



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Amonium klorida dapat diproduksi dengan beberapa macam proses sehingga diperlukan seleksi untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. Seleksi proses didasarkan pada aspek teknis dan ekonomis. Proses yang menguntungkan ditinjau dari kedua aspek tersebut, kemudian dipilih untuk membuat produk.

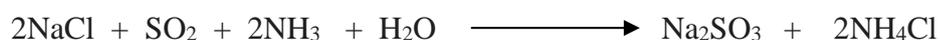
II.1 Macam-Macam Proses

Ada beberapa macam Proses pembuatan Amonium Klorida (NH_4Cl) baik ditinjau dari proses pembuatannya maupun dari bahan baku yang digunakan, yaitu antara lain proses:

1. Proses Amonium Sulfit - Natrium Klorida
2. Proses Amonium Sulfat - Natrium Klorida
3. Proses Amonia - Soda
4. Proses Amonia - Asam klorida

II.1.1 Proses Amonium Sulfit - Natrium Klorida

Amonium klorida dibuat dengan mereaksikan amonium sulfit dan sodium klorida. Amonium sulfit tidak pernah terisolasi, setelah amonia dan sulfur dioksidasi dalam air yang direaksikan dengan NaCl . Reaksi yang terjadi:



Tahapan :

1. Mixing, penambahan amonia dan sulfur dioksida ke dalam larutan garam
2. Sentrifugasi, untuk memisahkan sodium sulfit
3. Kristalisasi, mengkristalkan larutan amonium klorida
4. Drying, pengeringan kristal amonium klorida



Proses ini memiliki keuntungan yaitu bahan yang dibutuhkan cukup tersedia dan memiliki kemurnian tinggi, contohnya kristal NaCl, anhydrous ammonia, dan sulfur dioksida. Penambahan amonia dan sulfur dioksida dilakukan secara terus menerus kedalam larutan garam. Sulfur dioksida yang digunakan sedikit berlebih sekitar 1,4 – 2,5%. Pada saat akhir reaksi, laju penambahan sulfur dioksida dikurangi sampai kadar bisulfit akhirnya 1,2%. Kestimbangan reaksi terjadi pada suhu 60 °C dimana terbentuk endapan sodium sulfit. Sodium sulfit dipisahkan dengan cara sentrifugasi, kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan. Larutan amonium klorida yang berada dalam *mother liquor* masuk ke tangki kristalisasi. Kristal yang terbentuk dicuci kemudian dikeringkan. Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian sampai dengan 99%. (Othmer, pp.2:364)

II.1.2 Proses Amonium Sulfat - Natrium Klorida

Proses ini didasarkan pada reaksi antara amonium sulfat dan natrium klorida untuk menghasilkan amonium klorida sebagai produk utama dan natrium sulfat sebagai produk samping. Kedua bahan ini cukup tersedia dan mudah didapat. Proses ini disebut juga Double Decomposition.

Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah:



Tahapan :

1. Mixing, larutan amonium sulfat dan natrium klorida dicampurkan di dalam reaktor
2. Filtrasi, untuk memisahkan natrium sulfat dengan amonium klorida
3. Pencucian, untuk menghilangkan kadar amonium klorida yang masih melekat pada cake natrium sulfat
4. Kristalisasi, filtrat amonium klorida dikristalisasi dan dikeringkan

Proses Pencampuran larutan amonium sulfat dan larutan natrium klorida dilakukan dalam reaktor yang dilengkapi pengaduk. Dalam pencampuran ini natrium klorida diberikan sedikit berlebih sekitar 5%, keduanya dipanaskan



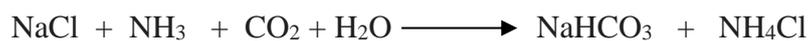
sampai suhu 100°C. Selama proses pencampuran berlangsung dilakukan pengadukan secara cepat, untuk menghindari terjadinya endapan dari natrium sulfat. Natrium sulfat lebih mudah mengendap karena kelarutannya rendah dibandingkan dengan komponen yang lain.

Hasil pencampuran dari reaktor yang berupa larutan selanjutnya difilter untuk memisahkan natrium sulfat dengan ammonium klorida. Natrium sulfat berupa cake kemudian dicuci untuk menghilangkan kadar ammonium klorida yang masih melekat. Ammonium klorida yang berupa filtrat kemudian dikristalisasi dan dikeringkan.. Sebagian ammonium klorida yang berada dalam *mother liquor* direcycle dalam reaktor. (Othmer, pp.2:364)

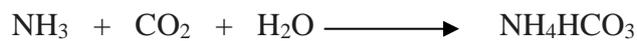
II.1.3 Proses Amonia - Soda

Dalam proses ini ammonium klorida diperoleh sebagai produk samping dari proses amonia-soda atau proses Solvay. Bahan baku utama yang digunakan antara lain amonia, karbon dioksida dan natrium klorida. Bahan-bahan tersebut direaksikan sehingga menghasilkan amonium klorida dan natrium karbonat sebagai hasil sampingnya.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi diatas dapat juga ditulis sebagai berikut :



Tahapan :

1. Mereaksikan amonia, karbon dioksida dan natrium klorida
2. Terbentuk cake natrium bikarbonat yang mengendap dan filtrat amonium klorida
3. Kristalisasi, filtrat amonium klorida dikristalisasi
4. Pencucian dan pengeringan

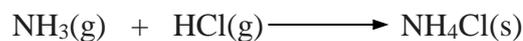


Campuran antara sodium bikarbonat dan natrium klorida dipisahkan secara filtrasi. Natrium bikarbonat berupa cake mengendap, sedangkan amonium klorida direcycle dari filtratnya dengan cara kristalisasi, kemudian diikuti pencucian dan pengeringan. Produk yang dihasilkan dalam proses ini adalah amonium klorida dalam bentuk partikel solid. (Othmer, pp.2:364)

II.1.4 Proses Amonia - Asam klorida

Proses ini menghasilkan amonium klorida dengan netralisasi antara asam klorida dan amonia, biasa disebut juga proses direct neutralization.

Reaksi kimia yang terjadi:



Tahapan :

1. Mixing, dilakukan pencampuran asam klorida dengan amonia
2. Kristalisasi, Amonium klorida hasil reaksi dikristalisasi
3. Sentrifugasi, untuk memisahkan dengan mother liquor
4. Recycle, mother liquor direcycle ke reaktor
5. Pengeringan, kristal amonium klorida dikeringkan dalam rotary dryer

Pencampuran asam klorida dan amonia dilakukan dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk. Asam klorida ditambahkan sedikit berlebih, sedangkan gas amonia dihembuskan ke dalam reaktor melalui heater. Amonium klorida hasil reaksi dikristalisasi ke dalam kristaliser, kemudian dipisahkan dengan cara sentrifugasi untuk dipisahkan dari mother liquor. Mother liquor direcycle kembali dalam reaktor. Kristal amonium klorida yang didapatkan kemudian dikeringkan dikeringkan dalam rotary dryer. Reaksi yang terjadi sangat eksotermis, panas reaksi yang dihasilkan digunakan untuk menghilangkan sebagian besar air. Peralatan yang digunakan nonmetalik atau baja yang sesuai untuk kondisi korosif. (Othmer, pp.2:364)



II.2 Seleksi Proses

No.	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Amonium sulfit – Natrium Klorida	<ul style="list-style-type: none">- Kemurnian produk yang dihasilkan sangat tinggi (99%)	<ul style="list-style-type: none">- Bahan baku dari proses ini harus berada pada kemurnian yang tinggi, sehingga sulit untuk memperolehnya
2	Amonium sulfat – Natrium Klorida	<ul style="list-style-type: none">- Kondisi operasi mudah dicapai yaitu 1 atm dan temperatur 100°C- Ketersediaan bahan baku sangat banyak dan mudah diperoleh	<ul style="list-style-type: none">- Memerlukan alat pemisahan produk utama dan produk samping
3	Amonia –Soda	<ul style="list-style-type: none">- Hasil ammonium klorida dapat ditingkatkan dengan mereaksikan lebih banyak kalsium klorida (CaCl_2)	<ul style="list-style-type: none">- Ammonium klorida hanya merupakan produk samping, sehingga hasilnya sedikit



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Amonium Klorida dari Amonium Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Double Decomposition”

4	Amonia – Asam klorida	- Ketersediaan bahan baku cukup melimpah	- Proses sangat eksotermis sehingga beresiko tinggi
---	------------------------------	--	---

Dari data perbandingan diatas, proses yang akan dipilih dalam pembuatan amonium klorida ini adalah proses Amonium Sulfat dan Natrium Klorida. Dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Bahan baku cukup tersedia dan mudah didapat.
2. Kondisi operasi mudah dicapai dalam 1 atm, 100 °C.
3. Proses Amonium Sulfat dan Natrium klorida lebih sederhana dibandingkan proses lainnya.
4. Diperoleh produk yang mendekati murni (>90%), hasil samping mengandung natrium sulfat (Na_2SO_4) dapat dimanfaatkan untuk plant lain.

II.3 Uraian Proses

Uraian proses pembuatan amonium klorida dari amonium sulfat dan natrium klorida dapat dilakukan dalam empat tahap

1. Persiapan bahan baku
2. Reaksi pembentukan produk
3. Proses pemisahan Amonium Klorida
4. Proses pemurnian Amonium Klorida

II.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang perlu dipersiapkan dalam proses ini adalah amonim sulfat dan natrium klorida dalam fase solid, dimana masing-masing bahan perlu dilarutkan dalam tangki pelarut berbeda yang dilakukan dengan cara menambah air proses. Natrium klorida diberikan sedikit berlebih (excess 5%). Air ditambahkan ke dalam masing-masing tangki untuk mendapatkan larutan jenuh. Kemudian masing- masing bahan dipanaskan dalam heat exchanger sampai

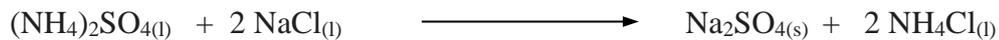


didapatkan suhu 90°. Setelah suhu dicapai, kedua larutan dimasukkan dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk.

II.3.2 Reaksi Pembentukan Produk

Larutan amonium sulfat dan natrium klorida dimasukkan ke dalam reaktor yang beroperasi secara kontinyu. Reaktor dilengkapi dengan pengaduk dan jacket pemanas.

Reaksi yang terjadi :



Pencampuran dalam reaktor dilakukan secara cepat karena untuk menghindari terjadinya endapan natrium sulfat dan suhu dijaga tetap konstan 100°C, karena natrium sulfat pada suhu tinggi mempunyai kelarutan yang rendah.

II.3.3 Proses Pemisahan Amonium Klorida

Larutan hasil reaksi amonium klorida dalam reaktor dialirkan menuju rotary drum vacuum filter untuk dipisahkan antara produk samping dengan produk utama. Hasil dari rotary drum vacuum filter terdapat 2 jenis, yaitu adalah Na₂SO₄ yang berbentuk cake dan larutan NH₄Cl. Cake yang dihasilkan akan dialirkan menuju penampungan dengan bantuan screw conveyor, sedangkan produk utama yaitu larutan NH₄Cl dipompa menuju evaporator untuk dipisahkan dengan jalan penguapan. Setelah dilakukan pemekatan, hasil dari evaporator dialirkan menuju cooler untuk didinginkan hingga suhu 70 °C lalu diteruskan menuju crystallizer untuk mengkristalkan amonium klorida.

II.3.4 Pemurnian produk Amonium Klorida

Dari hasil *crystallizer* akan terbentuk Kristal amonium klorida dan *mother liquor*, yang kemudian dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Mother liquor direcycle kembali dalam *crystallizer*. Produk utama kristal amonium klorida dilewatkan screw conveyer menuju rotary dryer untuk dikeringkan. Media pemanas yang digunakan berupa udara pengering yang dikontakkan secara langsung pada kristal. Blower digunakan untuk mensuplai udara pengering dan menarik udara dari atmosfer. Heater udara berfungsi sebagai pemanasan udara hingga tercapai temperatur 60 °C.

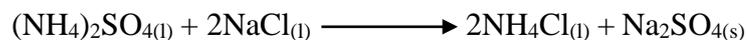


Kristal amonium klorida yang ikut udara pengering dipisahkan dengan Cyclone dengan bantuan Blower kemudian dikembalikan lagi ke aliran produk yang menuju Ball Mill. Produk utama kristal amonium klorida yang keluar dari Rotary Dryer dialirkan dengan bantuan Belt Conveyor menuju Ball Mill untuk dihaluskan hingga 100 mesh. Kemudian diayak ke dalam Screen untuk memperoleh partikel dengan ukuran 100 mesh. Ukuran partikel produk yang lebih besar dari 100 mesh dikembalikan lagi ke Ball Mill. Produk NH_4Cl ditampung sementara dalam tangki penampung amonium klorida untuk selanjutnya dilakukan proses pengemasan.

II.4 Konsep Proses

II.4.1 Dasar Reaksi

Reaksi pembentukan amonium klorida adalah reaksi yang terjadi antara amonium sulfat dengan natrium klorida (Proses Amonium Sulfat-Natrium Klorida) dengan reaksinya sebagai berikut :



Reaksi pembuatan amonium klorida ini berlangsung pada kondisi operasi reaktor sebagai berikut :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 100 °C
- Yield = 95%
- Fase = cair-cair
- Sifat reaksi = endotermis

(Faith Keyes,1957)

II.4.2 Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan termodinamika adalah untuk mengetahui reaksi itu memerlukan panas atau melepaskan panas. Secara termodinamika reaksi pembentukan amonium klorida dapat dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangannya.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Amonium Klorida dari Amonium Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Double Decomposition”

Diketahui pada suhu $25^{\circ}\text{C} = 298\text{ K}$:

$$\Delta H_{f0} \text{ NH}_4\text{Cl} = -71,20 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{f0} \text{ Na}_2\text{SO}_4 = -330,82 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{f0} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = -279,33 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{f0} \text{ NaCl} = -97,324 \text{ kkal/mol}$$

(Reff : Perry Chemical Engineering Hand Book
TABLE 2-178 Heats and Free Energies of Formation of Inorganic Compounds)

$$\Delta H_{r298} = \text{Produk} - \text{Reaktan}$$

$$= (\Delta H_{f0} \text{ NH}_4\text{Cl} + \Delta H_{f0} \text{ Na}_2\text{SO}_4) - (\Delta H_{f0} \text{ NaCl} + \Delta H_{f0} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$$

$$= \{(2 \times -71,20) + (-330,82) - (-279,33 + (2 \times -97,324))\}$$

$$= 0,758 \text{ kkal/mol}$$

Menghitung ΔH_r pada suhu reaksi $= 100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K}$

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

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

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

$$C_p \text{ NaCl} = 12,36 \text{ kkal/kmol. K}$$

(Reff : Perry Chemical Engineering Hand Book
TABLE 2-151 Heat Capacities of the Elements and Inorganic Compounds)

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan } 373} &= \Sigma C_p \cdot \Delta T \\ &= 51,6 (373-298) + 2 \times 12,36 (373-298) \\ &= 5.724 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk } 373} &= \Sigma C_p \cdot \Delta T \\ &= 32,8 (373-298) + 2 \times 23,53 (373-298) \\ &= 5.989,5 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{r373} &= \Delta H_{\text{produk } 373} + \Delta H_{r298} - \Delta H_{\text{reaktan } 373} \\ &= 5.989,5 + 0,758 - 5.724 \\ &= 266,258 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$



ΔH_{r373} bernilai positif sehingga reaksi pembentukan amonium klorida bersifat endotermis (memerlukan panas).

Diketahui pada suhu $25^{\circ}\text{C} = 298\text{ K}$:

$$\Delta G_{f0} \text{ NH}_4\text{Cl} = -48,59 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_{f0} \text{ Na}_2\text{SO}_4 = -381,28 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_{f0} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = -274,02 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_{f0} \text{ NaCl} = -93,92 \text{ kkal/mol}$$

(Reff : Perry Chemical Engineering Hand Book

TABLE 2-178 Heats and Free Energies of Formation of Inorganic Compounds)

$$\Delta G_{r298} = \text{Produk} - \text{Reaktan}$$

$$= (\Delta G_{f0} \text{ NH}_4\text{Cl} + \Delta G_{f0} \text{ Na}_2\text{SO}_4) - (\Delta G_{f0} \text{ NaCl} + \Delta G_{f0} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$$

$$= \{(2 \times 48,59) + (-381,28) - (-274,02 + (2 \times -93,92))\}$$

$$= -16,6 \text{ kkal/mol}$$

Dari ΔH_{r373} tersebut dapat dilihat bahwa reaksi pembentukan amonium klorida adalah endotermis, dan reaksi ini dapat berlangsung karena $\Delta G_r < 0$.

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298 K)

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

$$\ln K_{298} = \frac{-16.600}{-1,987 \times 298}$$

$$\ln K_{298} = 28,03$$

$$K_{298} = 1,49 \times 10^{12}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 100°C (373K)

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

$$\ln \left(\frac{K_{373}}{1,49 \times 10^{12}} \right) = \frac{0,758}{1,987} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{373} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{373}}{1,49 \times 10^{12}} \right) = 2,574 \times 10^{-4}$$

$$\frac{K_{373}}{1,49 \times 10^{12}} = e^{2,574 \times 10^{-4}}$$



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“Pabrik Amonium Klorida dari Amonium Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Double Decomposition”

$$K_{373} = 1 \times 1,49 \times 10^{12}$$

$$K_{373} = 1,49 \times 10^{12}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan sangat besar maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan *irreversible*/searah, ke arah produk/ke kanan.

II.4.3 Sifat Reaksi

Ditinjau dari besarnya harga panas reaksi dan konstanta kesetimbangan yang terjadi, maka dapat disimpulkan reaksi merupakan reaksi endotermis yang berlangsung searah ke arah produk.



Tugas Akhir Pra Rencana Pabrik

“ Pabrik Amonium Klorida dari Amonium Sulfat dan Natrium Klorida dengan Proses Double Decomposition”
