# BAB II

# DESKRIPSI PROSES

## 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

**a. Ammonium Sulfat**

Menurut MSDS, 2017 spesifikasi amonium sulfat ialah sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Rumus molekul | : $(NH_4)_2SO_4$ |
| Bentuk | : Padat, Tidak berwarna |
| Titik Lebur | : 235℃ |
| Berat molekul | : 132,14 gr/mol |
| Densitas | : 1,77 g/cm3 |
| Kemurnian | : 99,75% |
| Sifat | : Tidak mudah terbakar |
| Kelarutan | : Larut dalam air (PT. Petrokimia Gresik) |
| Impuritas (air) | : $H_2O$ = 0,15% |
| | $H_2SO_4$ = 0,1% |

**b. Natrium Klorida**

Menurut MSDS, 2019 spesifikasi natrium klorida ialah sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Rumus molekul | : NaCl |
| Bentuk | : Kristal/padat putih |
| Titik didih | : 1,461℃ |
| Titik lebur | : 801 ℃ |
| Berat molekul | : 59,45 gr/mol |
| Densitas | : 1,769 g/cm$^3$ |
| Kemurnian | : 94% |
| Sifat | : Higroskopis dan tidak mudah terbakar |
| Kelarutan | : Larut dalam air dan gliserol (PT. Unichem Candi Indonesia) |
| Impuritas (air) | : $H_2O$ = 5,3% |
| | Kalsium Sulfat = 0,7% |

### 2.1.2 Spesifikasi Produk

**a. Ammonium Klorida**

Menurut MSDS, 2017 spesifikasi amonium klorida ialah sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Rumus molekul | : $NH_4Cl$ |
| Titik lebur | : 338°C |
| Titik didih (pada 1 atm) | : 520°C |
| Titik sublimasi | : 350°C |
| Berat molekul | : 53,49 gr/mol |
| Kemurnian | : 99,5% |
| Wujud | : Kristal berwarna putih (25°C, 1 atm) |
| Sifat | : Higroskopis, cenderung asam dan korosif |
| Kelarutan | : Air, gliserol dan amonium cair |
| Impuritas | : $H_2SO_4$ = maksimal 0,08% |
| | $H_2O$ = maksimal 0,2% |

### 2.1.3 Spesifikasi Produk Samping

**a. Natrium Sulfat**

Menurut MSDS, 2019 spesifikasi natrium sulfat ialah sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Rumus molekul | : $Na_2SO_4$ |
| Titik lebur | : 884°C |
| Titik didih (pada 1 atm) | : 1.429°C |
| Berat molekul | : 142,04 gr/mol |
| Kemurnian | : 99,3% |
| Wujud | : Kristal berwarna putih (25°C, 1 atm) |
| Kelarutan | : Gliserol dan hydrogen iodide |
| Impuritas | : NaCl = 0,11% |
| | $NH_4Cl$ = 0,17% |
| | $H_2O$ = 0,19% |

## 2.2 Sifat Fisika dan Kimia

### 2.2.1 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

**1. Ammonium Sulfat**

a. Sifat Fisika

Menurut Perry, 1997 sifat fisika amonium sulfat adalah sebagai berikut:

- Rumus molekul : $(NH_4)_2SO_4$
- Berat molekul : 132,14 gr/mol
- Specific gravity pada suhu 20$^o$C : 1,769
- Titik leleh : Terdekomposisi pada 235°C
- Warna : Abu-abu kecoklatan sampai putih
- Bentuk : Kristal padat
- Kelarutan dalam air : 70,6 gram/100 ml air pada suhu 0°C
  103,3 gram/ 100 ml air pada suhu 100°C
- Tidak dapat larut dalam pelarut organik, dan tingkat kelarutannya berkurang saat amonia ditambahkan.

b. Sifat Kimia

Menurut Gowariker, 2009 amonium klorida memiliki sifat kimia sebagai berikut:

- Pada suhu 280°C, amonium klorida dapat mengalami penguraian membentuk amonium bisulfat dan gas amonia melalui reaksi berikut:
  $(NH_4)_2SO_{4(s)} \rightarrow NH_4HSO_{4(s)} + NH_{3(g)}$
- Jika bereaksi dengan sodium klorida, terbentuk ammonium klorida dan sodium sulfat. Reaksi yang terjadi adalah:
  $(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2NaCl_{(aq)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + Na_2SO_{4(s)}$
- Gas amonia dihasilkan dari reaksi antara ammonium sulfat dan larutan natrium hidroksida, dengan pemanasan sebagai syarat untuk berlangsungnya reaksi tersebut. Reaksi yang terjadi adalah:
  $(NH_4)_2SO_{4(aq)} + BaSO_{4(s)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + 2H_2O_{(l)} + Na_2SO_{4(aq)}$
- Saat ammonium sulfat bereaksi dengan larutan perak nitrat, akan terbentuk endapan putih berupa perak sulfat. Reaksi kimia yang berlangsung adalah sebagai berikut:
  $(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow AgSO_{4(s)} + 2NH_4NO_{3(aq)}$

**2. Natrium Klorida**

Menurut Perry, 1997 sifat fisika natrium klorida adalah sebagai berikut:

a. Sifat Fisika

- Rumus molekul : NaCl
- Titik leleh : 800,4$^{o}$C
- Titik didih : 1413$^{o}$C
- Berat molekul : 58,45
- Specific gravity pada 20$^{o}$C : 2,163
- Warna : Tidak berwarna
- Bentuk : Kristal padat
- Kelarutan dalam air : 35,7 gram/100 ml air pada 0°C
  39,8 gram/100 ml air pada 100°C

b. Sifat Kimia

Menurut Vogel, 1985 sifat kimia amonium klorida adalah sebagai berikut:

- Melalui proses elektrolisis, sodium klorida yang dilarutkan dalam air menghasilkan gas klorin, gas hidrogen, dan sodium hidroksida. Reaksi yang terjadi adalah:
  $2NaCl_{(s)} + 2H_2O_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + H_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)}$
- Jika sodium klorida direaksikan dengan larutan asam sulfat pekat dan dipanaskan, maka akan terurai sempurna menghasilkan gas asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah:
  $NaCl_{(aq)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow HCl_{(g)} + NaHSO_{4(aq)}$
- Reaksi antara natrium klorida dan larutan timbal asetat menghasilkan endapan putih timbal klorida. Reaksi yang terjadi adalah:
  $2NaCl_{(aq)} + Pb(CH_3COOH)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2NaCH_3COOH_{(aq)}$
- Natrium klorida dapat diuraikan menjadi unsur natrium dan gas klorin. Reaksi yang terjadi adalah:
  $NaCl_{(s)} \rightarrow \frac{1}{2} Cl_{2(g)} + Na_{(s)}$

### 2.2.2 Sifat Fisika dan Kimia Produk

a. Ammonium Klorida

1) Sifat Fisika

Menurut Ullman, 2003 sifat fisika amonium klorida ialah sebagai berikut :

- Wujud : Padat
- Warna : Putih
- Titik leleh : Dekomposisi (350°C)
- Titik didih : 520°C
- Berat Molekul : 53,49 gr/mol
- Specific Gravity : 1,53 pada 17°C
- Panas pelarutan : -15,99 kJ/mol
- Panas pembentukan : -298,10 kJ/mol
- Panas integral larutan jenuh $NH_4Cl$ : +15,7 kJ/mol
- Panas diferensial larutan jenuh $NH_4Cl$ : +15,2 kJ/mol
- Kelarutan dalam air : 29,7 gr/100 gr air pada 0°C
  77,3 gr/100 gr air pada 100°C
- Memiliki kelarutan rendah dalam alkohol
- Larut dalam gliserol serta amonia dalam bentuk cair
- Tidak dapat larut dalam *acetone* maupun *pyridine*
- Tekanan uap larutan jenuh $NH_4Cl$ menunjukkan bahwa senyawa ini bersifat sedikit higroskopis

Kelarutan amonium klorida ($NH_4Cl$) ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Kelarutan Amonium Klorida dalam air (Ullman, 2003)

| Temperatur ($^oC$) | Dalam 100 gr air (gram) |
|---|---|
| 0 | 29,4 |
| 20 | 34,6 |
| 40 | 45,8 |
| 60 | 55,3 |
| 80 | 65,6 |
| 100 | 77,3 |
| 115,6 | 87,3 |

Tekanan parsial larutan jenuh $NH_4Cl$ mengindikasikan bahwa amonium klorida hanya memiliki tingkat higroskopisitas yang rendah. Tekanan parsial larutan jenuh amonium klorida ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Tekanan parsial larutan amonium klorida jenuh (Ullman, 2003)

| Temperatur ($^oC$) | Tekanan (kPa) |
|---|---|
| 10 | 1,0 |
| 20 | 1,9 |
| 30 | 3,3 |
| 40 | 5,4 |
| 50 | 8,8 |
| 60 | 101,3 |

2) Sifat Kimia

Menurut Vogel, 1985 sifat kimia amonium klorida adalah sebagai berikut:

- Larutan amonium klorida bersifat asam dan dapat menyerang logam besi serta permukaan tembaga, perunggu, dan kuningan.
- Ketika amonium klorida direaksikan dengan larutan NaOH, maka akan terbentuk gas amonia. Reaksi ini memerlukan pemanasan. Reaksi yang terjadi adalah:

  $NH_4Cl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} + NaCl_{(aq)}$
- Reaksi antara amonium klorida dan larutan timbal asetat menghasilkan endapan putih timbal klorida. Reaksi yang terjadi adalah:

  $2NH_4Cl_{(aq)} + Pb(CH_3COOH)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2NH_4CH_3COOH_{(aq)}$
- Pada suhu 338°C, amonium klorida mengalami dekomposisi menjadi amonia dan asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah:

  $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$

## 2.3 Konsep Reaksi

### 2.3.1 Dasar Reaksi

Reaksi pembentukan ammonium klorida adalah sebuah reaksi yang terjadi antara ammonium sulfat dengan natrium klorida (proses amonium sulfat-natrium klorida) (Kirik Otmer, 1997), dengan reaksi sebagai berikut:

$$(NH_4)_2SO_{4(l)} + 2NaCl_{(l)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(l)} + Na_2SO_{4(s)} \qquad \Delta H = +266{,}258 \text{ kkal/mol}$$

Reaksi pembentukan ammonium klorida berlangsung pada kondisi operasi sebagai berikut:

- Suhu = 100°C
- Tekanan = 1 atm
- Bentuk = cair-cair
- Sifat reaksi = searah

### 2.3.2 Sifat Reaksi

Reaksi pembentukan amonium klorida bersifat *ireversibel* (searah). Pada suhu 25°C, besar panas reaksi yang dihasilkan adalah $\Delta Hf^{o}$= +0,758 kcal/gmol, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berjalan searah dan membutuhkan energi panas. Nilai $\Delta Hf^{o}$ yang positif menandakan bahwa reaksi ini bersifat endotermis, yaitu menyerap panas. Akibatnya, suhu didalam reaktor akan terus menurun, sehingga diperlukan jaket pemanas untuk menjaga suhu agar tetap stabil (Faith, Keyes, and Clark's, 1975).

### 2.3.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah suatu reaksi menyerap atau melepaskan panas. Dalam konteks pembentukan amonium klorida, aspek termodinamika dapat dianalisis melalui nilai entalpi dan konstanta kesetimbangannya (Yaws, 1999).

Diketahui pada suhu 25°C= 298°K:

$\Delta H_f^o$ $NH_4Cl$ = -71,20 kkal/mol

$\Delta H_f^o$ $Na_2SO_4$ = -330,82 kkal/mol

$\Delta H_f^o$ $(NH_4)_2SO_4$ = -279,33 kkal/mol

$\Delta H_f^o$ NaCl = -97,324 kkal/mol

$\Delta H_{f298}$ $= \Sigma\ \Delta H_{produk} - \Sigma\ \Delta H_{reaktan}$

$= (2\ \Delta H_f^o\ NH_4Cl + \Delta H_f^o\ Na_2SO4) – (\Delta H_f^o\ (NH_4)_2SO_4 + 2\ \Delta H_f^o\ NaCl)$

= {(2 x -71,20) + (-330,82)} – {(-279,33) + (2 x -97,324)}

= 3,16 kkal/mol

Menghitung $\Delta Hr$ pada suhu reaksi = 100°C = 373°K

*Cp* $NH_4Cl$ = 23,53 kkal/mol.K

*Cp* $Na_2SO_4$ = 32,8 kkal/mol.K

*Cp* $(NH_4)_2SO_4$ = 51,6 kkal/mol.K

*Cp* NaCl = 12,36 kkal/mol.K (Perry, 2008)

$\Delta H_{reaktan\ 373}$ $= \Sigma\ Cp.\Delta T$

= 51,6 x (373-298) + 2 x 12,36 (373-298)

= 5.724 kkal/mol

$\Delta H_{produk373}$ = Σ Cp.ΔT

= 32,8 x (373-298) + 2 x 23,53 (373-298)

= 5.989,5 kkal/mol

$\Delta H_{r373}$ = $\Delta H_{produk373}$ + $\Delta H_{r298}$ - $\Delta H_{reaktan\ 373}$

= 5.989,5 + 0,758 - 5.724

= 266,258 kkal/mol

Nilai $\Delta H_{r373}$ bernilai positif sehingga menunjukkan bahwa reaksi pembentukan amonium klorida bersifat endoterm, yaitu memerlukan penyerapan panas dari lingkungan.

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

$\Delta G_f^o$ $NH_4Cl$ = -48,59 kkal/mol

$\Delta G_f^o$ $Na_2SO_4$ = -381,28 kkal/mol

$\Delta G_f^o$ $(NH_4)_2SO_4$ =-274,02 kkal/mol

$\Delta G_f^o$ NaCl = -93,92 kkal/mol

$\Delta G_r$ = Σ ΔGproduk – Σ ΔGreaktan

= (2 $\Delta G_f^o$ $NH_4Cl$ + $\Delta G_f^o$ $Na_2SO_4$) – (2 $\Delta G_f^o$ NaCl + $\Delta G_f^o$ $(NH_4)_2SO_4$)

= {(2 x -48,59) + (-381,28)} – {(2 x -93,92) + (-274,02)}

= -16,6 kkal/mol

Berdasarkan nilai $\Delta H_{r373}$ tersebut, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan amonium klorida bersifat endoterm (membutuhkan energi panas). Meskipun demikian, reaksi tetap berlangsung karena memiliki nilai $\Delta G_r$ negatif ($\Delta G_r < 0$), yang menandakan reaksi tersebut berlangsung secara spontan.

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

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

$\ln K_{298} = \frac{-16.600}{-1,987 \text{ x } 298} = 28,03$

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

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

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

$\ln\left(\frac{k_{373}}{1,49.10^{12}}\right) = \frac{\Delta H}{R1.987}\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{373}\right)$

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

$K_{373} = 1,92 \text{ x } 10^{12}$

Dengan konstanta kesetimbangan yang sangat tinggi, dapat disimpulkan bahwa reaksi ini bersifat *ireversibel* dan hanya berlangsung ke arah produk (ke kanan).

### 2.3.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi amonium klorida merupakan reaksi orde dua, maka persamaan laju reaksinya dapat dinyatakan sebagai berikut (Mon *et al*., 2012):

$$rA = k.\ CA.\ CB$$

Dimana:

$r_A$ = kecepatan reaksi

$C_A$ = konsentrasi ammonium sulfat (kmol/m³)

$C_B$ = konsentrasi natrium klorida (kmol/m³)

### 2.3.5 Perbandingan Mol Reaktan

Reaksi yang berlangsung dalam proses sintesis amonium klorida adalah sebagai berikut:

$$(NH_4)_2SO_{4(l)} + 2NaCl_{(l)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(l)} + Na_2SO_{4(s)}\ \Delta H_f^o = +3{,}16\ \text{kkal/kmol}$$

Berdasarkan koefisien stoikiometri, perbandingan mol reaktan adalah 1:2, artinya 1 mol amonium sulfat bereaksi dengan 2 mol natrium klorida. Dalam reaksi ini, amonium sulfat berperan sebagai pereaksi pembatas, sedangkan natrium klorida ditambahkan dalam jumlah berlebih guna menggeser kesetimbangan ke arah produk (Faith, Keyes, dan Clark's, 1975).

## 2.4 Langkah Proses

Proses pembuatan amonium klorida dari bahan baku amonium sulfat dan natrium klorida melibatkan empat tahap utama:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk
4. Tahap penyimpanan produk

### 2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini, bahan baku amonium sulfat $(NH_4)_2SO_4$ dipindahkan dari gudang penyimpanan (G-01) ke dalam mixer (M-01) pada tekanan 1 atm dan suhu 33°C melalui belt conveyor (BC-01), kemudian dilanjutkan dengan pemindahan menggunakan bucket elevator (BE-01). Di dalam mixer, air ditambahkan untuk melarutkan dan menghomogenkan amonium sulfat hingga membentuk larutan jenuhnya. Sementara itu, bahan baku natrium klorida dari gudang penyimpanan (G-02) pada kondisi serupa diumpankan ke mixer (M-02) melalui screw conveyor (SC-01), lalu diangkat menggunakan bucket elevator (BE-02). Air juga ditambahkan dalam mixer ini untuk memperoleh larutan jenuh natrium klorida. Setelah proses

pencampuran, kedua larutan dipanaskan menggunakan alat penukar panas tipe double pipe (HE-01 dan HE-02) hingga mencapai suhu 100°C.

### 2.4.2. Tahap Pembentukan Produk

Proses pembentukan produk berlangsung di dalam reaktor alir tangki berpengaduk kontinu (CSTR) dengan kode R-01. Reaktor ini dilengkapi jaket pemanas yang dialiri uap guna menjaga kondisi operasi pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm, dengan efisiensi konversi mencapai 95%. Pengaduk pada reaktor berfungsi untuk menjaga keseragaman komposisi larutan di dalam reaktor agar sesuai dengan komposisi aliran keluar, serta memastikan distribusi suhu tetap merata. Dalam reaktor ini, amonium sulfat $(NH_4)_2SO_4$ direaksikan dengan natrium klorida (NaCl) secara kontinu untuk menghasilkan produk utama berupa amonium klorida ($NH_4Cl$) dan produk samping natrium sulfat ($Na_2SO_4$). Adapun reaksi yang berlangsung dalam reaktor adalah sebagai berikut:

$$(NH_4)_2SO_{4(l)} + 2NaCl_{(l)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(l)} + Na_2SO_{4(s)} \quad \Delta H = +266{,}258 \text{ kkal/mol}$$

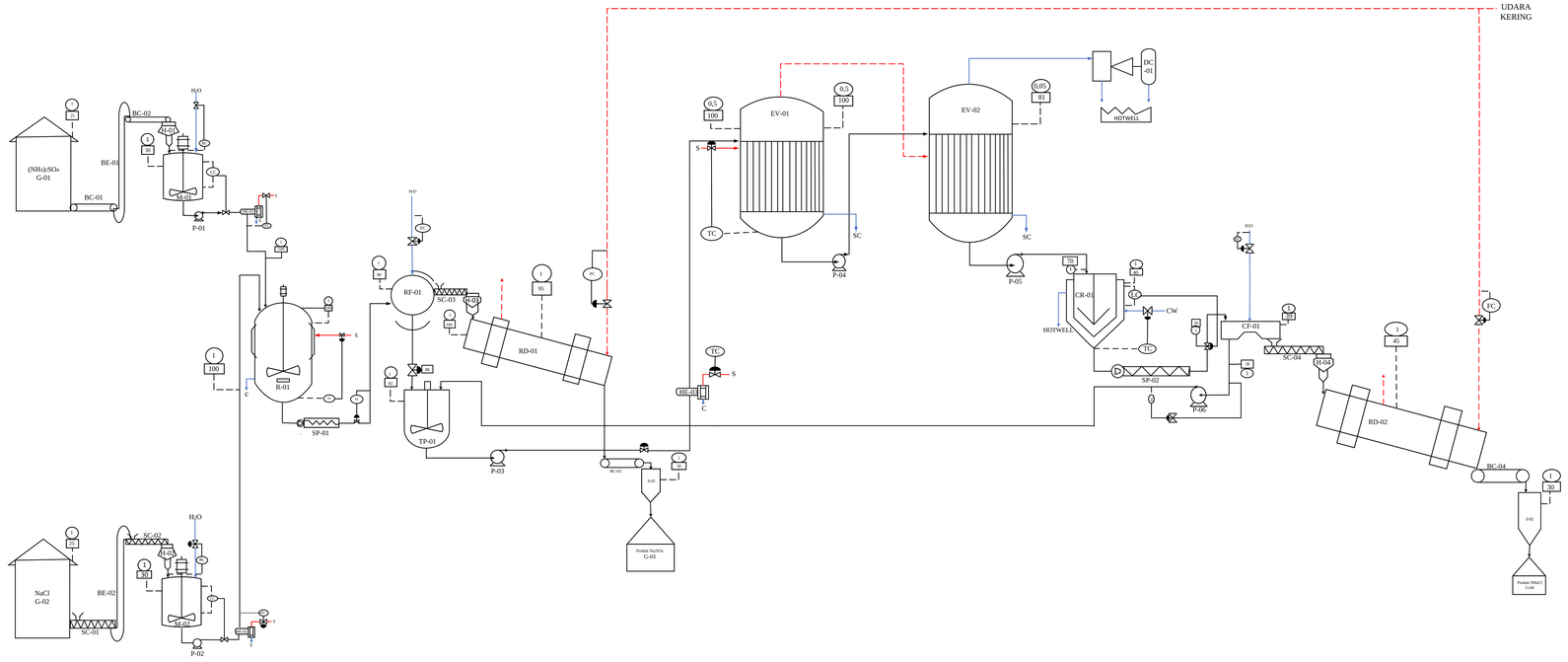
### 2.4.3. Tahap Pemurnian Produk

Proses ini bertujuan untuk memisahkan padatan natrium sulfat yang terkandung dalam larutan amonium klorida melalui rotary drum filter (RF-01) pada tekanan 1 atm dan suhu 90°C. Hasil pemisahan berupa cake $Na_2SO_4$ dan larutan $NH_4Cl$. Cake natrium sulfat kemudian dikeringkan ke dalam rotary dryer tipe direct heat counter current (RD-01) dengan kemiringan 44,4°, pada kondisi 1 atm dan 100°C, hingga membentuk kristal kering. Larutan $NH_4Cl$ (filtrat) ditampung dalam tangki penampungan (TP-01), lalu dipadatkan melalui evaporator tabung vertikal (EV-01 dan EV-02), di mana umpan masuk melalui shell dan uap masuk ke tube dari atas pada tekanan 0,5 atm dan suhu 100°C. Larutan jenuh dari evaporator dialirkan ke kristalizer (CR-01) pada tekanan 1 atm dan suhu 40°C untuk membentuk kristal $NH_4Cl$. Suhu kristalizer dijaga dengan aliran air pendingin melalui jaket, dan sistem yang digunakan adalah kristalizer satu tahap (single stage). Selanjutnya, campuran kristal dan mother liquor dari kristalizer dipindahkan menggunakan screw pump (SP-02) ke centrifuge (CF-01) pada tekanan 1 atm dan suhu 40°C. Di dalam centrifuge, kristal $NH_4Cl$ dipisahkan dari mother liquor, dimana mother liquor akan dikembalikan ke tangki penampungan (TP-01) menggunakan pompa untuk digunakan ulang. Kristal amonium klorida yang telah dipisahkan selanjutnya dikeringkan dalam rotary dryer (RD-02) menggunakan screw conveyor pada tekanan 1 atm dan suhu 90°C untuk menurunkan kadar air hingga sesuai dengan spesifikasi produk akhir.

### 2.4.4. Tahap Penyimpanan Produk

- Penyimpanan produk di silo 1
- Penyimpanan produk di silo 2

Kristal natrium sulfat yang dihasilkan dari rotary dryer (RD-01) dan kristal amonium klorida dari rotary dryer (RD-02) akan dipindahkan ke silo 1 dan 2 (S-01, S-02) melalui belt conveyor (BC-03). Setelah itu, kristal-kristal tersebut akan disaring menggunakan screener untuk memastikan ukuran kristalnya memenuhi spesifikasi produk yang diinginkan. Selanjutnya, kristal tersebut akan diangkut dengan bucket elevator (BE-03) untuk disimpan di silo dan kemudian diteruskan ke unit pengemasan.





**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI**
**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI**
**SEKOLAH VOKASI**
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**
**SEMARANG**
**2025**


# DESAIN PROYEK PABRIK AMONIUM KLORIDA MELALUI PROSES METATHESIS AMONIUM SULFAT DAN SODIUM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 175.000 TON/ TAHUN


**DIGAMBAR OLEH :**

1. Farah Azzah Hamidah 40040121650050
2. Salsabila Dwi Febriyanti 40040121650087

**Dosen Pembimbing :** Dr. Heny Kusumayanti, S.T., M.T.

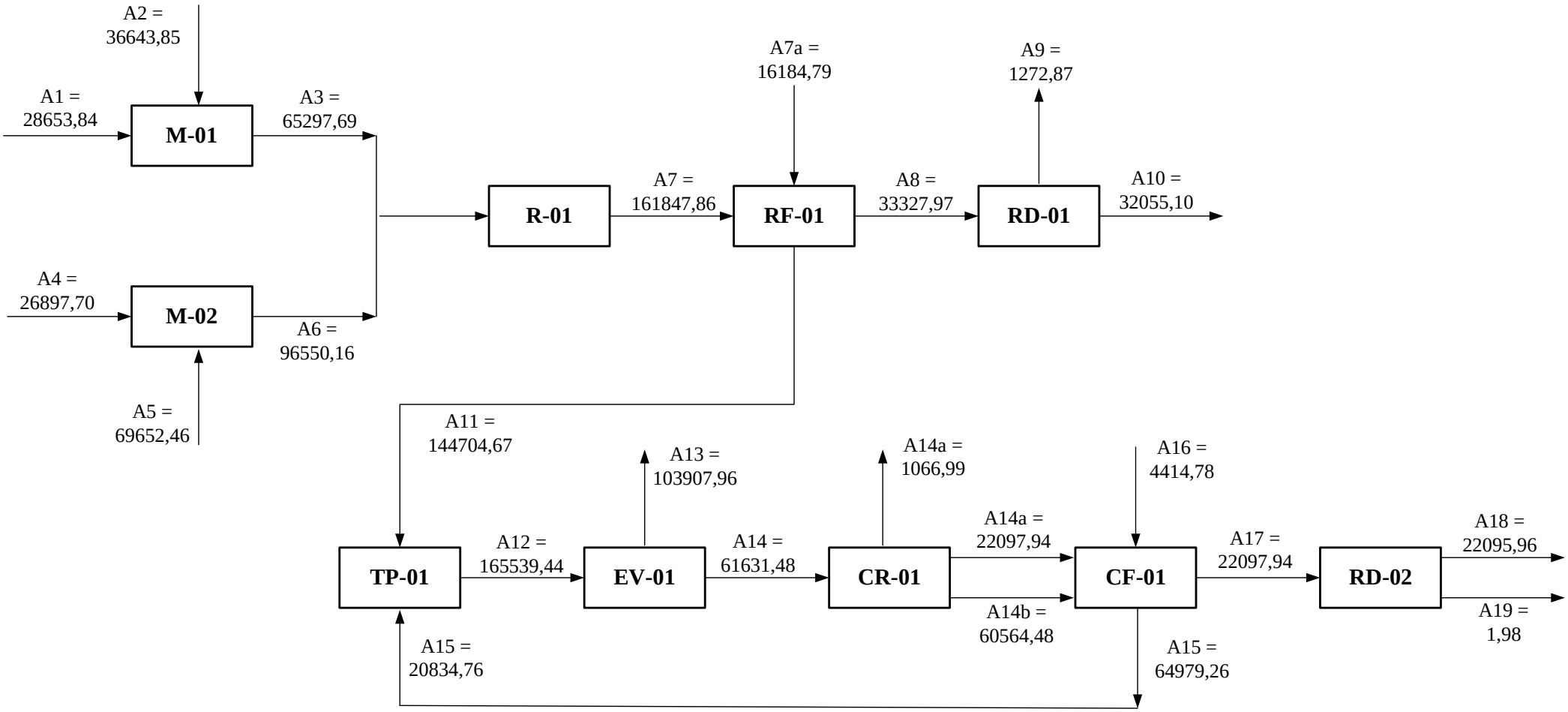

| KODE | NAMA ALAT |
|---|---|
| BE-01,02 | BUCKET ELEVATOR |
| BC-01,02,03,04 | BELT CONVEYOR |
| CF-01 | CENTRIFUGE |
| CR-01 | CRYSTALLIZER |
| EV-01,02 | EVAPORATOR |
| G-01,02,03,04 | GUDANG PENYIMPANAN |
| H-01,02,03,04 | HOPPER |
| HE-01,02,03 | HEAT EXCHANGER |
| M-01,02 | MIXER/TANGKI PENGADUK |
| R-01 | REAKTOR |
| RD-01,02 | ROTARY DRYER |
| RF-01 | ROTARY FILTER |
| SC-01,02,03,04 | SCREW CONVEYOR |
| SP-01,02 | SCREW PUMP |
| S-01,02 | SILO |
| TP-01 | TANGKI PENYIMPANAN |
| P-01,02,03,04,05,06 | POMPA |

| | |
|---|---|
| ○ | TEKANAN (ATM) |
| □ | TEMPERATUR (C) |
| ——— | ALIRAN PRODUK |
| - - - - | ALIRAN UDARA/STEAM |
| ——— | ALIRAN AIR/COOLING WATER/BFW |

## 2.6 Diagram Alir Neraca Massa dan Panas

### 2.6.1 Diagram Alir Neraca Massa

Diagram alir neraca massa pada proses pembuatan amonium klorida ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini.




Gambar 2. 2 Diagram Alir Neraca Massa

**Keterangan Gambar:**

| | |
|---|---|
| M-01 : Tangki Pelarut $(NH_4)_2SO_4$ | RD-01 : *Rotary Dryer* 1 |
| M-02 : Tangki Pelarut NaCl | RD-02 : *Rotary Dryer* 2 |
| R-01 : Reaktor | EV-01 : *Evaporator* |
| TP-01 : Tangki Penampung 1 | CR-01 : *Kristalizer* |
| RF-01 : *Rotary Filter* | CF-01 : *Centrifuge* |

**Keterangan Arus:**

| | |
|---|---|
| Arus 1 | : Feed $(NH_4)_2SO_4$ |
| Arus 2 | : $H_2O$ sebagai pelarut |
| Arus 3 | : Larutan jenuh $(NH_4)_2SO_4$ |
| Arus 4 | : Feed NaCl |
| Arus 5 | : $H_2O$ sebagai pelarut |
| Arus 6 | : Larutan jenuh NaCl |
| Arus 7 | : Larutan produk |
| Arus 8 | : Padatan yang terpisah |
| Arus 9 | : $H_2O$ menguap |
| Arus 10 | : Padatan kering keluar (produk samping $Na_2SO_4$) |
| Arus 11 | : Filtrat |
| Arus 12 | : Larutan pekat $NH_4Cl$ |
| Arus 13 | : $H_2O$ menguap |
| Arus 14 | : Larutan jenuh $NH_4Cl$ pada 100$^oC$ |
| Arus 14a | : Kristal terbentuk |
| Arus 14b | : Mother liquor |
| Arus 15 | : Recycle |
| Arus 16 | : Air pencuci |
| Arus 17 | : Padatan yang terpisah |
| Arus 18 | : Produk Amonium Klorida |
| Arus 19 | : $H_2O$ yang menguap |

Ringkasan neraca massa pada pembuatan amonium klorida dari amonium sulfat dan sodium klorida kapasitas 175.000 ton/tahun yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 hingga Tabel 2.13 sebagai berikut.

**2.6.1.1 Neraca Massa di Tangki Pelarutan (M-01)**

Tabel 2. 3 Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-01)

| Komponen | Masuk (kg) | | Keluar (kg) |
|---|---|---|---|
| | **Arus 1** | **Arus 2** | **Arus 3** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 28582,21 | 0 | 28582,21 |
| $H_2SO_4$ | 28,65 | 0 | 28,65 |
| $H_2O$ | 42,98 | 36643,85 | 36686,83 |
| **Total** | **28653,84** | **36643,85** | **65297,69** |
| | **65297,69** | | **65297,69** |

**2.6.1.2 Neraca Massa di Tangki Pelarutan (M-02)**

Tabel 2. 4 Neraca Massa Tangki Pelarutan (M-02)

| Komponen | Masuk (kg) | | Keluar (kg) |
|---|---|---|---|
| | **Arus 4** | **Arus 5** | **Arus 6** |
| NaCl | 25283,84 | 0 | 25283,84 |
| $CaSO_4$ | 188,28 | 0 | 188,28 |
| $H_2O$ | 1425,58 | 69652,46 | 71078,04 |
| **Total** | **26897,70** | **69652,45863** | **96550,16** |
| | **96550,16** | | **96550,16** |

**2.6.1.3 Neraca Massa di Reaktor (R-01)**

Tabel 2. 5 Neraca Massa Reaktor (R-01)

| Komponen | Masuk (kg) | | Keluar (kg) |
|---|---|---|---|
| | **Arus 3** | **Arus 6** | **Arus 7** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 28582,21 | 0 | 1429,11 |
| NaCl | 0 | 25283,84 | 1264,19 |
| $NH_4Cl$ | 0 | 0 | 21985,48 |
| $Na_2SO_4$ | 0 | 0 | 29187,27 |
| $H_2SO_4$ | 28,65 | 0 | 107764,87 |
| CaSO4 | 0 | 188,28 | 28,65 |
| $H_2O$ | 36686,83 | 71078,04 | 188,28 |
| **Total** | **65297,69** | **96550,1634** | **161847,86** |
| | **161847,856** | | **161847,856** |

### 2.6.1.4 Neraca Massa di Rotary Filter (RF-01)

Tabel 2. 6 Neraca Massa Rotary Filter (RF-01)

| Komponen | Masuk (kg) | | Keluar (kg) |
|---|---|---|---|
| | **Arus 7** | **Arus 7a** | **Arus 11** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 1429,11 | 0 | 25,92 |
| NaCl | 1264,19 | 0 | 7,54 |
| $NH_4Cl$ | 21985,48 | 0 | 21961,63 |
| $Na_2SO_4$ | 29187,27 | 0 | 13,12 |
| $H_2SO_4$ | 28,65 | 0 | 28,65 |
| $H_2O$ | 107764,87 | 16184,79 | 122667,81 |
| $CaSO_4$ | 188,28 | 0,00 | 0,00 |
| **Total** | **161847,86** | **16184,78559** | **144704,67** |
| | **178032,64** | | **178032,64** |

### 2.6.1.5 Neraca Massa di Evaporator (EV-01)

Tabel 2. 7 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

| Komponen | Masuk (kg) | Keluar (kg) | |
|---|---|---|---|
| | **Arus 12** | **Arus 13** | **Arus 14** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 49,09 | 0 | 49,09 |
| NaCl | 10,85 | 0 | 10,85 |
| $NH_4Cl$ | 23116,81 | 0 | 23116,81 |
| $Na_2SO_4$ | 21,08 | 0 | 21,08 |
| $H_2O$ | 142294,66 | 103875,10 | 38419,56 |
| $H_2SO_4$ | 46,94 | 32,86 | 14,08 |
| **Total** | **165539,44** | **103907,96** | **61631,48** |
| | **165539,44** | **165539,44** | |

### 2.6.1.6 Neraca Massa di Kristalizer (CR-01)

Tabel 2. 8 Neraca Massa Kristalizer (CR-01)

| Komponen | Masuk (kg) | Keluar (kg) | |
|---|---|---|---|
| | **Arus 14** | **Arus 14a** | **Arus 14b** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 49,09 | 6,622 | 42,47 |
| NaCl | 10,85 | 8,830 | 2,02 |
| $NH_4Cl$ larutan | 23116,81 | 0 | 22073,88 |
| $Na_2SO_4$ | 21,08 | 2,207 | 18,88 |
| $NH_4Cl$ padatan | 0 | 1042,933 | 0 |
| $H_2SO_4$ | 14,08 | 4,415 | 9,67 |
| $H_2O$ | 38419,56 | 1,987 | 38417,57 |
| **Total** | **61631,48** | **1066,994** | **60564,48** |
| | **61631,48** | **61631,48** | |

### 2.6.1.7 Neraca Massa di Tangki Penampungan (TP-01)

Tabel 2. 9 Neraca Massa Tangki Penampungan (TP-01)

| Komponen | Masuk (kg) | | Keluar (kg) |
|---|---|---|---|
| | **Arus 11** | **Arus 15** | **Arus 12** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 25,92 | 23,17 | 49,09 |
| NaCl | 7,54 | 3,31 | 10,85 |
| $NH_4Cl$ | 21961,63 | 1155,18 | 23116,81 |
| $Na_2SO_4$ | 13,12 | 7,97 | 21,08 |
| $H_2SO_4$ | 28,65 | 18,29 | 46,94 |
| $H_2O$ | 122667,81 | 19626,85 | 142294,66 |
| **Total** | **144704,67** | **20834,76** | **165539,44** |
| | **165539,44** | | **165539,44** |

### 2.6.1.8 Neraca Massa di Centrifuge (CF-01)

Tabel 2. 10 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

| Komponen | Masuk (kg) | | | Keluar (kg) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Arus 14a** | **Arus 14b** | **Arus 16** | **Arus 15** | **Arus 17** |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 6,622 | 42,47 | 0 | 42,47 | 6,622 |
| NaCl | 8,830 | 2,02 | 0 | 2,02 | 8,830 |
| $NH_4Cl$ | 22073,875 | 22073,88 | 0 | 22073,88 | 22073,875 |
| $Na_2SO_4$ | 2,207 | 18,88 | 0 | 18,88 | 2,207 |
| $H_2SO_4$ | 4,415 | 9,67 | 0 | 9,67 | 4,415 |
| $H_2O$ | 1,987 | 38417,57 | 4414,78 | 42832,35 | 1,987 |
| **Total** | 22097,936 | 60564,48 | 4414,77509 | 64979,26 | 22097,936 |
| | | **87077,193** | | **87077,193** | |

### 2.6.1.9 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 2. 11 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)

| Komponen | Masuk (kg) | Keluar (kg) | |
|---|---|---|---|
| | **Arus 8** | **Arus 9** | **Arus 10** |
| $Na_2SO_4$ | 29174,15 | 0 | 29174,15 |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 1403,19 | 0 | 1403,19 |
| NaCl | 1256,65 | 0 | 1256,65 |
| $NH_4Cl$ | 23,85 | 0 | 23,85 |
| $CaSO_4$ | 188,28 | 0 | 188,28 |
| $H_2O$ | 1281,84 | 1272,87 | 8,97 |
| **Total** | **33327,97** | **1272,87** | **32055,10** |
| | **33327,97** | **33327,97** | |

### 2.6.1.10 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-02)

Tabel 2. 12 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-02)

| Komponen | Masuk (kg) | Keluar (kg) | |
|---|---|---|---|
| | Arus 17 | Arus 19 | Arus 18 |
| $(NH_4)_2SO_4$ | 6,62 | 0 | 6,62 |
| NaCl | 8,83 | 0 | 8,83 |
| $NH_4Cl$ | 22073,88 | 0 | 22073,88 |
| $Na_2SO_4$ | 2,21 | 0 | 2,21 |
| $H_2SO_4$ | 4,41 | 0 | 4,41 |
| $H_2O$ | 1,99 | 1,98 | 0,01 |
| **Total** | **22097,94** | **1,98** | **22095,96** |
| | **22097,936** | **22097,936** | |

### 2.6.1.11 Neraca Massa Overall

Tabel 2. 13 Neraca Massa Overall

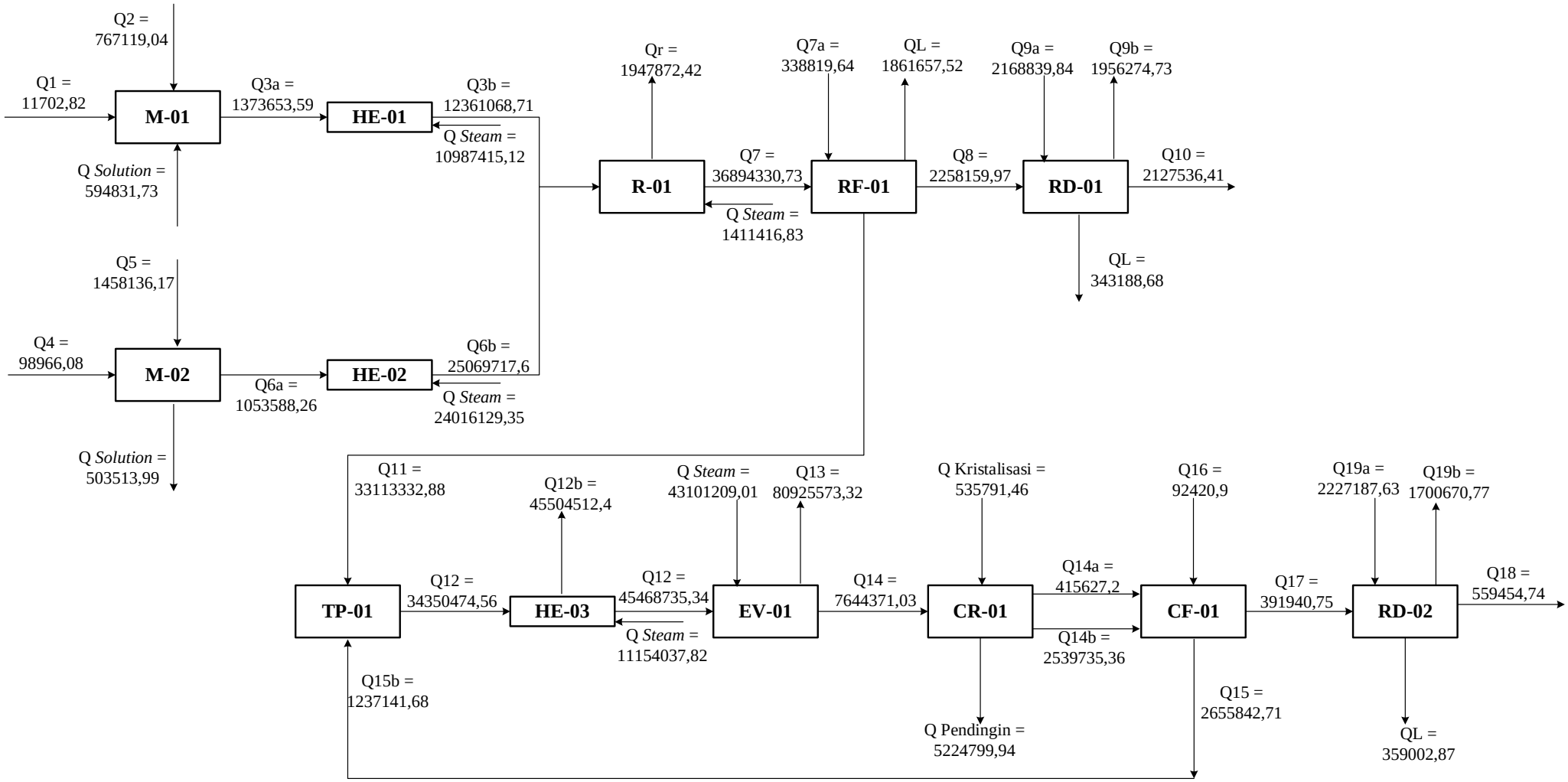
| Komponen | Input | Output |
|---|---|---|
| Aliran 1 | 28653,84 | |
| Aliran 2 | 36643,85 | |
| Aliran 3 | 65297,69 | 65297,69 |
| Aliran 4 | 26897,70 | |
| Aliran 5 | 69652,45863 | |
| Aliran 6 | 96550,16 | 96550,16 |
| Aliran 7 | 161847,86 | 161847,86 |
| Aliran 7a | 16184,78559 | |
| Aliran 8 | 33327,97 | 33327,97 |
| Aliran 9 | | 1272,87 |
| Aliran 10 | | 32055,10 |
| Aliran 11 | 144704,67 | 144704,67 |
| Aliran 12 | 165539,44 | 165539,44 |
| Aliran 13 | | 103907,961 |
| Aliran 14 | 61631,48 | 61631,48 |
| Aliran 14a | 22097,936 | 1066,994 |
| Aliran 14b | 60564,48 | 60564,48 |
| Aliran 15 | 20834,76 | 64979,26 |
| Aliran 16 | 4414,77509 | |
| Aliran 17 | 22097,94 | 22097,94 |
| Aliran 18 | | 22095,96 |
| Aliran 19 | | 1,98 |
| **Total** | **1036941,80** | **1036941,80** |

Efisiensi Produksi = (Produk/Bahan Baku) x 100%

**Efisiensi Produksi = 95,14%**

### 2.6.2 Diagram Alir Neraca Panas

Diagram alir neraca panas pada proses pembuatan amonium klorida ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.




Gambar 2. 3 Diagram Alir Neraca Panas

**Keterangan Gambar:**

| | | |
|---|---|---|
| M-01, 02 | : Tangki Pelarut $(NH_4)_2SO_4$ dan NaCl | RD-01 : *Rotary Dryer* |
| HE-01, 03 | : *Heat Exchanger* NaCl | HE-02 : *Heat Exchanger* $(NH_4)_2SO_4$ |
| R-01 | : Reaktor CSTR | EV-01 : *Evaporator* |
| TP-01 | : Tangki Penampung NaCl | CR-01 : *Kristalizer* |
| RF-01 | : *Rotary Filter* | CF-01 : *Centrifuge* |

**Keterangan Arus:**

| | |
|---|---|
| Arus 1 | : Panas $(NH_4)_2SO_4$ yang masuk |
| Arus 2 | : Panas air pelarut untuk membuat larutan jenuh $(NH_4)_2SO_4$ |
| Arus 3a | : Panas larutan jenuh $(NH_4)_2SO_4$ yang masuk heat exchanger |
| Arus 3b | : Panas larutan jenuh $(NH_4)_2SO_4$ yang masuk reaktor |
| Arus 4 | : Panas NaCl yang masuk |
| Arus 5 | : Panas air pelarut untuk membuat larutan jenuh NaCl |
| Arus 6a | : Panas larutan jenuh NaCl yang masuk heat exchanger |
| Arus 6b | : Panas larutan jenuh NaCl yang masuk reaktor |
| Arus 7 | : Panas yang dibawa arus produk reaktor masuk ke RF-01 |
| Arus 7a | : Panas yang dibawa air pencuci |
| Arus 8 | : Panas yang dibawa keluar $Na_2SO_4$ keluar RF-01 |
| 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-01 |
| Arus 12a | : Panas yang dibawa masuk ke HE-03 |
| Arus 12b | : Panas yang dibawa keluar dari HE-03 |
| Arus 13 | : Panas yang keluar dari EV-01 |
| Arus 14 | : Panas yang dibawa kristal dan mother liquor masuk CR-01 |
| Arus 14a | : Panas yang dibawa larutan masuk ke CF-01 |
| Arus 14b | : Panas yang dibawa kristal dan mother liquor keluar CR-01 |
| 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 |

Ringkasan neraca panas pada pembuatan amonium klorida dari amonium sulfat dan sodium klorida kapasitas 175.000 ton/tahun yang ditunjukkan pada Tabel 2.14 hingga Tabel 2.27 sebagai berikut.

**2.6.2.1 Neraca Panas di Tangki Pelarutan $(NH_4)_2SO_4$ (M-01)**

Tabel 2. 14 Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q1 | 11702,82479 | |
| Q2 | 767119,04 | |
| Qsolt | 594831,73 | |
| Q3 | | 1373653,59 |
| **Total** | **1373653,59** | **1373653,59** |

**2.6.2.2 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-01)**

Tabel 2. 15 Neraca Panas Heat Exhanger (HE-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q3a | 1373653,59 | |
| Q3b | | 12361068,71 |
| Qsteam | 10987415,12 | |
| **Total** | **12361068,71** | **12361068,71** |

**2.6.2.3 Neraca Panas di Tangki Pelarutan NaCl (M-02)**

Tabel 2. 16 Neraca Panas Tangki Pelarutan (M-02)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q4 | 98966,08 | |
| Q5 | 1458136,17 | |
| Qsolt | | 503513,99 |
| Q6 | | 1053588,26 |
| **Total** | **1557102,24** | **1557102,24** |

**2.6.2.4 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-02)**

Tabel 2. 17 Neraca Panas Heat Exhanger (HE-02)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q6a | 1053588,26 | |
| Q6b | | 25069717,60 |
| Qsteam | 24016129,35 | |
| **Total** | **25069717,60** | **25069717,60** |

### 2.6.2.5 Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 2. 18 Neraca Panas Reaktor (R-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q3b | 12361068,71 | |
| Q6b | 25069717,60 | |
| Q7 | | 36894330,73 |
| Qs | 1411416,83 | |
| Qr | | 1947872,416 |
| **Total** | **38842203,14** | **38842203,14** |

### 2.6.2.6 Neraca Panas di Rotary Filter (RF-01)

Tabel 2. 19 Neraca Panas Rotary Filter (RF-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q7 | 36894330,73 | |
| Q7a | 338819,6443 | |
| Q8 | | 2258159,97 |
| Q11 | | 33113332,88 |
| QL | | 1861657,519 |
| **Total** | **37233150,37** | **37233150,37** |

### 2.6.2.7 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 2. 20 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q8 | 2258159,97 | |
| Q10 | | 2127536,41 |
| Q9a | 2168839,841 | |
| Q9b | | 1956274,728 |
| QL | | 343188,68 |
| **Total** | **4426999,82** | **4426999,815** |

### 2.6.2.8 Neraca Panas di Tangki Penampungan (TP-01)

Tabel 2. 21 Neraca Panas Tangki Penampungan (TP-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q11 | 33113332,88 | |
| Q15b | 1237141,683 | |
| Q12 | | 34350474,56 |
| **Total** | **34350474,56** | **34350474,56** |

**2.6.2.9 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-03)**

Tabel 2. 22 Neraca Panas Heat Exchanger (HE-03)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q12a | 34350474,56 | |
| Q12b | | 45504512,38 |
| Qsteam | 11154037,82 | |
| **Total** | **45504512,38** | **45504512,38** |

**2.6.2.10 Neraca Panas di Evaporator (EV-01)**

Tabel 2. 23 Neraca Panas Evaporator (EV-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q12 | 45468735,34 | |
| Qs | 43101209,01 | |
| Q13 | | 80925573,32 |
| Q14 | | 7644371,03 |
| **Total** | **88569944,36** | **88569944,36** |

**2.6.2.11 Neraca Panas di Kristalizer (CR-01)**

Tabel 2. 24 Neraca Panas Kristalizer (CR-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q14 | 7644371,03 | |
| Panas kristalisasi | 535791,4556 | |
| Q14a | | 415627,20 |
| Q14b | | 2539735,36 |
| Q pendingin | | 5224799,94 |
| **Total** | **8180162,49** | **8180162,49** |

**2.6.2.12 Neraca Panas di Centrifuge (CF-01)**

Tabel 2. 25 Neraca Panas Centrifuge (CF-01)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q14a | 415627,20 | |
| Q14b | 2539735,36 | |
| Q15 | | 2655842,71 |
| Q16 | 92420,90 | |
| Q17 | | 391940,75 |
| **Total** | **3047783,46** | **3047783,46** |

**2.6.2.13 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-02)**

Tabel 2. 26 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-02)

| Panas | Q input (kkal) | Q output (kkal) |
|---|---|---|
| Q17 | 391940,75 | |
| Q18 | | 559454,74 |
| Q19a | 2227187,633 | |
| Q19b | | 1700670,766 |
| QL | | 359002,87 |
| **Total** | **2619128,38** | **2619128,38** |

**2.6.2.14 Neraca Panas Overall**

Tabel 2. 27 Neraca Panas Overall

| Nama Alat | Komponen | Input (kkal) | Komponen | Output (kkal) |
|---|---|---|---|---|
| M-01 | Q1 | 11702,82 | | |
| | Q2 | 767119,0386 | | |
| | Q *solution* | 594831,73 | | |
| | Q3 | 0,00 | Q3 | 1373653,59 |
| HE-01 | Q *steam* | 10987415,12 | | |
| | Q3a | 1373653,59 | | 0 |
| | Q3b | 0,00 | | 12361068,71 |
| M-02 | Q4 | 98966,08 | | |
| | Q5 | 1458136,17 | | |
| | Q *solution* | 0,00 | | 503513,99 |
| | Q6 | 0,00 | Q6 | 1053588,26 |
| HE-02 | Q *steam* | 24016129,35 | | |
| | Q6a | 1053588,26 | Q6a | 0 |
| | Q6b | 0,00 | Q6b | 25069717,60 |
| R-01 | | | Qr | 1947872,416 |
| | Q3b | 12361068,71 | | 0 |
| | Q6b | 25069717,60 | | 0 |
| | Q7 | 0 | Q7 | 36894330,73 |
| | Q *steam* | 1411416,83 | | |
| RF-01 | Q7a | 338819,6443 | | |
| | | | QL | 1861657,519 |
| | Q7 | 36894330,73 | | |
| | | | Q8 | 2258159,97 |
| | | | Q11 | 33113332,88 |
| RD-01 | Q9a | 2168839,841 | Q9b | 1956274,728 |
| | Q8 | 2258159,97 | | |
| | | | QL | 343188,68 |
| | | | Q10 | 2127536,41 |
| TP-01 | Q11 | 33113332,88 | | |
| | Q15b | 1237141,68 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Q12 | 34350474,56 |
| HE-03 | Q *steam* | 11154037,82 | | |
| | Q12a | 34350474,56 | Q12b | 45504512,38 |
| EV-01 | Q *steam* | 43101209,01 | Q13 | 80925573,32 |
| | Q12 | 45468735,34 | Q14 | 7644371,03 |
| CR-01 | Q kristalisasi | 535791,4556 | Q pendingin | 5224799,94 |
| | Q14 | 7644371,03 | Q14b | 2539735,36 |
| | | | Q14a | 415627,20 |
| CF-01 | Q16 | 92420,90 | | |
| | Q14a | 415627,20 | Q15 | 2655842,714 |
| | Q14b | 2539735,36 | Q17 | 391940,75 |
| RD-02 | Q19a | 2227187,633 | Q19b | 1700670,766 |
| | Q17 | 391940,75 | Q18 | 559454,74 |
| | | | Qloses | 359002,87 |
| **Total** | | **303135901,1** | | **303135901,1** |

**Panas Hilang** = (Total Panas Hilang/Total Panas) x 100%

**= 0,85%**

**Efisiensi Panas** = 100%-Panas Hilang

= **99,15%**

## 2.7 Lay Out Pabrik dan Peralatan Proses

### 2.7.1 Layout Pabrik

Layout pabrik merupakan rencana keseluruhan tata letak fasilitas dalam suatu industri, yang mencakup penempatan personel, pemindahan material, peralatan proses operasional, serta alat pendukung lainnya. Tujuannya adalah agar fasilitas yang ada dapat mendukung kegiatan yang optimal (James A. Moore, 2000). Menurut Yamit, 1996 perencanaan layout adalah penyusunan fasilitas produksi untuk mendukung kelancaran produksi secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, layout pabrik sangat penting untuk memastikan kelancaran operasional pabrik, penggunaan area yang tepat, dan kelancaran proses produksi.

Layout pabrik biasanya mencakup area kerja karyawan, lokasi peralatan, dan tempat penyimpanan bahan, baik bahan baku maupun produk. Tata letak pabrik harus mempertimbangkan penempatan alat produksi agar alur proses produksi berjalan lancar, serta memperhatikan faktor keamanan, keselamatan, dan kenyamanan karyawan. Selain peralatan yang tercantum dalam flowsheet proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, dan pos penjagaan harus ditempatkan di area yang tidak mengganggu, dengan mempertimbangkan lalu lintas barang, kontrol, dan aspek keamanan.

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan menurut Weliza, 2022 dalam perancangan tata letak pabrik amonium klorida adalah:

a) Kemungkinan Perluasan di Masa Depan

   Perluasan pabrik harus dipertimbangkan sejak awal agar tidak timbul masalah terkait kebutuhan ruang di masa depan. Beberapa area khusus harus disiapkan untuk ekspansi pabrik atau untuk mengubah produk menjadi produk lain. Salah satu kendala yang mungkin muncul adalah terkait harga tanah, yang dapat membatasi penyediaan ruang. Jika harga tanah tinggi, efisiensi dalam penggunaan ruang dan penempatan peralatan sangat diperlukan untuk menghemat tempat.

b) Keselamatan Pekerja dan Penempatan Alat

   Keselamatan pekerja sangat penting untuk kelancaran operasional pabrik, sehingga penempatan alat produksi harus disusun dengan urutan yang tepat sesuai dengan proses kerja. Selain itu, pencahayaan yang memadai dan ventilasi yang baik harus diperhatikan untuk mencegah kecelakaan kerja.

c) Bentuk Pondasi, Kerangka, Atap, dan Tembok Bangunan

   Desain bangunan, jarak antar bangunan, serta pemasangan dan distribusi gas, udara, *steam*, dan listrik yang efisien akan memudahkan operasional dan perawatan pabrik.

d) Kemungkinan Bahaya Seperti Kebakaran dan Ledakan

Keamanan terhadap potensi bahaya kebakaran, ledakan, serta asap atau gas beracun harus diperhatikan dalam perancangan layout pabrik. Oleh karena itu, penempatan alat pengaman seperti hydrant, penampung air, dan penahan ledakan sangat penting. Tangki penyimpanan bahan baku atau produk berbahaya harus ditempatkan di area khusus.

e) Kemudahan Akses dan Alternatif

Operator harus memiliki akses yang mudah menuju lokasi alat ukur dan peralatan kontrol untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja. Selain itu, harus ada jalan pintas yang memungkinkan pertolongan cepat dan jalur evakuasi bagi karyawan.

f) Lokasi Kantor

Lokasi kantor harus mudah dijangkau dari jalan utama untuk efisiensi waktu.

Secara umum, layout pabrik dapat dibagi menjadi beberapa area utama sebagai berikut:

1) Daerah Administrasi/Perkantoran, Laboratorium, dan Ruang Kontrol
   - Daerah administrasi digunakan untuk kegiatan administratif yang berkaitan dengan operasional pabrik.
   - Laboratorium dan ruang kontrol berfungsi sebagai pusat untuk mengendalikan proses produksi, mengawasi kualitas dan kuantitas bahan yang diproses, serta memonitor produk yang dihasilkan.
2) Daerah Proses

   Daerah ini adalah tempat di mana peralatan produksi ditempatkan dan proses produksi berlangsung.
3) Daerah Pergudangan dan Bengkel

   Gudang digunakan untuk menyimpan bahan kimia yang mendukung proses, barang-barang, dan suku cadang peralatan produksi. Bengkel digunakan untuk melakukan perbaikan serta pembuatan alat-alat yang mendukung proses produksi.
4) Daerah Utilitas

   Merupakan area yang menyediakan fasilitas dan sarana yang mendukung kelancaran proses produksi.
5) Daerah Fasilitas Umum

   Merupakan area yang mendukung aktivitas karyawan pabrik, seperti tempat parkir, masjid, dan kantin.

6) Daerah Pengolahan Limbah

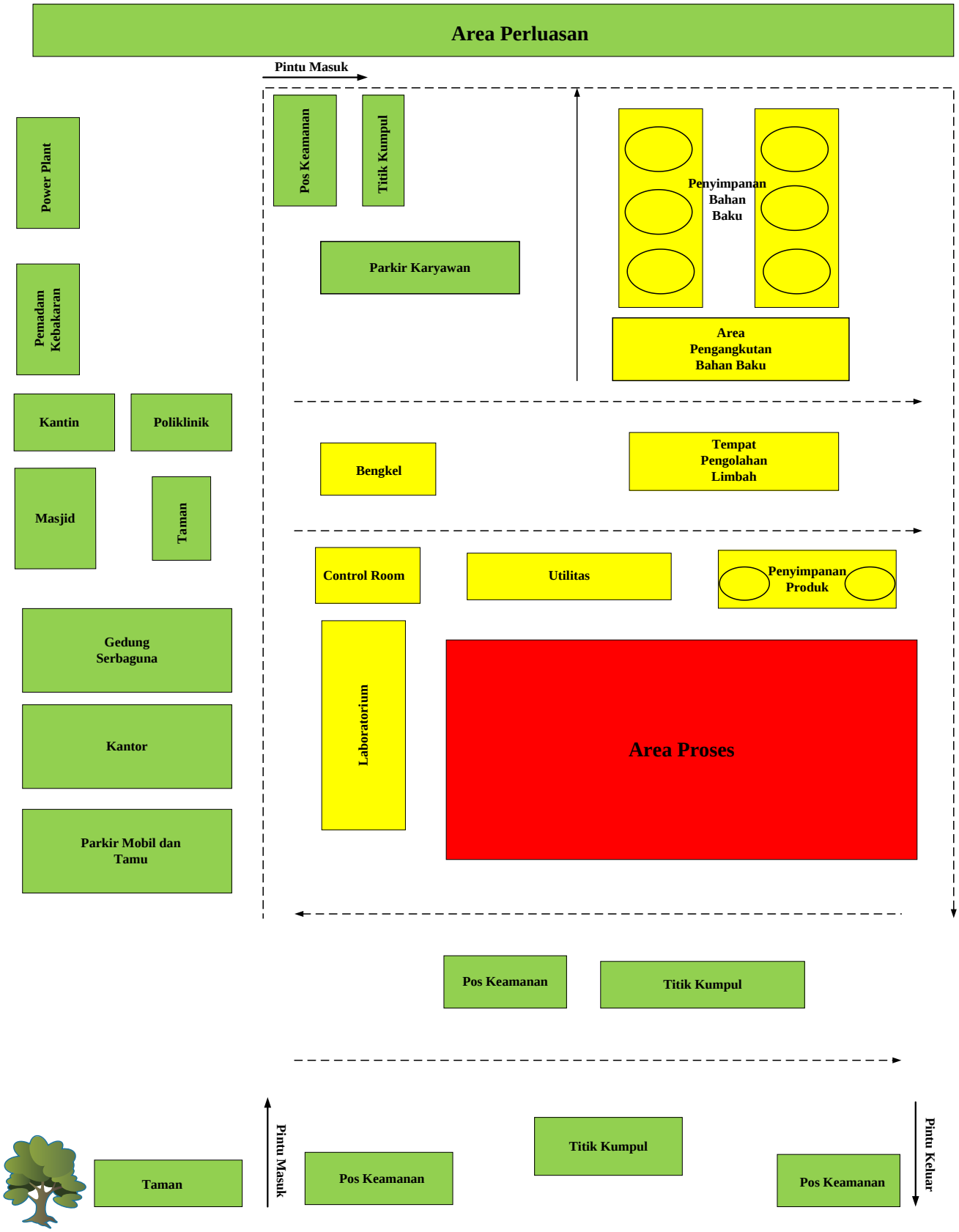
Merupakan area untuk pembuangan dan pengolahan limbah dari dari aktivitas pabrik. Lokasi area ini harus dipilih jauh dari bangunan yang digunakan untuk kantin, poliklinik, masjid, dan area administrasi.

Perincian luas tanah pada bangunan pabrik ditunjukkan pada Tabel 2.28 dibawah ini.

Tabel 2. 28 Perincian luas tanah sebagai Bangunan Pabrik

| **Bangunan** | **Luas ($m^2$)** |
|---|---|
| Pos Keamanan | 70 |
| Masjid | 500 |
| Laboratorium | 700 |
| Kantor | 1.500 |
| Bengkel | 400 |
| Gudang Penyimpanan | 2.000 |
| Pengolahan Limbah | 1.400 |
| Kantin | 400 |
| Gedung Serbaguna | 900 |
| *Power Plant* | 580 |
| Utilitas | 1.000 |
| Jalan | 3.500 |
| Area Produksi | 4.000 |
| Taman dan lahan parkir | 2.000 |
| Pemadam Kebakaran | 400 |
| *Control Room* | 500 |
| Poliklinik | 400 |
| **Total** | **20.250** |

Adapun *layout* pabrik dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut.




Gambar 2. 4 Layout Pabrik

### 2.7.2 *Layout* Proses

*Layout* proses adalah pengaturan penempatan fasilitas berdasarkan fungsi kerja masing-masing alat produksi (Suprapti, 2009). Dalam merancang layout proses untuk Pabrik Amonium Klorida, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, di antaranya:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

   Pengaturan aliran bahan baku yang efisien sangat diperlukan untuk memastikan kelancaran dan keamanan produksi. Ketinggian pipa juga harus diperhatikan, di mana pipa yang dipasang di atas tanah sebaiknya memiliki ketinggian minimal 3 meter, sementara pemipaan yang berada di permukaan tanah harus ditempatkan dengan hati-hati agar tidak menghalangi pergerakan pekerja.

2. Pencahayaan

   Penerangan di area pabrik harus cukup, dengan penerangan tambahan di tempat-tempat yang memiliki proses berbahaya dan berisiko tinggi.

3. Aliran Udara

   Sistem aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan untuk memastikan kelancaran aliran udara. Tujuannya adalah untuk mencegah stagnasi udara yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya, yang berisiko membahayakan keselamatan pekerja.

4. Jarak Antar Proses

   Jarak antara alat proses harus ditentukan dengan memperhatikan temperatur dan tekanan yang terjadi pada setiap alat. Alat yang beroperasi pada temperatur dan tekanan tinggi perlu dipisahkan dari alat lain untuk meminimalkan risiko bahaya, seperti ledakan atau kebakaran, yang dapat merusak alat proses lainnya.

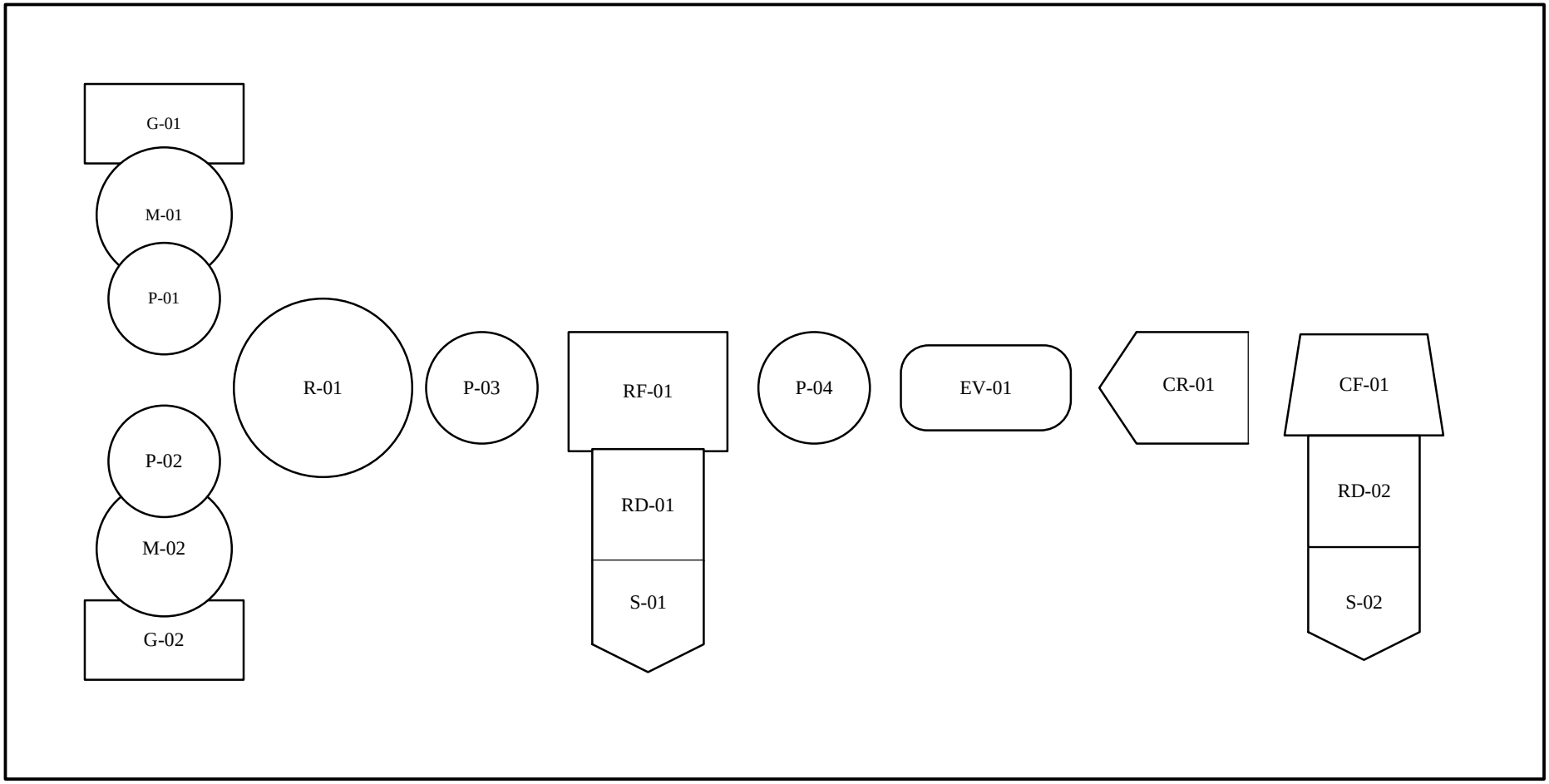
5. Pertimbangan Ekonomi

   Penempatan alat-alat proses harus dapat menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, yang pada gilirannya akan mendatangkan keuntungan dari segi ekonomi.

6. Lalu Lintas Manusia

   Dalam perancangan *layout* proses pabrik, harus diperhatikan kemudahan akses pekerja ke seluruh alat proses. Hal ini penting agar apabila terjadi kerusakan alat proses, perbaikan dapat dilakukan dengan cepat, sekaligus menjaga keamanan pekerja selama bekerja.

*Layout* peralatan proses pada perancangan pabrik Amonium Klorida dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut.




Gambar 2. 5 Layout Peralatan Proses

Keterangan:

G = Gudang

P = Pompa

M = Tangki Pelarutan

R = Reaktor

RF = *Rotary Filter*

RD = *Rotary Dryer*

S = Silo

EV = Evaporator

CR = *Kristalizer*

CF = *Centrifuge*