

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Ammonium Sulfat

Menurut MSDS (2017), spesifikasi ammonium sulfat sebagai berikut:

Rumus molekul	: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Berat molekul	: 132,14 gr/mol
Bentuk	: Padat, Tidak berwarna
Titik Lebur	: 230 - 280°C
Densitas	: 1,76 – 1,78 g/cm ³
Sifat	: Tidak mudah terbakar
Kemurnian	: $\geq 95\%$
Kelarutan	: Larut dalam air (70-80 g/100 g air (25 C)
Impuritas (air)	: $\text{H}_2\text{O} = 0 - 4,5\%$ $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0 - 0,5\%$

b. Natrium Klorida

Menurut MSDS (2019), spesifikasi natrium klorida sebagai berikut:

Rumus molekul	: NaCl
Berat molekul	: 59,45 gr/mol
Bentuk	: Kristal/padat putih
Titik Didih	: 1,410 – 1,465°C
Titik Lebur	: 801°C
Densitas	: 1,769 g/cm ³
Sifat	: Higroskopis dan tidak mudah terbakar
Kemurnian	: $\geq 98\%$
Kelarutan	: Larut dalam air dan gliserol
Impuritas (air)	: Natrium Sulfat = 0 – 1% Yang tidak larut dalam air = 0 - 1%

1.1.2. Spesifikasi Produk

• Ammonium Klorida

Menurut MSDS (2017), spesifikasi ammonium klorida sebagai berikut:

Rumus molekul	: NH_4Cl
---------------	--------------------------

Berat molekul	: 53,49 gr/mol
Bentuk	: Kristal berwarna putih (25°C, 1 atm)
Titik didih (pada 1 atm)	: 520°C
Titik Lebur	: 338 °C
Titik Sublimasi	: 330 - 350°C
Sifat	: Higroskopis, cenderung asam dan korosif
Kemurnian	: $\geq 98\%$
Kelarutan	: Larut dalam air, gliserol dan ammonium cair
Impuritas (air)	: $H_2O = 0,5 - 2\%$

1.1.3. Spesifikasi Produk Samping

- Natrium Sulfat

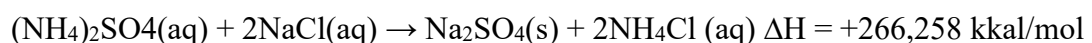
Menurut MSDS (2019), spesifikasi natrium sulfat sebagai berikut:

Rumus molekul	: Na_2SO_4
Berat molekul	: 142,04 gr/mol
Bentuk	: Kristal berwarna putih (25°C, 1 atm)
Titik didih (pada 1 atm)	: 1,429°C
Titik Lebur	: 880 - 884°C
Kemurnian	: Min. 96%
Kelarutan	: Gliserol dan <i>hydrogen iodide</i>
Impuritas (air)	: $NaCl = 0 - 2\%$ $NH_4Cl = 0 - 2\%$ $H_2O = 0 - 1\%$

2.2 . Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

Menurut Kirik Otmer (1977), reaksi pembentukan amonium klorida merupakan hasil reaksi antara amonium sulfat dan natrium klorida melalui proses amonium sulfat-natrium klorida reaksinya sebagai berikut:



Reaksi ini berlangsung pada kondisi operasi reaktor sebagai berikut:

- Temperatur = 100 °C
- Tekanan = 1 atm

- Fase = cair-cair
- Sifat reaksi = searah

2.2.2 Sifat Reaksi

Sifat reaksi pembentukan amonium klorida adalah ireversibel (searah). Besarnya harga panas reaksi yang terjadi pada suhu 25°C adalah $\Delta H_f^\circ = +0,758$ kkal/gmol, yang artinya reaksi tersebut searah dan membutuhkan panas. Dari harga ΔH_f° yang menunjukkan positif dapat disimpulkan reaksi yang terjadi adalah endotermis (penyerapan panas), hal tersebut mengakibatkan suhu reaktor akan mengalami penurunan terus menerus sehingga diperlukan adanya jaket pemanas untuk mempertahankan suhu reaktor (Faith, Keyes, and Clark's, 1975).

2.2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika adalah suatu tinjauan yang bertujuan untuk mengetahui reaksi itu memerlukan panas atau melepaskan panas. Secara termodinamika reaksi pembentukan ammonium klorida dapat dilihat dari harga enthalpi dan konstanta kesetimbangannya (Perry, 2008).

Diketahui pada suhu 25°C = 298°K:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} &= -71,2 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 &= -330,82 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= -279,33 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_f^\circ \text{NaCl} &= -97,324 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_{r298} &= \Sigma \Delta H_{\text{produk}} - \Sigma \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= (2 \Delta H_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} + \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4) - (\Delta H_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \Delta H_f^\circ \text{NaCl}) \\
 &= \{(2 \times -71,20) + (-330,82)\} - \{(-279,33) + (2 \times -97,324)\} \\
 &= 0,758 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 C_p \text{NH}_4\text{Cl} &= 23,52 \text{ kkal/mol.K} \\
 C_p \text{Na}_2\text{SO}_4 &= 32,8 \text{ kkal/mol.K} \\
 C_p (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= 51,6 \text{ kkal/mol.K} \\
 C_p \text{NaCl} &= 12,35 \text{ kkal/mol.K} \\
 \Delta H_{\text{reaktan } 373} &= \Sigma C_p \cdot \Delta T \\
 &= 51,6 \times (373-298) + 2 \times 12,35 (373-298)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5723,49 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_{\text{produk } 373} &= \Sigma C_p \cdot \Delta T \\
 &= 32,8 \times (373-298) + 2 \times 23,52 (373-298) \\
 &= 5988,49 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta H_{r \text{ } 373} &= \Delta H_{\text{produk } 373} + \Delta H_{r298} - \Delta H_{\text{reaktan } 373} \\
 &= 5988,49 + 0,758 - 5723,49 \\
 &= 266,22 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

$\Delta H_{r \text{ } 373}$ bernilai positif sehingga reaksi pembentukan amonium klorida bersifat endotermis (memerlukan panas).

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

$$\begin{aligned}
 \Delta G_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} &= -48,59 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 &= -381,28 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta G_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= -274,02 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta G_f^\circ \text{NaCl} &= -93,92 \text{ kkal/mol} \\
 \Delta G_r &= \Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= (2 \Delta G_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} + \Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4) - (2 \Delta G_f^\circ \text{NaCl} + \Delta G_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \\
 &= \{(2 \times -48,59) + (-381,28)\} - \{(2 \times -93,92) + (-274,02)\} \\
 &= -16,6 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari harga $\Delta H_{r \text{ } 373}$ tersebut dapat dilihat bahwa reaksi pembentukan amonium klorida adalah endotermis (memerlukan panas), dan reaksi ini dapat berlangsung karena mempunyai harga $\Delta G_r < 0$.

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

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298} &= \frac{\Delta G^\circ}{-RT} \\
 &= \frac{-16.600}{-1,987 \times 298} \\
 &= 28,031,4 \\
 K_{298} &= 1,49 \times 10^{12}
 \end{aligned}$$

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

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

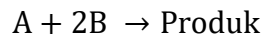
$$\frac{k_{373}}{1,49 \times 10^{12}} = \exp(0,257)$$

$$K_{373} = 1,93 \times 10^{12}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan sangat besar maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan irreversible (searah) ke arah produk (ke kanan).

2.2.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi amonium klorida merupakan reaksi orde dua sehingga persamaan kecepatan reaksinya dinyatakan dengan (Levenspiel, O., 1999).



$$-r_A = \frac{dC_A}{dt} = \frac{-dC_B}{dt} = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$C_A = C_{B0} \left(\frac{C_{A0}}{C_{B0}} - 2X_A \right)$$

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = KC_{A0}(1 - X_A)C_{B0}(\theta_B - 2X_A)$$

Diketahui:

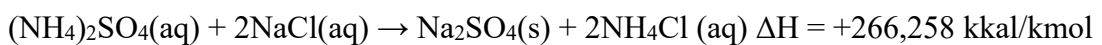
r_A = kecepatan reaksi

C_A = konsentrasi ammonium sulfat (kmol/m³)

C_B = konsentrasi natrium klorida (kmol/m³)

2.2.5 Perbandingan Mol Reaktan

Pada proses pembuatan amonium klorida reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Diketahui perbandingan mol reaktan dari koefisien reaksi masing-masing reaktan secara stoikiometri adalah 1:2 yaitu 1 mol ammonium sulfat bereaksi dengan 2 mol sodium klorida. Untuk menghasilkan 1 ton amonium klorida dibutuhkan amonium sulfat 2600 lb dan natrium klorida 2500 lb, sehingga perbandingan mol reaktan sesungguhnya adalah 1:2,17. Pada reaksi ini amonium sulfat merupakan pereaksi pembatas. Natrium klorida dibuat berlebih dimaksudkan untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan produk (Faith, Keyes, and Clark's, 1975).

2.3 Langkah Proses

Proses produksi amonium klorida dari bahan baku amonium sulfat dan natrium klorida secara umum dapat dibagi menjadi empat tahapan utama.

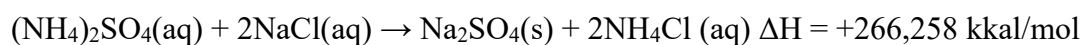
1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk
4. Tahap penyiapan produk

2.3.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Pada tahap ini, bahan baku amonium sulfat dari gudang penyimpanan (G-001) dengan kondisi 1 atm dan 30°C diangkut menggunakan *belt conveyor* (BLC-101) dan *bucket elevator* (BE-101) ke dalam *mixer* (M-101). Kemudian, air ditambahkan ke dalam mixer untuk menghasilkan larutan jenuh amonium sulfat yang homogen. Sementara itu, natrium klorida dari gudang (G-002) pada kondisi yang sama diangkut melalui *screw conveyor* (SC-101) dan *bucket elevator* (BE-102) ke *mixer* (M-102). Air juga dimasukkan ke dalam mixer ini untuk membentuk larutan jenuh natrium klorida yang seragam.

2.3.2 Tahap Pembentukan Produk

Sebelum dialirkan ke dalam reaktor, larutan jenuh amonium sulfat dan larutan jenuh natrium klorida terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu 100°C melalui penukar panas HE-201 dan HE-102. Reaksi selanjutnya berlangsung dalam Reaktor CSTR (R-201), yang dilengkapi jaket pemanas untuk mempertahankan kondisi operasi pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm, dengan tingkat konversi mencapai 90%. Reaktor beroperasi secara kontinu untuk mereaksikan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan NaCl , menghasilkan produk utama amonium klorida dan produk samping natrium sulfat. Reaksi yang terjadi dalam reaktor (R-301) adalah sebagai berikut:



2.3.3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan memisahkan natrium sulfat padat dari larutan amonium klorida menggunakan *rotary filter* (RF-301) pada tekanan 1 atm dan suhu 73°C. Hasil dari proses filtrasi ini adalah *cake* Na_2SO_4 dan larutan NH_4Cl . *Cake* Na_2SO_4 kemudian dikeringkan dalam *rotary dryer* (RD-401) pada kondisi 1 atm dan 100°C untuk mengurangi kadar airnya hingga menjadi kristal kering. Sementara itu, filtrat yang berupa larutan NH_4Cl dipekatkan dengan *evaporator* (EV-501) pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Larutan jenuh dari *evaporator* kemudian dialirkan ke kristalizer (CR-

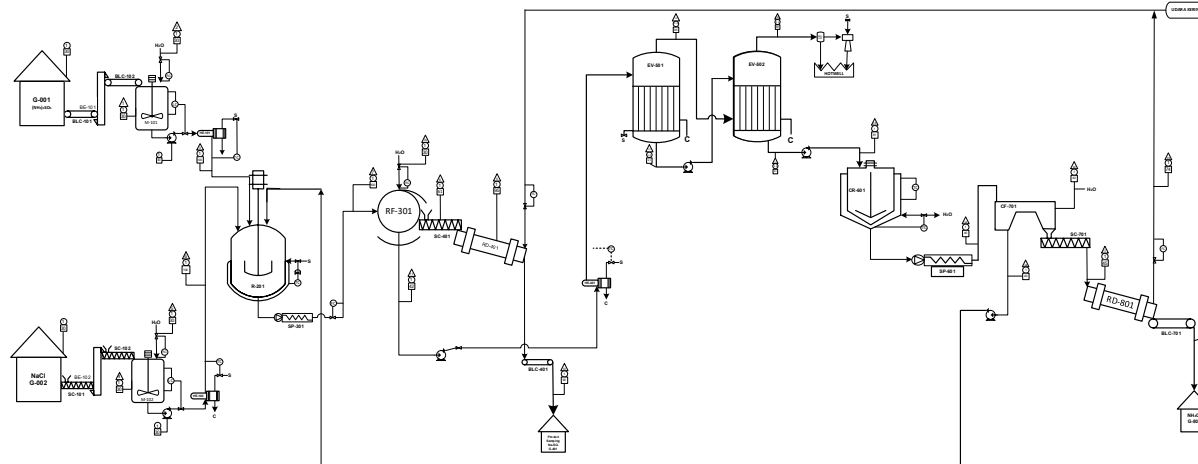
601) yang beroperasi pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm untuk membentuk kristal amonium klorida. Suhu di dalam kristalizer dipertahankan dengan mengalirkan air pendingin melalui jaket yang tersedia. Campuran kristal dan *mother liquor* dari kristalizer kemudian dipindahkan ke *centrifuge* (CF-701) melalui *screw conveyor* (SC-704) untuk dipisahkan. *Mother liquor* hasil pemisahan ini akan dikembalikan atau didaur ulang ke *reactor* (R-201), sedangkan kristal amonium klorida dikeringkan lebih lanjut dalam *rotary dryer* (RD-801) pada suhu 45°C dan tekanan 1 atm agar kadar airnya memenuhi spesifikasi produk yang diinginkan.

2.3.4 Tahap Penyimpanan Produk

Kristal natrium sulfat yang telah dikeringkan dari *rotary dryer* (RD-401) diangkut menggunakan *belt conveyor* (BLC-503) untuk dimasukkan dan disimpan di gudang penyimpanan. Sementara itu, kristal amonium klorida dari *rotary dryer* (RD-801) dibawa melalui *belt conveyor* (BLC-704) disimpan di gudang produk.

2.4 . Diagram Alir (Flowsheet)

Prarancangan Pabrik Amonium Klorida dengan Proses Amonium Sulfat-Sodium Klorida



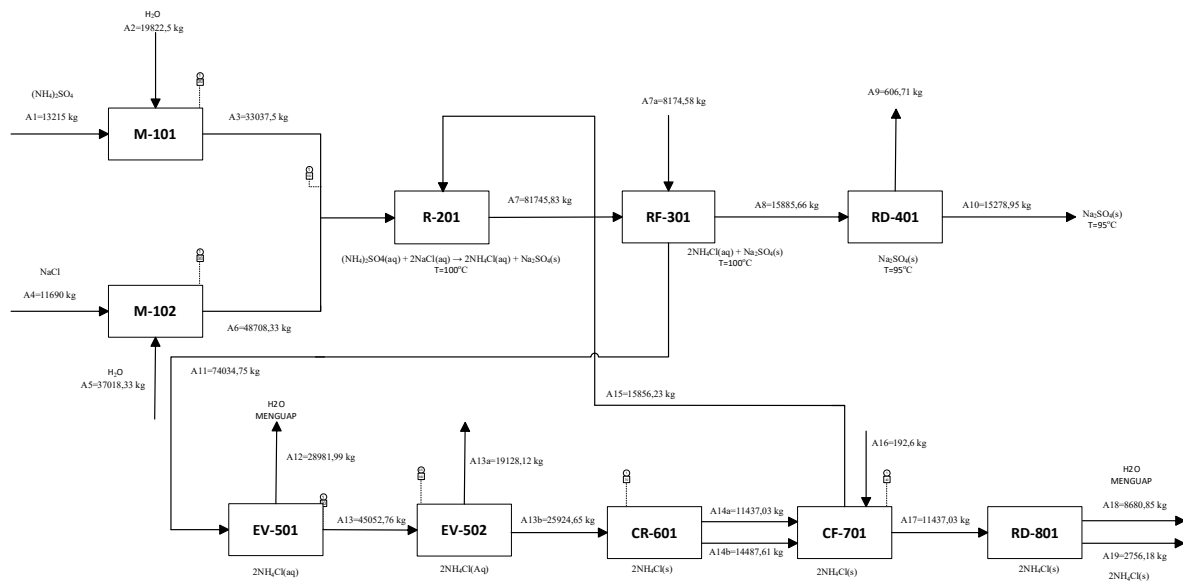
				PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG 2026			
PRA-PERANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM SULFAT DAN NATRIUM KLORIDA MELALUI TAHAP REAKSI METATESIS DAN KRISTALISASI KAPASITAS 237.600 TON/TAHUN							
DI GAMBAR OLEH :		1. Putri Sekar Kinanti 2. Muhammad Bayu Rifani		 		40040122650050 40040122650085	
Dosen Pembimbing :				Teguh Riyanto S.T.,M.T.			
Kode		Nama Alat		Kode		Nama Instrumentasi	
BC-501		BAROMETRIK CONDENSOR		RC		Ratio Control	
BE-101,102		BUCKET ELEVATOR		LC		Level Control	
BLC-101,102,401,701		BELT CONVEYER		TC		Temperature Control	
CF-701		CENTRIFUGE		FC		Flow Control	
CR-601		CRYSTALLIZER					
EV-501, 502		EVAPORATOR					
G-001,002,501,701		GUDANG					
HE-101,102,401		HEAT EXCHANGER					
M-101,102		MIXER/TANGKI PELARUTAN					
R-201		REAKTOR					
RD-401,801		ROTARY DRYER					
RF-301		ROTARY FILTER					
SC-101,102,401,701		SCREW CONVEYER					
SP-301,601		SCREW PUMP					
		NOMOR ARUS					
		TEKANAN (atm)					
		TEMPERATUR (°C)					
		ALURAN PRODUK					
		ALURAN UDARA					

[illegible]

Gambar 1. Diagram Alir (Flowsheet) Pra-Perancangan Pabrik Amonium Klorida dari Amonium Sulfat dan Natrium Klorida melalui Tahapan Reaksi Metatesis dan Kristalisasi Kapasitas 237.600 Ton/Tahun

2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.5.1 Diagram Alir Neraca Massa



Gambar 2. Blok Diagram Neraca Massa

Keterangan Gambar :

CF-701	: Centrifuge
CR-601	: Crystallizer
EV-501	: Evaporator 1
EV-502	: Evaporator 2
M-101	: Mixer/Tangki Pelarutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
M-102	: Mixer/Tangki Pelarutan NaCl
R-201	: Reaktor CSTR
RD-401	: Rotary Dryer1
RD-801	: Rotary Dryer 2
RF-301	: Rotary Filter

Keterangan Arus :

Arus 1	: Feed $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Arus 2	: H_2O pelarut

Arus 3	: Larutan jenuh $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Arus 4	: Feed NaCl
Arus 5	: H_2O pelarut
Arus 6	: Larutan jenuh NaCl
Arus 7	: Larutan produk
Arus 8	: Padatan terpisah
Arus 9	: H_2O menguap
Arus 10	: Padatan kering keluar (produk samping Na_2SO_4)
Arus 11	: Filtrate
Arus 12	: H_2O menguap
Arus 13	: Larutan pekat NH_4Cl
Arus 13a	: H_2O menguap
Arus 13b	: Larutan pekat NH_4Cl
Arus 14	: Larutan jenuh NH_4Cl pada 100°C
Arus 14a	: Kristal terbentuk
Arus 14b	: <i>Mother liquor</i>
Arus 15	: <i>Recycle</i>
Arus 16	: Air pencuci
Arus 17	: Padatan terpisah
Arus 18	: Produk Amonium Klorida
Arus 19	: H_2O menguap

2.5.1.1 Neraca Massa di Tangki Pelarutan (M-101)

Tabel 1. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
(NH ₄) ₂ SO ₄	13215		13215
H ₂ O		19822.5	19822.5
Total	33037.5		33037.5

2.5.1.2 Neraca Massa di Tangki Pelarutan (M-102)

Tabel 2. Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-102)

Komponen	Input(kg/jam)		Output(kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
NaCl	11690		11690
H ₂ O		37018.3333	37018.33333
Total	48708.33333		48708.33333

2.5.1.3 Neraca Massa di Reaktor (R-201)

Tabel 3. Neraca Massa Reaktor (R-201)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7
(NH ₄) ₂ SO ₄	13215		1321,5
NaCl		11690	1169
NH ₄ Cl			9630
Na ₂ SO ₄			12784,5
H ₂ O	19822,5	37018,3333	56840,83333
Total	81745,83333		81745,83333

2.5.1.4 Neraca Massa di Rotary Filter (RF-301)

Tabel 4. Neraca Massa Rotary Filter (RF-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 7a	Arus 8	Arus 11
(NH ₄) ₂ SO ₄	1321,5		1321,303829	0,196171
NaCl	1169		1168,871064	0,128936
NH ₄ Cl	9630		0	9630
Na ₂ SO ₄	12784,5		12784,5	0
H ₂ O	56840,83333	8174,583333	610,9869957	64404,43
Total	89920,41667		89920,41667	

2.5.1.5 Neraca Massa di Evaporator (EV-501)

Tabel 5. Neraca Massa Evaporator (EV-501)

Komponen	Input (kg/jam)		Output(kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13	
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,196171052		0,196171052	
NaCl	0,128935598		0,128935598	
NH ₄ Cl	9630		9630	
Na ₂ SO ₄	0		0	
H ₂ O	64404,42967	28981,99335	35422,43632	
Total	74034,75478	74034,75478		

2.5.1.6 Neraca Massa di Evaporator (EV-502)

Tabel 6. Neraca Massa Evaporator (EV-502)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 13a	Arus 13b	

(NH ₄) ₂ SO ₄	0,196171052		0,196171052
NaCl	0,128935598		0,128935598
NH ₄ Cl	9630		9630
Na ₂ SO ₄	0		0
H ₂ O	35422,43632	19128,11561	16294,32071
Total	45052,76143	45052,76143	

2.5.1.7 Neraca Massa di Kristalizer (CR-601)

Tabel 7. Neraca Massa Kristalizer (CR-701)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 14	Arus 14 a	Arus 14 b
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,196171052	0,000117703	0,196053349
NaCl	0,128935598	0,000116042	0,128819555
NH ₄ Cl	9630	8667	963
Na ₂ SO ₄	0	0	0
H ₂ O	16294,32071	2770,03452	13524,28619
Total	25924,64581	25924,64581	

2.5.1.8 Neraca Massa di Centrifuge (CF-701)

Tabel 8. Neraca Massa Centrifuge (CF-701)

Komponen	Input (kg/jam)		Output		
	Arus 14 a	Arus 14 b	Arus 16	Arus 15	Arus 17
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,000117703	0,196053349		0,196053	0,0001177
NaCl	0,000116042	0,128819555		0,12882	0,000116
NH ₄ Cl	8667	963		963	8667
Na ₂ SO ₄	0	0		0	0
					2770,0345
H ₂ O	2770,03452	13524,28619	192,6	13716,88619	2

Total	26117,24581	26117,24581
--------------	--------------------	--------------------

2.5.1.9 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-401)

Tabel 9. Neraca Massa Rotary Dryer (RD-401)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
(NH ₄) ₂ SO ₄	1321,303829		1321,303829
NaCl	1168,871064		1168,871064
NH ₄ Cl	0		0
Na ₂ SO ₄	12784,5		12784,5
H ₂ O	610,9869957	606,7100868	4,27690897
Total	15885,66189	15885,66189	

2.5.1.10 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-702)

Tabel 10. Neraca Massa Rotary Dryer (RD-702)

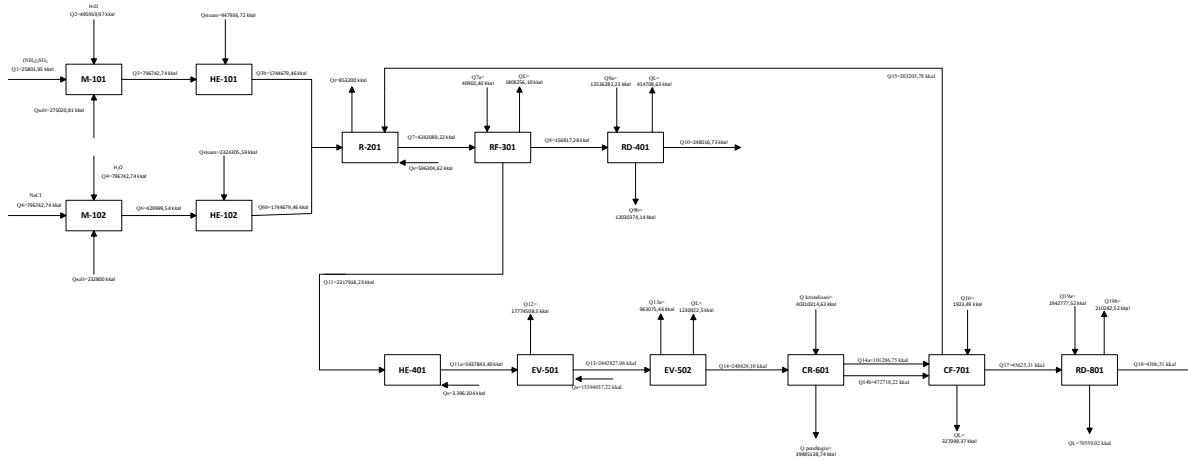
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 19	Arus 18
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,000117703		0,000117703
NaCl	0,000116042		0,000116042
NH ₄ Cl	8667		8667
Na ₂ SO ₄	0		0
H ₂ O	2770,03452	2756,184348	13,8501726
Total	11437,03475	11437,03475	

2.5.1.11 Neraca Massa *Overall*

Tabel 11. Neraca Massa Overall

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Arus 1	13215	
Arus 2	19822,5	
Arus 3		33037,5
Arus 4	11690	
Arus 5	37018,33333	
Arus 6		48708,33333
Arus 7	81745,83333	81745,83333
Arus 7a	8174,583333	
Arus 8	15885,66189	
Arus 9		606,7100868
Arus 10		15278,9518
Arus 11	74034,75478	
Arus 12		28981,99335
Arus 13		45052,76143
Arus 13a		17711,21816
Arus 13b		27341,54327
Arus 14 a	11677,90732	
Arus 14 b	15663,63595	
Arus 15		15856,23595
Arus 16	192,6	
Arus 17	11677,90732	
Arus 18		8682,054769
Arus 19		2995,852552
Total	90113,01667	90113,01667

2.5.2 Diagram Alir Neraca Panas



Gambar 3. Blok Diagram Neraca Panas

Keterangan Gambar :

CF-701	: Centrifuge
CR-601	: Crystallizer
EV-501	: Evaporator 1
EV-502	: Evaporator 2
HE-101, 401	: Heat Exchanger NaCl
HE-102	: Heat Exchanger $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
M-101	: Mixer/Tangki Pelarutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
M-102	: Mixer/Tangki Pelarutan NaCl
R-201	: Reaktor CSTR
RD-401	: Rotary Dryer 1
RD-801	: Rotary Dryer 2
RF-301	: Rotary Filter

Keterangan Arus :

Arus 1 : Panas $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ masuk

Arus 2 : Panas air pelarut untuk membuat larutan jenuh $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Arus 3a : Panas larutan jenuh $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ masuk *heat exchanger*

Arus 3b : Panas larutan jenuh $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ masuk reaktor

Arus 4 : Panas NaCl masuk

Arus 5 : Panas air pelarut untuk membuat larutan jenuh NaCl

Arus 6a : Panas larutan jenuh NaCl masuk *heat exchanger*

Arus 6b : Panas larutan jenuh NaCl masuk reaktor

Arus 7 : Panas yang dibawa arus produk reaktor masuk ke RF-301

Arus 7a : Panas yang dibawa air pencuci

Arus 8 : Panas yang dibawa keluar Na_2SO_4 keluar RF-301

Arus 9a : Panas yang dibawa masuk udara kering

Arus 9b : Panas yang dibawa keluar uap air

Arus 10 : Panas yang dibawa keluar kristal Na_2SO_4 kering

Arus 11 : Panas yang dibawa filtrat keluar RF-301

Arus 12a : Panas yang dibawa masuk ke HE-403

Arus 12b : Panas yang dibawa keluar dari HE-403

Arus 13 : Panas yang keluar dari EV-501

Arus 13 a : Panas H_2O Menguap

Arus 13 b : Panas larutan jenuh NH_4Cl

Arus 14 : Panas yang dibawa kristal dan *mother liquor* masuk CR-601

Arus 14a : Panas yang dibawa larutan masuk ke CF-701

Arus 14b : Panas yang dibawa kristal dan *mother liquor* keluar CR-601

Arus 15 : Panas *recycle*

Arus 16 : Panas yang dibawa air pencucian kristal masuk

Arus 17 : Panas yang dibawa kristal keluar

Arus 18 : Panas yang dibawa keluar kristal NH_4Cl kering

Arus 19a : Panas yang dibawa masuk udara kering

Arus 19b : Panas yang dibawa keluar uap air

2.5.2.1 Neraca Panas di Tangki Pelarutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (M-101)

Tabel 12. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-101)

Panas	Q Input (kkal)	Q output (kkal)
Q1	25801,95247	
Q2	495919,979	
Qsolt	275020,8113	
Q3		796742,7428
Jumlah	796742,7428	796742,7428

2.5.2.2 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-101)

Tabel 13. Neraca Panas Heat Exchanger (HE-101)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q3a	796742,7428	
Q3b		1744679,463
Qsteam	947936,7202	
Jumlah	1744679,463	1744679,463

2.5.2.3 Neraca Panas di Tangki Pelarutan NaCl (M-102)

Tabel 14. Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-102)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q4	11974,36297	
Q5	185225,1844	
Qsolution	232800	
Q6		429999,5474

Jumlah	429999,5474	429999,5474
---------------	--------------------	--------------------

2.5.2.4 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-102)

Tabel 15. Neraca Panas Heat Exchanger (HE-102)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q6a	429999,5474	
Q6b		2754305,138
Qsteam	2324305,591	
Jumlah	2754305,138	2754305,138

2.5.2.5 Neraca Panas di Reaktor (R-301)

Tabel 16. Neraca Panas Reaktor (R-301)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q3b	1744679,463	
Q6b	2754305,138	
Q7		4242089,228
Qs	596304,6267	
Qr		853200
Jumlah	5095289,228	5095289,228

2.5.2.6 Neraca Panas di Rotary Filter (RF-301)

Tabel 17. Neraca Panas Rotary Filter (RF-301)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q7	4242089,228	
Q7a	40902,40076	
Q8		156817,2851
Q11		2317918,239

QL		1808256,104
Jumlah	4282991,628	4282991,628

2.5.2.7 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-401)

Tabel 18. Neraca Panas Rotary Dryer (RD-401)

Panas	Q input (kkal)	Q Output (kkal)
Q8	156817,2851	
Q10		248016,7338
Q9a	12536282,23	
Q9b		12030374,14
QL		414708,6394
Jumlah	12693099,52	12693099,52

2.5.2.8 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-401)

Tabel 19. Neraca Panas Heat Exchanger (HE-401)

Panas	Q Input (kkal)	Q output (kkal)
Q11 (Filtrat masuk)	2317918,239	
Q15b (reycle masuk)	223.721	
Qsteam	3.396.204	
Q11b (Campuran keluar)		5937843,401
Jumlah	5937843,401	5937843,401

2.5.2.9 Neraca Panas di Evaporator (EV-501)

Tabel 20. Neraca Panas Evaporator (EV-501)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q11a	4823298,342	
QS	15394037,22	

Q12		17774508,5
Q13		2442827,067
Jumlah	20217335,56	20217335,56

2.5.2.10 Neraca Panas di Evaporator (EV-502)

Tabel 21. Neraca Panas Evaporator (EV-502)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q13	2442827,067	
Qloss		1230922,5
Q13a		963075,4636
Q14		248829,1026
Jumlah	2442827,067	2442827,067

2.5.2.11 Neraca Panas di Kristalizer (CR-601)

Tabel 22. Neraca Panas Kristalizer (CR-601)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q14	248829,1026	
Panas Kristalisasi	40310314,62	
Q14a		101286,7589
Q14b		472718,2231
Q pendingin		39985138,74
Jumlah	40559143,72	40559143,72

2.5.2.12 Neraca Panas di Centrifuge (CF-701)

Tabel 23. Neraca Panas Centrifuge (CF-701)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q14a	101286,7589	
Q14b	472718,2231	
Q15		203203,7889
Q16	1923,4962	
Q17		45625,3137
Q loss		327099,3757
Jumlah	575928,4783	575928,4783

2.5.2.13 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-702)

Tabel 24. Neraca Panas Rotary Dryer (RD-702)

Panas	Q input (kkal)	Q output (kkal)
Q17	45625,3137	
Q18		4306,515975
Q19a	239522,7616	
Q19b		210282,5293
Q loss		70559,02997
Jumlah	285148,0753	285148,0753

2.5.2.14 Neraca Massa Overall

Tabel 25. Neraca Panas Overall

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
M-101		
Q1	25801,95247	
Q2	495919,979	
Qsolt	275020,8113	
Q3		796742,7428

HE-101

Q3a	796742,7428	
Q3b		1744679,463
Qsteam	947936,7202	

M-102

Q4	11974,36297	
Q5	185225,1844	
Qsolt	232800	
Q6		429999,5474

HE-102

Q6a	429999,5474	
Q6b		2754305,138
QSteam	2324305,591	

R-201

Q3b	1744679,463	
Q6b	2754305,138	
Q7		4242089,228
Qs	596304,6267	
Qr		853200

RF-301

Q7	4242089,228	
Q7a	40.902	
Q8		156817,2851
Q11		2317918,239
QL		1808256,104

RD-401

Q8	156817,2851	
Q10		248016,7338
Q9a	12536282,23	

Q9b		12030374,14
QL		414708,6394
HE-401		
Q11	2317918,239	
Q15b	206.091	
Qsteam	3.325.873	
Q11b		5849881,894
EV - 501		
Q11	4823298,342	
Qs	15394037,22	
Q12		17774508,5
Q13		2442827,067
EV - 502		
Q13	2442827,067	
Q loss		1230922,5
Q13a		963075,4636
Q13b		248829,1026
CR - 601		
Q14	248829,1026	
Panas kristalisasi	40310314,62	
Q14 a		101286,7589
Q14b		472718,2231
Q pendingin		39985138,74
CF - 701		
Q14a	101286,7589	
Q14b	472718,2231	
Q15		203203,7889
Q16	1.923	
Q17		45625,3137

Q loss	327099,3757	
RD - 801		
Q17	45625,3137	
Q18	4306,515975	
Q19a	239.523	
Q19b	210282,5293	
QL	70559,02997	
Total	97727372,06	97727372,06

2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

2.6.1 Tata Letak Pabrik

Layout pabrik adalah rencana dari keseluruhan tata letak fasilitas dalam industri yang termasuk penempatan personil, pemindahan material, alat-alat proses operasi, dan alat pendukung lainnya, sehingga dengan menggunakan fasilitas-fasilitas yang ada dalam Perusahaan dapat menciptakan suatu kegiatan yang optimum (James A Moore, 2000). Sedangkan menurut Yamit (1996) perencanaan layout adalah rencana pengaturan semua fasilitas produksi guna memperlancar produksi yang efektif dan efisien. Sehingga layout pabrik sangat diperlukan dalam keberjalanan pabrik sehingga penggunaan area pabrik dan kelancaran proses produksi terjamin.

Layout pabrik biasanya meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penimbunan bahan, baik bahan baku maupun produk. Tata letak pabrik harus memperkirakan penentuan penempatan alat-alat produksi, sehingga alur proses produksi dapat berjalan dengan lancar serta faktor keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terjamin. Selain peralatan yang tercantum dalam flow sheet proses, beberapa bangunan fisik lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, pos penjagaan dan sebagainya hendaknya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu, ditinjau dari segi lalu lintas barang, control dan keamanan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan menurut Weliza (2022) dalam perancangan tata letak pabrik amonium klorida, adalah:

a) Kemungkinan perluasan di masa depan

Perluasan pabrik harus sudah diperhitungkan sejak awal agar tidak terjadi masalah terkait kebutuhan tempat tidak timbul di waktu yang akan datang. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik maupun mengolah produknya sendiri ke produk yang lain. Salah satu kendala yang dapat terjadi adalah terkait harga, sehingga dapat membatasi kemampuan penyediaan area. Jika harga tanah tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan dan penempatan peralatan sehingga menghemat tempat.

b) Keselamatan Pekerja dan letak alat

Keselamatan pekerja perlu diperhatikan untuk menjaga kelancaran pabrik, sehingga letak setiap alat produksi harus disusun secara urut dari segi teknis sesuai dengan urutan setiap proses kerja. Selain itu penerangan ruangan dan ventilasi yang baik juga perlu diperhatikan agar tidak terjadi kecelakaan kerja bagi pekerja.

c) Bentuk pondasi, kerangka, atap dan tembok bangunan

Bentuk bangunan, jarak antar bangunan yang satu dengan bangunan yang lain, pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, steam dan listrik akan memudahkan kerja dan perawatannya.

d) Kemungkinan timbulnya bahaya seperti kebakaran dan ledakan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan dan asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam prarancangan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampung air yang cukup, penahan ledakan. Tangki penyimpan bahan baku atau produk berbahaya harus diletakkan di area yang khusus.

e) Kemudahan Akses dan Alternatif

operator harus memiliki akses yang mudah ke lokasi alat ukur dan peralatan kontrol untuk mengurangi kecelakaan kerja. Selain itu dibutuhkan adanya jalan pintas guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

f) Lokasi Kantor

Lokasi perkantoran mudah dijangkau dari jalan utama untuk efisiensi waktu.

Secara umum layout pabrik ini dapat dibagi menjadi beberapa daerah denah utama, yaitu:

- 1) Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control
 - a. Daerah administrasi merupakan kegiatan administrasi pabrik
 - b. Daerah laboratorium dan ruang control merupakan pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual
- 2) Daerah proses

Daerah proses merupakan tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung
- 3) Daerah pergudangan dan bengkel

Gudang merupakan tempat penyimpanan bahan kimia pendukung proses, barang dan suku cadang alat proses. Bengkel digunakan untuk perbaikan alat-alat dan pembuatan alat-alat penunjang proses.
- 4) Daerah utilitas

Merupakan daerah dimana terjadi kegiatan penyediaan sarana pendukung proses.
- 5) Daerah fasilitas umum

Merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja seperti tempat parkir, masjid dan kantin.
- 6) Daerah pengolahan limbah

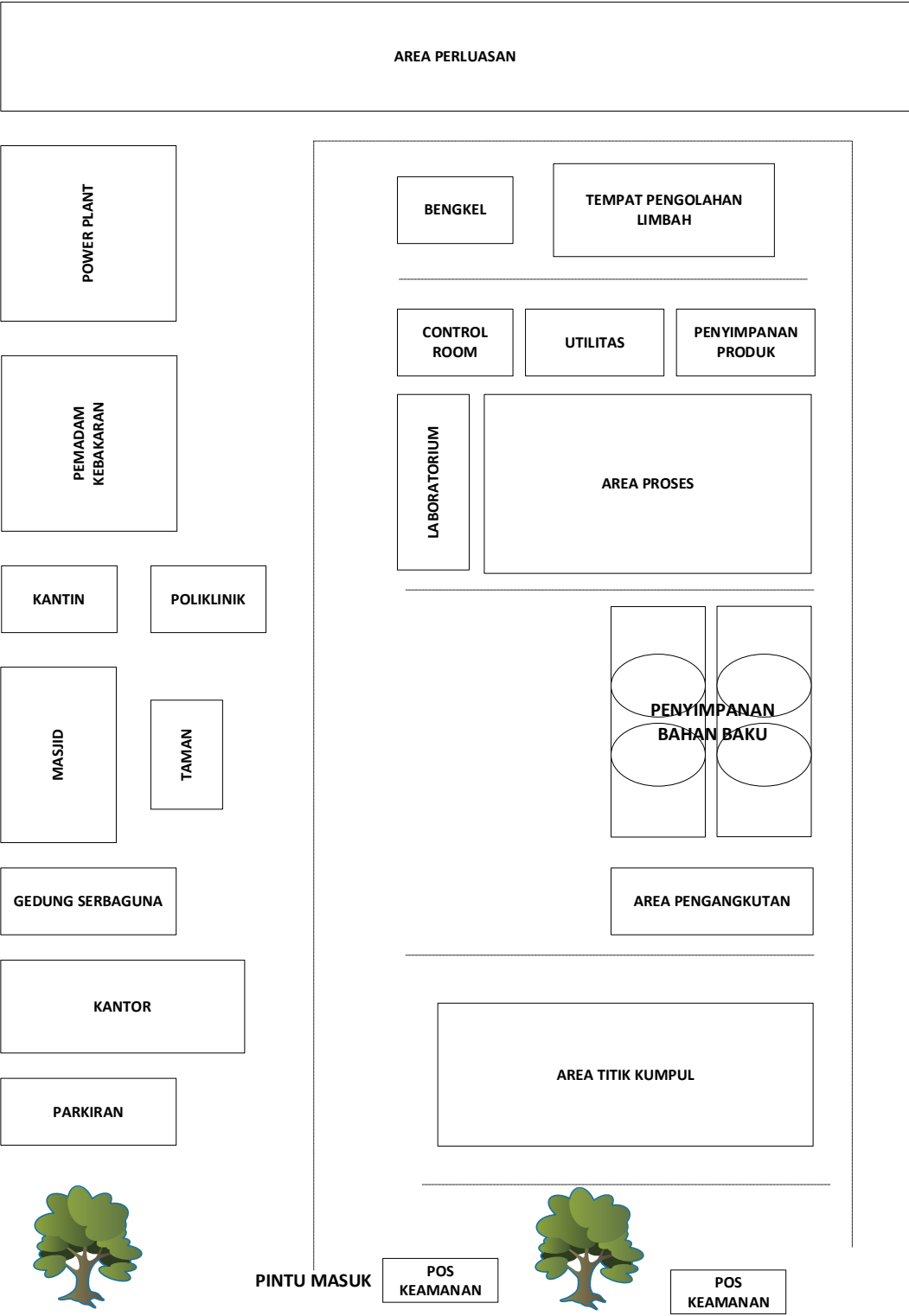
Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah yang berasal dari aktivitas pabrik. Daerah ini ditempatkan di tempat yang jauh dari bangunan kantin, poliklinik, masjid dan daerah administrasi

Tabel 26. Perincian luas tanah sebagai Bangunan Pabrik

Bangunan	Luas (m2)
Pos Keamanan	100
Masjid	800
Laboratorium	800
Kantor	2.000
Bengkel	600
Gudang Penyimpanan	4.500
Pengolahan Limbah	1.600

Kantin	800
Gedung Serbaguna	1.200
Power Plant	900
Utilitas	2.000
Jalan	6.000
Area Produksi	9.000
Taman dan lahan parkir	3.000
Pemadam Kebakaran	600
Control Room	600
Poliklinik	500
Area Perluasan	5.000
Total	40000

Adapun *layout* pabrik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Layout Pabrik

2.7 Layout Proses

Layout proses merupakan pengaturan letak fasilitas berdasarkan fungsi kerja setiap alat produksi (Suprpti, 2009). Dalam menentukan layout proses pada Pabrik Amonium Klorida terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku yang baik akan menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Diperhatikan juga elevasi pipa dimana untuk pipa diatas tanah sebaiknya pemasangan dilakukan diketinggian 3 meter atau lebih sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah perlu diatur sedemikian sehingga tidak akan mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Pencerahan

Penerangan pada area pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

3. Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan agar lancar. Hal tersebut bertujuan menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat membahayakan keselamatan para pekerja.

4. Jarak Antar Proses

Penentuan jarak antar alat proses perlu diperhatikan temperatur serta tekanan pada setiap alat. Untuk alat proses dengan temperatur dan tekanan tinggi dipisahkan dari alat-alat proses lainnya sehingga apabila terjadi hal yang tidak diinginkan seperti ledakan atau kebakaran tidak membahayakan alat proses yang lain.

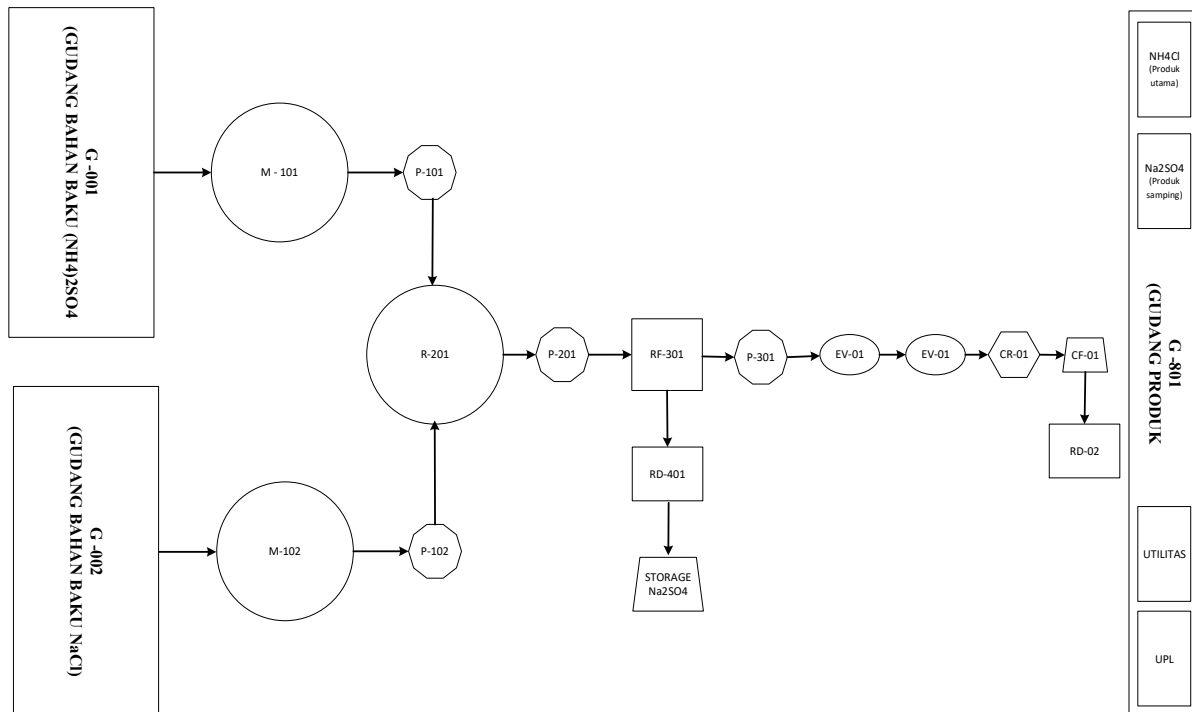
5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses pada pabrik diupayakan dapat menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga akan menguntungkan dalam segi ekonomi.

6. Lalu lintas Manusia

Dalam perancangan layout proses pabrik, perlu diperhatikan agar para pekerja dalam mencapai seluruh alat proses dapat dengan mudah dan tepat supaya jika terjadi

gangguan alat proses dapat segera diperbaiki, dan keamanan pekerja selama menjalankan pekerjaan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan.



Gambar 5. Layout Proses