang disimpan di gudang dan diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* untuk dihancurkan di *jaw crusher* dan selanjutnya *ball mill* hingga berukuran 200 mesh. Kemudian bahan baku akan masuk kedalam reaktor yang beroperasi pada suhu  $105^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm dengan waktu operasi 1 jam. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk dan konversi yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 92%. Reaktor ini berjalan dengan reaksi:



Selain reaksi utama terdapat reaksi samping yang terjadi :



Kemudian bereaksi di dalam reaktor selanjutnya produk reaktor akan dimasukan kedalam mixer untuk mereaksikan ferro sulfat dengan barium sulfida untuk proses reduksi  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Selanjutnya ditambahkan *flake glue* untuk membentuk flokulan agar mudah mengendap. Produk reaktor selanjutnya masuk kedalam evaporator untuk dipekatkan hingga 90% dan pembentukan produk berbentuk serbuk menggunakan alat *spray dryer*. Setelah berbentuk padatan Aluminium sulfat akan dihaluskan menggunakan *ball mill* hingga produk berukuran 100 mesh. Produk jadi diakan ditampung dalam bin dan di bawa menggunakan *belt conveyor* (Lestari & Rabiah, 2011).

c. Proses Digesting

Proses Digesting menggunakan asam sulfat untuk menghasilkan aluinium sulfat. Metode disgesting menggunakan bahan baku ampas bauksit berukuran 60 mesh. Bahan baku ampas bauksit akan dimasukan kedalam reaktor untuk mkemudian direaksikan dengan asam sulfat untuk menghasilkan aluminium sulfat.

Reaksi dengan metode disgesting ini berlangsung pada reaktor dengan suhu 100<sup>0</sup> C (Hidayat et al., 2018). Perbandingan metode pembuatan aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 1.1

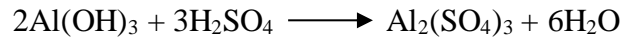
**Tabel 1.1 Pemilihan Proses Pembuatan Aluminium Sulfat**

Parameter	Macam Proses		
	Dorr	Giulini	Digesting
Suhu Operasi	105°C	170°C	110°C
Tekanan	1 atm	5 atm	4 atm
Bahan baku	Bauksit	Al(OH) <sub>3</sub>	Ampas Bauksit
Bahan tambahan	Barium sulfida, Flake glue, Asam sulfat	Asam sulfat	Asam sulfat
Produk Samping	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , BaSO <sub>4</sub> , FeS	-	Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Konversi Reaksi	92%	92%	85%

Berdasarkan Tabel 1.1, dengan perbandingan dari beberapa uraian proses di atas maka dipilih proses Giulini. Karena proses giulini lebih mudah dan lebih murah sedangkan proses lainnya memiliki produk samping sehingga diperlukan pemisahan senyawa dari produk tersebut agar tidak mengganggu kemurnian Aluminium Sulfat. Seperti pada proses dorr harus ditambahkan Barium sulfida yang berfungsi untuk mengendapkan kandungan besi. Dan proses digesting dilakukan penambahan besi scrap untuk mereduksi kandungan ion feri dan fero sulfat untuk mendapatkan produk aluminium sulfat. Proses pemisahan produk samping tersebut memerlukan metode dan biaya tambahan.

### 1.2.2 Dasar Reaksi

Proses pembuatan Aluminium sulfat berdasarkan reaksi :



Pembentukan aluminium sulfat dengan esterifikasi asam sulfat dan aluminium hidroksida secara kontinu di dalam reaktor

### 1.2.3 Kondisi Operasi

Kondisi Operasi pada perancangan pabrik Aluminium sulfat ini adalah sebagai berikut :

Temperatur reaksi :  $170^\circ\text{C}$

Tekanan : 5 atm

### 1.3 Tinjauan Kinetika

Menurut (Etal, 1965), reaksi antara aluminium hidroksida dan asam sulfat akan menghasilkan aluminium sulfat dan air dengan konversi 92% . Penentuan kecepatan reaksi Aluminium Sulfat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

M	2	3		
B	1,84	2,76	0,92	5,52
S	0,16	0,24	0,92	5,52

$$-r_A = K \cdot C_A \cdot C_B$$

$-r_A$  = Kecepatan reaksi

K = Konstanta Kecepatan Reaksi

$C_A$  = Konsentrasi Aluminium Hidroksida pada waktu t ( mol/L)

$C_B$  = Konsentrasi Asam Sulfat pada waktu  $t$  ( mol/L)

$C_{AO}$  = Konsentrasi Aluminium Hidroksida mula-mula

$C_B$  = Konsentrasi Asam Sulfat mula-mula

$X_A$  = Konversi

Diketahui:

Konsentrasi awal Aluminium Hidroksida ( $C_{AO}$ ) = 2 mol/L

Konsentrasi awal Asam Fosfat ( $C_{BO}$ ) = 3 mol/L

Persamaan Stoikiometri

$$C_A = C_{AO} (1 - X_A)$$

$$C_B = C_{BO} - C_{AO} X_A$$

• $C_A = C_{AO} (1 - X_A)$	• $C_B = C_{BO} - C_{AO} X_A$
$= 2 (1 - 0,92)$	$= 3 - 2 (0,92)$
$= 0,16 \text{ mol/L}$	$= 0,24 \text{ mol/L}$

• **Kecepatan Reaksi**

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

$$-r_A = k \cdot 0,16 \text{ mol/L} \cdot 0,24 \text{ mol/L}$$

$$-r_A = 0,0384 k \text{ mol/L}$$

• **Space Time**

Dalam US Patent  $V = 3 \text{ m}^3$

Dalam US Patent  $F_{A0} = 0,252 \text{ Ton/jam} = 252 \text{ kg/jam} = 3,23 \text{ Kmolel/jam}$

$$\tau = \frac{VC_{AO}}{F_{A0}} = \frac{3 \times 2}{3,23} = 1,86 \text{ L/Kmolel.jam}$$

- **Konstanta Kecepatan Reaksi (k)**

$$\tau = \frac{C_{A0} \cdot C_A}{(-r_A)}$$

$$1,86 = \frac{2 \times 0,16}{0,0384 k}$$

$$k = 4,48 \text{ L/mol.jam}$$

- **Energi Aktivasi (Ea)**

$$E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln 2 \quad (\text{Missen, R.W; Mims, 1999})$$

$$E_a = \frac{1,987 \cdot 298 \cdot 423}{423 - 298} \ln 2$$

$$E_a = 1388,9 \text{ kKal/Kmol}$$

- **Faktor Tumbukan (A)**

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

$$4,48 = A \cdot e^{-1388,9/1,987 \times 423}$$

$$A = 23,38 \text{ cm}^3/\text{Kmol.s}$$

$$A = 0,000023 \text{ m}^3/\text{Kmol.Jam}$$

- **Waktu Tinggal (t)**

$$t = \frac{C_{A0} - X_A}{-r_A}$$

$$t = \frac{2 - 0,92}{0,0384(4,48)}$$

$$t = 6,28 \text{ Jam}$$

$$t = 376,8 \text{ menit}$$

#### 1.4 Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembentukan Aluminium sulfat dari Aluminium hidroksida dan asam sulfat dengan metode giulini yang berlangsung pada reaktor CSTR dengan kondisi operasi  $T=170^{\circ}\text{C}$  dan  $P=5\text{ atm}$  adalah sebagai berikut.



**Tabel 1.2 Data energi bebas**

Komponen	$\Delta H_f^{\circ}(\text{Kkal/Mol})$	$\Delta G_f^{\circ}(\text{kJ/Mol})$
$2\text{Al}(\text{OH})_3$	-1277	-2287,39
$3\text{H}_2\text{SO}_4$	-193,69	-164,93
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	-893,900	-759,300
$6\text{H}_2\text{O}$	-452	-237,14

Untuk mengetahui reaksi berjalan eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta H = \Delta H_f^{\circ}(\text{P}) - \Delta H_f^{\circ}(\text{R}) \quad (\text{Smith, 2017})$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_f^{\circ}(\text{P}) - \Delta H_f^{\circ}(\text{R}) \\ &= (\Delta H_f^{\circ} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \Delta H_f^{\circ} 6\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^{\circ} 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \Delta H_f^{\circ} 3\text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= (-893,900 + (6 \times -452)) - ((2 \times -1277) + (3 \times -193,69)) \\ &= -470,83 \text{ kKcal/mol} \\ &= -1969,95272 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Nilai  $\Delta H_r$  bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis. Kemudian dilakukan penentuan energi bebas gibbs standar :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Tabel entropi senyawa dari *Lange's Handbook*

Senyawa	TΔS (kJ/mol)
H <sub>2</sub> O	23,9
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	156,9
Al(OH) <sub>3</sub>	50,92
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	239,3

$$T\Delta S = T\Delta S_{(P)} - T\Delta S_{(R)}$$

$$T\Delta S = ( T\Delta S \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 + T\Delta S \text{ H}_2\text{O} ) - ( T\Delta S \text{ Al}(\text{OH})_3 + T\Delta S \text{ H}_2\text{SO}_4 )$$

$$T\Delta S = ( ( 1 \times 239,3 ) + ( 6 \times 23,9 ) ) - ( ( 2 \times 50,92 ) + ( 3 \times 156,9 ) )$$

$$T\Delta S = -189,84 \text{ kJ/kmol}$$

Menentukan energi gibbs menggunakan persamaan :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = (-1969,95272 \text{ kJ/mol}) - ( -189,84 \text{ kJ/kmol} )$$

$$\Delta G = -1780,11 \text{ kJ/mol}$$

Energi gibbs bernilai negatif maka reaksi dinyatakan spontan.