

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Sodium Clorida

Rumus molekul	:	NaCl
Bentuk	:	Kristal kubik padat (30°C, 1 atm)
Berat molekul	:	58,45 g/mol
Kemurnian	:	90%
Titik beku	:	800,4°C
Titik didih	:	1413°C
Viskositas	:	12,17 Cp
Densitas	:	2,163 gr/ml
Komposisi Bahan	:	NaCl 90%

(Perry & Green, 1997)

B. Asam Nitrat

Rumus molekul	:	HNO ₃
Bentuk	:	Cair
Berat molekul	:	63 g/mol
Kemurnian	:	68% (PT Multi Nitrotama Kimia)
Titik lebur	:	-42°C
Titik didih	:	86 °C
Viskositas	:	1,25 Cp
Densitas	:	1,5 gr/cm ³ pada 20°C
Komposisi Bahan	:	1,37 gr/cm ³ pada 20°C

(Perry & Green, 1997)

2.1.2 Spesifikasi Produk

A. Sodium Nitrat

Wujud	:	Padat
Warna	:	Putih
Densitas	:	2,26 gr/cm ³
Bau	:	Tidak berbau
Titik lebur	:	308°C

Titik didih	: 380°C
Kemurnian	: Min. 98-99% wt
Ukuran	: 100 mesh

(Perry & Green, 1997)

2.2 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk

2.2.1 Bahan Baku

A. Sodium Clorida

Sifat Fisik

Rumus molekul	: NaCl
Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 63 g/mol
Titik lebur	: -318,4°C
Titik didih	: 1390°C
Densitas	: 1,507 gr/cm ³ pada 20°C
<i>Specific gravity</i>	: 2,130 gr/cm ³ pada 20°C

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- NaCl dapat bereaksi dengan asam dan akan membentuk garam dan air
- NaCl mudah bereaksi dengan asam, alkali, reduktor, dan oksidator
- NaCl bersifat higroskopis sehingga jika dibiarkan dalam udara terbuka maka akan berubah menjadi lelehan dalam waktu singkat

B. Asam Nitrat

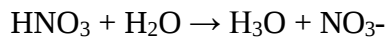
Sifat Fisik

Rumus molekul	: HNO ₃
Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 63,02 g/mol
Titik lebur	: -42°C
Titik didih	: 86°C
Densitas	: 1,367 gr/cm ³ pada 20°C
<i>Specific gravity</i>	: 1,502 gr/cm ³ pada 20°C

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

Asam nitrat dalam dalam larutan adalah asam kuat, ini dikarenakan besarnya muatan positif pada atom N sehingga electron gugus OH tertarik kuat, sehingga atom H menjadi mudah lepas.



- Asam nitrat adalah oksidator kuat. Hasil produksi Asam Nitrat bervariasi, sesuai dengan konsentrasi asam dan kekuatan zat pereduksi yang bereaksi dengan Asam Nitrat

2.2.2 Produk

A. Produk Utama

Sodium Nitrat

Sifat Fisik

Rumus molekul	: NaNO_3
Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 85,01 g/mol
Titik lebur	: 308°C
Titik didih	: 380°C
Densitas	: 2,257 gr/cm ³ pada 20°C
<i>Specific gravity</i>	: 2,257 gr/cm ³ pada 20°C

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- Sodium Nitrat bereaksi sangat eksplosif bila berada pada kondisi terbakar dengan udara dan bila ada panas yang cukup
- $\text{NaNO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2 + 2 \text{NO}_3$

B. Produk Samping

1. Chlorine (Cl_2)

Sifat Fisik

Rumus molekul	: Cl_2
Bentuk	: Gas
Berat molekul	: 70,91 g/mol
Titik Beku	: $-101,60^\circ\text{C}$
Titik didih	: $-34,60^\circ\text{C}$
Densitas	: 1,56 gr/cm ³ pada 20°C
<i>Specific gravity</i>	: 1,00 gr/cm ³ pada 20°C

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- Dapat larut dalam air alkali (NaOH dan KOH)

2. Nitrosyl Chloride/ nitrogen oxychloride (NOCl)

Sifat Fisik

Rumus molekul	: NOCl
Bentuk	: Gas
Berat molekul	: 64,47 g/mol
Titik Beku	: -64,5 C pada 1 atm
Titik didih	: -5,5 C pada 1 atm
Densitas	: 1,417 g/ml
Warna	: Merah kekuningan

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- Dapat larut dalam asam sulfat (H₂SO₄)

3. Air

Sifat Fisik

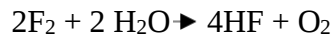
Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,016 g/mol
Titik lebur	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Densitas	: 1,00 gr/cm ³ at 20 °C
Specific gravity	: 1,00 at (15 °C – 20 °C)

(Perry & Green, 1997)

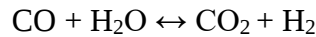
Sifat Kimia

- Tidak beracun
- Air direaksikan dengan karbon membentuk karbon monoksida dan hydrogen, reaksinya adalah:
$$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$$
- Air direaksikan dengan natrium hidrida membentuk natrium hidroksida dan hydrogen, reaksinya adalah:
$$\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$$

- Air direaksikan dengan flour membentuk asam flourida dan oksigen, reaksinya adalah:



- Air direaksikan dengan karbon monoksida pada suhu tinggi (200-400°C) dengan adanya katalis untuk menghasilkan karbondioksida dan oksigen, reaksinya adalah:

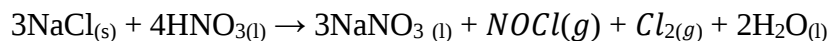


2.3 Konsep Proses

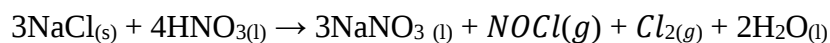
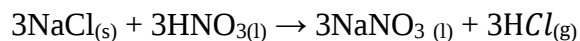
Proses pembentukan Sodium Nitrat dengan bahan baku Sodium Clorida (30%) yang direaksikan dengan Asam Nitrat (60%) dalam reaktor CSTR atau Reaktor Alir Tangki Berpengaduk pada fase cair-cair tanpa menggunakan katalis.

2.3.1 Dasar Reaksi

Pembentukan Sodium Nitrat dengan bahan baku NaCl dan HNO₃ menggunakan dasar reaksi netralisasi asam-basa seperti dibawah ini :



2.3.2 Mekanisme Reaksi



Sodium Klorida bereaksi dengan Asam Nitrat Membentuk Natrium Nitrat dan Asam Klorida terlebih dahulu. Selanjutnya HCl akan bereaksi dengan sisa HNO₃ yang belum bereaksi dengan NaCl sehingga membentuk air dan gas NOCl serta gas Cl₂. Reaksi NaCl dan HNO₃ menjadi NaNO₃ berlangsung di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada temperature 60° C dan tekanan 1 atm (Kobe, 1957).

Reaksi berjalan pada suhu 60° C dengan tekanan 1 atm. Pemilihan kondisi operasi tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi optimum untuk pembentukan Sodium Nitrat dari Sodium Klorida dan Asam Nitrat (Kobe,1957). Selain itu juga karena pertimbangan untuk menjaga supaya Asam Nitrat tetap bereaksi dengan Sodium Klorida membentuk Sodium Nitrat karena Asam Nitrat kurang stabil jika pada suhu tinggi dan akan terdekomposisi menjadi gas NO₂, H₂O dan O₂ (Othmer,1997, vol 22). Pada rancangan pabrik Sodium Nitrat ini rasio mol reaktan antara Asam Nitrat dengan Natrium Klorida yang digunakan adalah 1,3:1, sehingga akan diperoleh konversi sebesar 99% terhadap NaCl (U.S.Patent 2215450, 1940).

2.3.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan agar mengetahui reaksi akan memerlukan panas atau melepaskan panas. Reaksi secara eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$ dari reaktan dan produk. Secara termodinamika reaksi pembentukan Sodium Nitrat dapat dilihat dari entalpi dan konstanta kesetimbangan.

Tabel 2.1 Harga ΔH_f° (Patnaik, 2001)

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol
NaCl	-411,16
HNO ₃	-174,10
NaNO ₃	-467,683
NOCl	51,75
Cl ₂	0
H ₂ O	-285,85

Pada proses pembentukan sodium nitrat (NaNO₃) terjadi reaksi sebagai berikut:



Panas reaksi standar (ΔH_r°) $\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$

$$\Delta H_r^\circ = (3.\Delta H_f^\circ \text{ NaNO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{ NOCl} + \Delta H_f^\circ \text{ Cl}_2 + 2.\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (3.\Delta H_f^\circ \text{ NaCl} + 4.\Delta H_f^\circ \text{ HNO}_3)$$

$$\Delta H_r^\circ = (3.(-467,683) + 51,75 + 0 + 2.(-285,85)) - (3.(-411,16) + 4.(-174,10))$$

$$\Delta H_r^\circ = + 6,881 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH_r° bernilai positif (+) maka reaksi bersifat endotermis.

Reaksi dijalankan pada kondisi isothermal sehingga suhu dalam reactor harus dijaga konstan pada 60°C maka digunakan reactor jenis RATB(Reaktor Alir Tangki Berpengaduk) karena ada pengadukan. Selain itu, fase reaktan adalah cair sehingga memungkinkan penggunaan reactor jenis ini. Untuk menjaga reaksi berjalan ada keadaan isothermal, yaitu pada suhu 60°C tersebut maka diasukkan steam pada jaket reactor sebagai penyuplai panas. Untuk mengetahui reaksi bersifat bolak-balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*) dapat ditentukan secara termodinamika, dengan menggunakan persamaan Van't Hoff.

$$\frac{d\left(\frac{\Delta G}{RT}\right)}{dT} = \frac{-\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (2.1)$$

dengan,

$$\Delta G^\circ = RT \ln K \quad (2.2)$$

sehingga,

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (2.3)$$

(Yaws,1999)

Jika H adalah perubahan entalpi standar (panas reaksi) dan diasumsikan konstan terhadap suhu, maka persamaan (2.3) dapat diintegralkan menjadi :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = - \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2.4)$$

Tabel 2.2 Harga ΔG° (Patnaik, 2001)

Komponen	ΔG° (kJ/mol)
NaCl	-393
HNO ₃	-80,71
NaNO ₃	-367,06
NOCl	66,08
Cl ₂	0
H ₂ O	-237
ΔH_r°	6,881

$$\Delta G^\circ \text{f reaksi} = \Delta G^\circ \text{f produk} - \Delta G^\circ \text{f reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ \text{f reaksi} &= (\Delta G^\circ \text{f NaNO}_3(aq) + \Delta G^\circ \text{f H}_2\text{O}(l) + \Delta G^\circ \text{f NOCl}(g) + \Delta G^\circ \text{f Cl}_2(g)) - \\ &\quad (\Delta G^\circ \text{f HNO}_3(aq) + \Delta G^\circ \text{f NaCl}(aq)) \\ &= [(-87,73) + (-56,69) + 66,08 + 0] - [(-19,31) + (-90,7)] \\ &= -7,126 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

K standar menggunakan suhu 298,15 K

$$\ln K_{298,15} = \frac{-\Delta G^\circ}{RT}$$

$$\ln K_{298,15} = \frac{-(-7,126) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$\ln K_{298,15} = 2,875$$

$$K_{298,15} = 17,721$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = - \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = - \frac{(6,881)}{8,314} \left(\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = (-827,640) \times (-0,000352)$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = 0,292$$

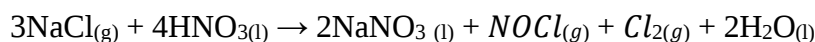
$$\ln K_{333,15} - \ln K_{298,15} = 0,292$$

$$K_{333,15} = 23,72$$

Berdasarkan perhitungan, harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) didapatkan sebesar 23,72 dimana nilai yang didapat $\gg 1$. Sehingga dapat ditetapkan bahwa reaksi pembentukan Sodium Nitrat dianggap searah (*irreversible*), reaksi akan mendekati produk dan jumlah produk akan bertambah. Nilai 1 menunjukkan perbandingan suatu reaksi antara produk dan reaktan. Konstanta kesetimbangan reaksi yang memiliki nilai lebih dari 1 diartikan sebagai reaksi yang berjalan kekanan dan reaksi mendekati produk sehingga produk akan terbentuk. Jika nilai konstanta kesetimbangan reaksi kurang dari 1, kesetimbangan akan bergerak ke kiri sehingga reaktan akan bertambah dan menyebabkan tidak terbentuknya produk.

2.3.4 Tinjauan Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi berpengaruh terhadap kondisi operasi seperti tekanan, suhu, dan desain alat yang digunakan. Hal yang dipertimbangkan yaitu nilai konstanta reaksi (k), dan kecepatan reaksi (-ra) yaitu kecepatan dari zat untuk bereaksi untuk menjadi produk. Proses reaksi pembentukan Sodium Nitrat dari Asam Nitrat dan Natrium Klorida dengan reaksi:



Reaksi pembentukan Sodium Nitrat dari Natrium Klorida merupakan orde 2 dan bersifat *irreversible*. Konstanta kecepatan reaksi pembentukan Sodium Nitrat pada suhu 60°C yaitu sebesar $k = 6,338 \times 10^3 \text{ L/kmol.jam}$ (Piotrowski, 2003).

Kecepatan reaksi dapat dicari menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned} (-ra) &= k \cdot C_A \cdot C_B \\ &= k [C_{A0}(1 - X_A) \cdot (C_{B0} - (C_{A0} \cdot X_A))] \end{aligned}$$

Keterangan :

(-ra) = kecepatan reaksi zat A (NaNO_3)

K = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.jam

C_A = konsentrasi NaCl pada waktu t , mol/L
 C_B = konsentrasi HNO_3 pada waktu t , mol/L
 C_{A0} = konsentrasi NaCl mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L
 C_{B0} = konsentrasi HNO_3 mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

(Levenspiel, 1999).

2.4 Diagram Alir dan Langkah Proses

2.4.1 Diagram Alir Proses

Diagram alir proses pembuatan Sodium Nitrat dari bahan baku berupa Sodium Klorida dan Asam Nitrat dengan menggunakan proses sintesis disajikan seperti pada lampiran

2.4.2 Langkah-langkah Proses

Secara umum, proses pembuatan Sodium Nitrat dari Sodium Klorida dan Asam Nitrat terdiri dari enam tahapan proses, yaitu persiapan bahan baku, pembentukan produk, pemurnian dan pemisahan produk, pengeringan produk, penghalusan produk, dan pengemasan produk. Tahapan ini akan dijelaskan dalam proses berikut :

1. Tahap penyimpanan bahan baku

Bahan baku Asam Nitrat disimpan pada fase cair dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan (T-01). Sedangkan Sodium Klorida disimpan pada fase padat dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam silo penyimpanan bahan baku (T-02). Bahan baku Asam Nitrat diperoleh di pasaran dengan kemurnian 68% berat, sedangkan Sodium Klorida (NaCl) diperoleh dengan kemurnian 95% berat..

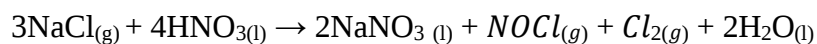
2. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini bertujuan untuk menyiapkan bahan baku Asam Nitrat dan Sodium Klorida. Sodium Klorida dari T-02 diangkut menggunakan belt conveyor (BC-01) menuju mixer (M-02) untuk dilarutkan dengan air. Kemudian dialirkan menuju heat exchanger (E-02) yang bertujuan untuk menaikkan suhu menjadi 60°C dengan pemanas steam kemudian diumpankan menuju reaktor (R-01).

Asam Nitrat dari T-01 dipompa menuju mixer (M-01) untuk dilarutkan dengan air untuk memperoleh kelautan 60% kemudian di pompakan ke heat exchanger (HE-01) untuk dinaikkan suhunya dari 30°C menjadi 60°C kemudian diumpankan menuju reaktor untuk direaksikan dengan larutan NaCl dari M-02.

3. Tahap Pembentukan Produk

Reaksi yang terjadi dalam reaktor :



Larutan NaCl dari M-118 dialirkan ke R-110. Perbandingan mol umpan larutan HNO₃ terhadap NaCl yang digunakan adalah 3:4 dengan konversi Total sebesar 95% terhadap NaCl Reactor yang digunakan adalah jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) buah yang bekerja secara seri dengan konversi 95% pada R-110.

Reaktor beroperasi secara isothermal pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah endothermis, maka untuk mempertahankan suhu dalam reactor diperlukan pemanas. Pada perancangan pabrik ini, pemanas yang digunakan adalah jaket dengan media pemanas steam yang mempunyai suhu masuk 122°C. Produk yang keluar dari reactor terdiri dari larutan NaNO₃, H₂O, sisa NaCl dan sisa HNO₃, serta gas NOCl dan gas Cl₂.

4. Tahap Pemurnian dan Pemisahan Produk

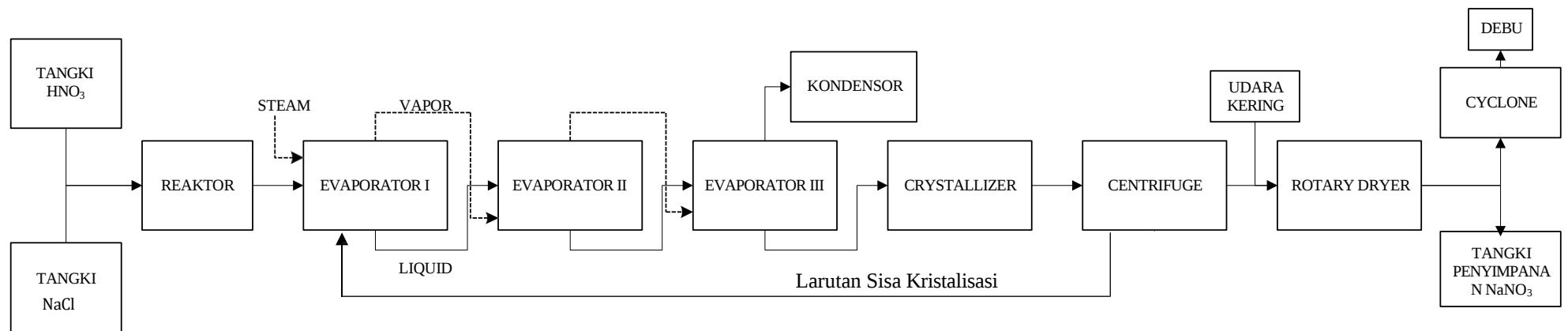
Pada tahap ini Sodium Nitrat hasil dari reaktor (R-01) kemudian dipompa masuk ke dalam evaporator tipe triple effect evaporator untuk menguapkan kandungan air dan sisa asam nitrat dengan cara dipanaskan menggunakan steam sehingga didapatkan produk sodium nitrat pekat. Umpan berupa larutan sodium nitrat dialirkan menuju evaporator (EV-01) dengan suhu 60°C. Kemudian output dari evaporator pertama berupa larutan sodium nitrat dialirkan menuju evaporator kedua (EV-02) dengan suhu 111°C. Selanjutnya output dari evaporator kedua dialirkan menuju evaporator ketiga (EV-03) dengan suhu 93°C. Pada evaporator terjadi penguapan air sebagai produk atas yang kemudian dialirkan menuju evaporator berikutnya untuk diolah lebih lanjut. Produk atas evaporator (EV-03) berupa uap air yang akan dikondensasi di dalam kondensor (Cd-01). Sedangkan produk bawah berupa sodium nitrat pekat keluaran evaporator (EV-03) dengan suhu 63°C kemudian dipompakan (P-04) menuju crystallizer (CR-01) yang beroperasi pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm untuk dikristalkan. Jenis crystallizer yang digunakan adalah cooling crystallizer dimana suhu laurtan umpan diturunkan sampai suhu 40-45°C secara tiba-tiba menggunakan air pendingin sehingga nukleus-nukleus kristal terbentuk. Pada crystallizer terbentuk kristal sodium nitrat dan mother liquornya yang keluar dari crystallizer pada suhu 40° C. Campuran kristal sodium nitrat dan mother liquor tersebut kemudian dipisahkan dengan centrifuge (CF-01). Mother liquor yang terpisah akan di recycle dinaikkan suhunya di Heat Exchanger terlebih dahulu sebelum dialirkan ke evaporator. Sedangkan hasil berupa kristal sodium nitrat dibawa menuju rotary dryer menggunakan screw conveyor (SC-01) untuk dikurangi kandungan airnya sampai 1% berat. Gas hasil reaksi yang berupa campuran NOCl dan Cl₂, dialirkan menuju Unit pengolahan Limbah.

5. Tahap Pengeringan Produk

Tahap pengeringan produk ini bertujuan untuk mengeringkan kristal basah sodium nitrat 95% menjadi kristal kering dengan kemurnian 99% sodium nitrat dengan menggunakan udara panas pada suhu 95°C. Kristal basah dengan kemurnian 90% sodium nitrat dimasukkan ke rotary dryer (RD-01). Pada rotary dryer (RD-01), kristal dikeringkan dengan menggunakan udara panas yang masuk pada suhu 95°C yang berasal dari udara sekeliling yang telah disaring kotorannya dalam filter udara yang kemudian dialirkan dengan blower (BL-01) dan dipanaskan dalam heat exchanger (HE-04). Pada pengeringan ini terjadi penguapan air sehingga kristal sodium nitrat yang keluar dari rotary dryer (RD-01) menjadi kering dengan kemurnian 98% sodium nitrat. Udara yang keluar rotary dryer membawa uap air hasil penguapan dan produk kristal yang terikut aliran. Untuk itu produk dipisahkan dari udara pada cyclone (CC-01).

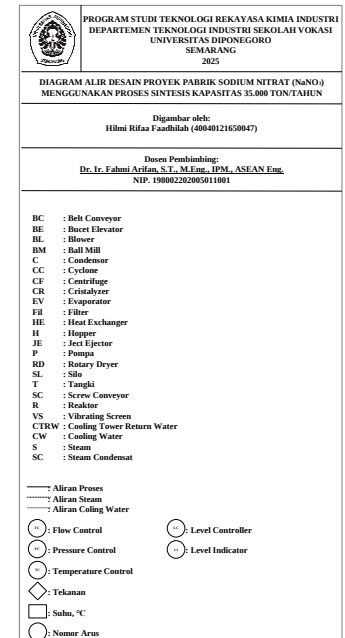
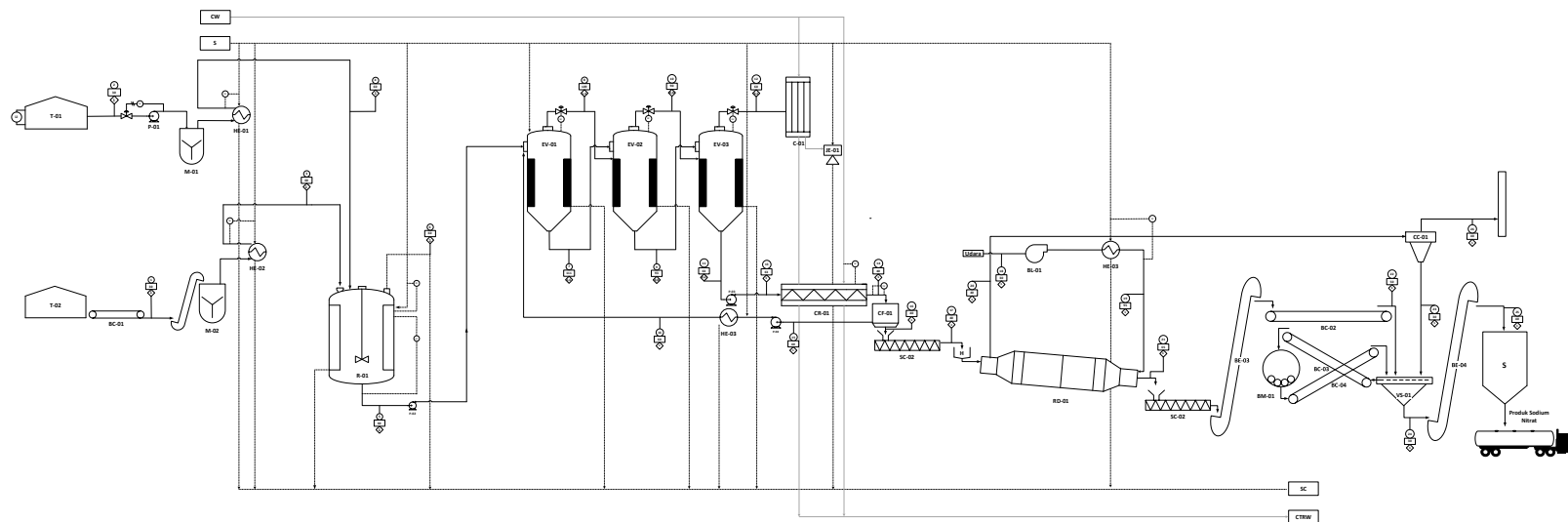
6. Tahap Pengemasan Produk

Sodium nitrat yang lolos screening berukuran ≤ 100 mesh akan disimpan pada silo (SL-01). Kemudian sodium nitrat dari silo (SL-01) akan dikemas menggunakan packer machine. Sodium nitrat yang telah dikemas selanjutnya disimpan di gudang penyimpanan untuk kemudian dipasarkan.



Gambar 2.1 Blok Diagram Alir Proses

**DIAGRAM ALIR DESAIN PROYEK PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO₃)
MENGUNAKAN PROSES SINTESIS KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**



Komponen	Arus (Kg/jam)																									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26
NaCl	4.140,565		4.140,565		207,028		207,028		207,028		207,028		207,028	207,028	204,958	2,070	2,070			0,021	2,050	2,050		2,050	2,050	0,0012
HNO ₃		6.035,810		6.035,810	380,958		380,958		380,958		380,958		380,958	380,958	377,149	3,810	3,810			0,038	3,771	3,771		3,771	3,771	0,0004
H ₂ O	11.501,568	4.021,873	11.501,568	4.021,873	16.333,598		12.233,516		8.133,434		4.033,352		4.033,352	4.033,352	3.800,433	232,919	232,919				46,584	46,584		46,584	46,584	
NaNO ₃					5.720,590		5.720,590		5.720,590		5.720,590		5.720,590	5.720,590	1.301,014	4.419,576	4.419,576			44,195	4.375,380	4.375,380	43,812	4.419,192	4.419,192	0,4409
NOCl						1.468,682																				
Cl ₂						1.590,960																				
Uap Kering																		4.216,950	4.216,950	4.216,950						4.216,950
Uap Air								4.100,082		4.267,709		4.445,425						274,102	274,102	460,437						460,437
Total	15.642,133	10.059,683	15.642,133	10.059,683	22.642,174	3.059,642	18.542,092	4.100,082	14.442,010	4.267,709	10.341,928	4.445,425	10.341,928	10.341,928	5.683,554	4.658,374	4.658,374	4.491,052	4.491,052	4.721,641	4.427,785	4.427,785	43,812	4.471,597	4.471,597	4.677,829

Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Pembuatan Sodium Nitrat

2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.5.1 Neraca Massa

Tabel 2.3 Neraca Massa Tangki Penyimpanan HNO₃

No.	Komponen		Input	Output
1.	Aliran 1	HNO ₃	6.035,810	
2.		H ₂ O	2.840	
3.	Aliran 2	HNO ₃		
4.		H ₂ O	1183,492	
5.	Aliran 3	HNO ₃		6.035,810
6.		H ₂ O		4.023,873
Total			10.059,683	10.059,683

Tabel 2.4 Neraca Massa Tangki Penyimpanan NaCl

NO	Komponen		Input	Output
1.	Aliran 4	NaCl	4.140,565	
2.		H ₂ O		
3.	Aliran 5	NaCl	11.501,568	
4.		H ₂ O		
5.	Aliran 6	NaCl		4.140,565
6.		H ₂ O		11.501,568
Total			15.642,133	15.642,133

Tabel 2.5 Neraca Massa Reaktor

NO	Komponen		Input	Output
1.	Aliran 3	HNO ₃	6.035,810	
2.		H ₂ O	4.023,873	
3.	Aliran 6	NaCl	4.140,565	
4.		H ₂ O	11.501,568	
5.	Aliran 7	NOCl		1.468,682
6.		Cl ₂		1.590,960
7.	Aliran 8	HNO ₃		380,958
8.		NaCl		207,028
9.		H ₂ O		16.333,598
10.		NaNO ₃		5.720,590
Total			25.701,865	25.701,865

Tabel 2.6 Neraca Massa Evaporator

NO	Komponen		Input	Output
1.	aliran 8	HNO ₃	380,958	
2.		NaCl	207,028	
3.		H ₂ O	16.333,598	

4.		NaNO ₃	5.720,590	
5.	aliran 9	NaCl		207,028
6.		NaNO ₃		5.720,590
7.		H ₂ O		4.033,352
8.		HNO ₃		380,958
9.	aliran 10	H ₂ O		12.300,246
Total			22.642,174	22.642,174

Tabel 2.7 Neraca Massa *Crystallizer*

NO	Komponen		Input	Output
1.	aliran 9	NaCl	207,028	
2.		NaNO ₃	5.720,590	
3.		H ₂ O	4.033,352	
4.		HNO ₃	380,958	
5.	aliran 11	NaCl		207,028
		NaNO ₃		
6.		(s)		4.497,288
7.		H ₂ O (s)		2.857,101
		NaNO ₃		
8.		(l)		1.223,301
9.		H ₂ O(l)		1.176,251
10.		HNO ₃		380,958
Total			10.341,928	10.341,928

Tabel 2.8 Neraca Massa *Centrifuge*

No.	Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
1.	aliran 11	NaCl	207,028	
2.		NaNO ₃ (s)	4.497,288	
3.		H ₂ O (s)	2.857,101	
4.		NaNO ₃ (l)	1.223,301	
5.		H ₂ O (l)	1.176,251	
6.		HNO ₃	380,958	
7.	aliran 12	NaCl (s)		2,070
8.		NaNO ₃ (s)		4.419,576
9.		H ₂ O (s)		232,919
10.		HNO ₃		3,810
11.	aliraan 13	NaCl (l)		204,958
12.		NaNO ₃ (l)		1.301,014
13.		H ₂ O (l)		3.800,433
14.		HNO ₃		377,149

Total	10.341,928	10.341,928
-------	------------	------------

Tabel 2. 9 Neraca Massa *Rotary Dryer*

No.	Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
1.	aliran 12	NaCl _(s)	2,070	
2.		NaNO ₃ _(s)	4.419,576	
3.		H ₂ O _(s)	232,919	
4.		HNO ₃	3,810	
5.	aliran 14	NaCl _(s)		2,050
6.		NaNO ₃ _(s)		4.375,380
7.		H ₂ O _(s)		46,584
8.		HNO ₃		3,771
9.	Udara Masuk (15)	Uap Kering	4.216,950	
10.		Uap Air	274,102	
11.	Udara Keluar (16)	NaNO ₃ _(l)		0,122
12.		Kristal NaNO ₃		44,073
13.		NaCl		0,021
14.		HNO ₃		0,038
15.		Uap Kering		4.216,950
16.		Uap Air		460,437
Total			9.149,426	9.149,426

Tabel 2.10 Neraca Massa Cyclone

No.	Komponen		Input (Kg)	Output (Kg)
1.	Udara Masuk	NaNO ₃ _(l)	0,122	
2.		Kristal NaNO ₃	44,073	
3.		NaCl	0,021	
4.		Uap Kering	4.216,950	
5.		Uap Air	460,437	
6.		HNO ₃	0,038	
7.	Udara Chimney	Uap Kering		4.216,950
8.		Uap Air		460,437
9.		Impuritas		0,443
10.	Massa Cyclone	ke Kristal NaNO ₃		43,812
Total			4.721,641	4.721,641

Tabel 2.11 Neraca Massa Tangki Penyimpanan

No.	Komponen	Input (Kg)	Output (Kg)
-----	----------	------------	-------------

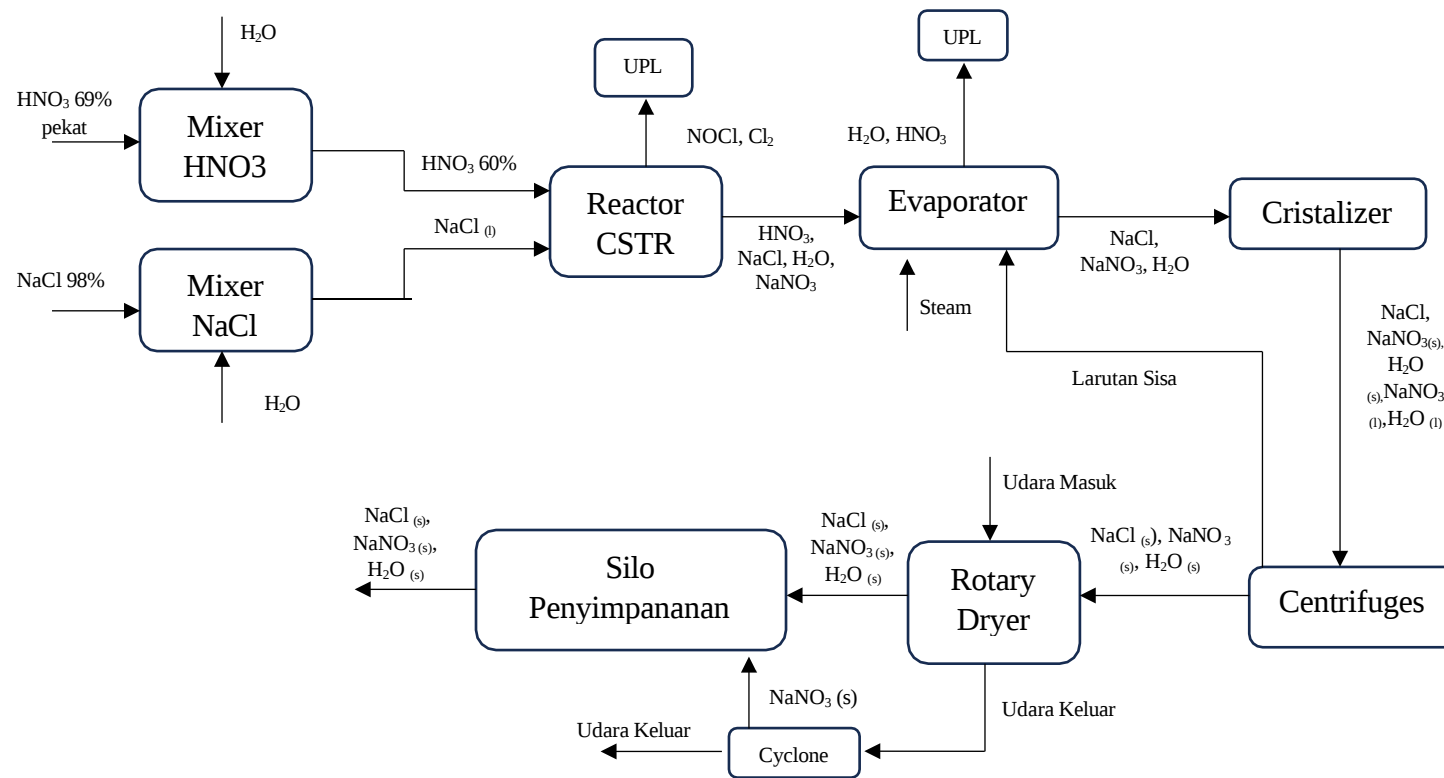
1.	aliran 14 & 15	NaCl (s)	2,050	2,050
2.		NaNO ₃ (s)	4.419,192	4.419,192
3.		H ₂ O (s)	46,584	46,584
4.		HNO ₃	3,771	3,771
Total			4.471,597	4.471,597

Tabel 2.12 Neraca Massa Overall

Komponen	Input (Kg)	Output (Kg)
1. Mixer HNO₃		
HNO ₃	6.035,810	
H ₂ O	4.023,873	
2. Mixer NaCl		
NaCl	4.140,565	
H ₂ O	11.501,568	
3. Reactor CSTR		
NOCl		1.468,682
Cl ₂		1.590,960
4. Evaporator		
H ₂ O		12.300,246
5. Centrifuge		
NaCl (l)		204,958
NaNO ₃ (l)		1.301,014
H ₂ O (l)		3.800,433
HNO ₃		377,149
6. Rotary Dryer		
Uap Kering	4.216,950	
Uap Air	274,102	
7. Cyclone		
Debu Out		4.677,829
8. Tangki Penyimpanan		
Produk		4.471,597
Total	30.192,867	30.192,867

Efisiensi = 93%

ALUR NERACA MASSA PRA PRANCANGAN PABRIK SODIUM NITRAT



Gambar 2.1 Diagram Neraca Massa Overall

2.5.2 Neraca Panas

Tabel 2.13 Neraca Panas *Heater* HNO₃

Komponen	Panas (Kkal)	
	Masuk	Keluar
H	33.367,967	233.575,770
Qs	210.745,056	10.537,253
Total	244.113,023	244.113,023

Tabel 2.14 Neraca Panas *Heater* NaCl

Komponen	Panas (Kkal)	
	Masuk	Keluar
H	61.859,575	433.017,026
Qs	390.692,053	19.534,603
Total	452.551,628	452.551,628

Tabel 2.15 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Panas (Kkal)	
	Masuk	Keluar
H bahan	666.592,796	637.847,054
H reaksi	691.557,337	720.303,079
Total	1.358.150,134	1.358.150,134

Tabel 2.16 Neraca Panas Evaporator

Komponen	input (Kkal)	output (Kkal)
EV 1		
NaCl	1.538,340	3.729,277
HNO ₃	5.707,299	13.835,759
NaNO ₃	53.072,695	128.659,986
H ₂ O	587.898,669	1.067.441,946
Steam	3.210.616,946	
Uap H ₂ O		2.645.166,982
Total	3.858.833,950	3.858.833,950
EV 2		
NaCl	3.729,277	2.974,179
HNO ₃	13.835,759	11.034,318
NaNO ₃	128.659,986	102.609,132
H ₂ O	1.067.441,946	565.990,880
Uap H ₂ O	2.198.223,763	2.729.282,221
Total	3.411.890,730	3.411.890,730

EV 3		
NaCl	2.974,179	1.683,840
HNO ₃	11.034,318	6.247,109
NaNO ₃	102.609,132	58.092,438
H ₂ O	565.990,880	158.904,138
Uap H ₂ O	2.342.893,965	2.800.574,949
Total	3.025.502,474	3.025.502,474

Tabel 2.17 Neraca Panas *Crystallizer*

Komponen	Input (Kkal)	Output (Kkal)
NaCl	1.602,301	641,862
NaNO ₃	3.681,287	22.144,218
H ₂ O	214.463,401	60.572,562
HNO ₃	62.937,716	2.508,611
Q Kristalisasi	92.631,329	
Q Serap		289.448,780
Total	375.316,034	375.316,034

Tabel 2.18 Neraca Panas Kondensor

Komponen	Input (Kkal)	Output (Kkal)
H ₂ O Uap	2.733.936,587	494.109,027
H ₂ O Kondnesat		2.044.895,659
Q serap		194.931,901
Total	2.733.936,587	2.733.936,587

Tabel 2.19 Neraca Panas *Heater Centrifuge*

Komponen	Panas (Kkal)	
	Masuk	Keluar
H	65.249,242	152.248,230
Qs	91.577,883	4.578,894
Total	156.827,125	156.827,125

Tabel 2.20 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Input (Kkal)	Output (Kkal)
Feed	21.225,877	49.035,817
udara	397.971,619	349.201,803
Q Loss		20.959,875
Total	419.197,496	419.197,496

Tabel 2.21 Neraca Panas *Heater* Udara

Komponen	Panas (Kkal)	
	Masuk	Keluar
H	6.325,834	82.235,838
Qs	79.905,268	3.995,263
Total	86.231,102	86.231,102

Tabel 2.22 Neraca Panas *Overall*

No	Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
1.	Heater NaCl		
	H	61.859,575	
	Qs	390.692,053	
	Qloss		19.534,603
2.	Heater HNO₃		
	H	33.367,967	
	Qs	210.745,056	
	Qloss		10.537,253
3.	Reaktor CSTR		
	H reaksi	691.557,337	
	Q bahan out		6.336,793
	Qlepas		720.303,079
4.	Evaporator 1		
	Q steam	3.210.616,946	
	Q loss		446.943,219
5.	Evaporator 2		
	Q loss		386.388,256
6.	Evaporator 3		
	Q loss		291.565,887
7.	Cristalizer		
	Q Kristalisasi	92.631,329	
	Q Serap		289.448,780
8.	Kondensor		
	Q bahan out		494.109,027
	Q Kondensat		2.044.895,659
	Q Serap steam		194.931,901
9.	Rotary dryer		
	Qloss		20.959,875
10.	Heater Udara		
	Qs	79.905,268	
	Qloss	6.325,834	3.995,263
11.	Heater Centrifuge		

Qs	91.577,883	
Qloss	65.249,242	4.578,894
Total	4.934.528,490	4.934.528,490

Efisiensi = 93%

2.6 Tata Letak Pabrik dan Peralatan Proses

2.6.1 Tata Letak Pabrik

Perancangan tata letak pabrik adalah merancang fasilitas fisik yang terdiri dari peralatan, mesin, area, bangunan dan fasilitas lainnya. Fungsi dari merancang tata letak pabrik yaitu untuk memaksimalkan penataan aliran material, aliran informasi dan proses kerja untuk mencapai tujuan yang diinginkan oleh suatu perusahaan (Wignjosoebroto, 2009).

Tata letak pabrik harus dirancang dengan sedemikian rupa dimana penggunaan area pabrik harus dipikirkan dan dipersiapkan, terutama untuk penempatan alat-alat produksi. Dengan begitu keselamatan, keamanan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Layout pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik seperti tempat kerja karyawan. Tempat parkir, tempat penimbunan bahan baku maupun produk. Selain peralatan yang digunakan dalam proses produksi, bangunan fisik seperti kantor, poli klinik, kantin, pos keamanan dan lainnya seharusnya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu, dan ditinjau dari segi lalu lintas barang dan keamanan.

Dalam perancangan tata letak pabrik sodium nitrat terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu:

Layout tata letak pabrik secara umum terbagi menjadi beberapa daerah utama yaitu:

1. Daerah administrasi/perkantoran, ruang pengendali
 - a. Bagian administrasi terletak pada bagian depan pabrik sehingga kegiatan produksi tidak terganggu serta dapat dilihat dari segi keamanannya tinggi dimana letaknya yang berjauhan dari area berbahaya.
 - b. Bagian Laboratorium dan ruang pengendali proses, kualitas, dan kuantitas dari bahan baku yang akan diproses menjadi produk yang akan dijual.
2. Daerah proses

Daerah ini merupakan tempat alat-alat proses yang nanti akan digunakan untuk proses produksi yang berlangsung nanti. Letak dari aliran proses direncanakan

sedemikian rupa sehingga memudahkan pemindahan bahan baku dari tangki penyimpanan dan pengiriman produk daerah penyimpanan serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan terhadap alat-alat proses.

3. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk

Daerah ini digunakan untuk tempat area tangki penyimpanan bahan baku dan gudang produk yang terletak dilingkungan terbuka berada didalam daerah yang dapat terjangkau oleh angkutan pembawa dan produk. Area ini terletak didekat area proses agar memudahkan dalam mensuplai selama proses berlangsung.

4. Daerah pergudangan dan bengkel

Gudang digunakan untuk tempat penyimpanan bahan kimia untuk mendukung proses produksi, dan suku cadang alat proses. Bengkel digunakan untuk perbaikan alat-alat dan pembuatan alat-alat penunjang proses.

5. Daerah utilitas

Utilitas berupa air, steam, dan listrik dimana berfungsi sebagai sarana pendukung. Utilitas ditempatkan didekat area proses agar sistm pemipaan akan lebih ekonomis.

6. Daerah fasilitas umum

Fasilitas umum berguna untuk melengkapi kebutuhan para pekerja seperti tempat beribadah, kantin, parkir, poliklinik.

7. Daerah pengolahan limbah

Daerah pengolahan limbah digunakan untuk tempat mengolah dan membuang limbah dari proses. Daerah ini ditempatkan yang jauh dari daerah administrasi dan sarana fasilitas umum seperti tempat ibadah, kantin, poliklinik.

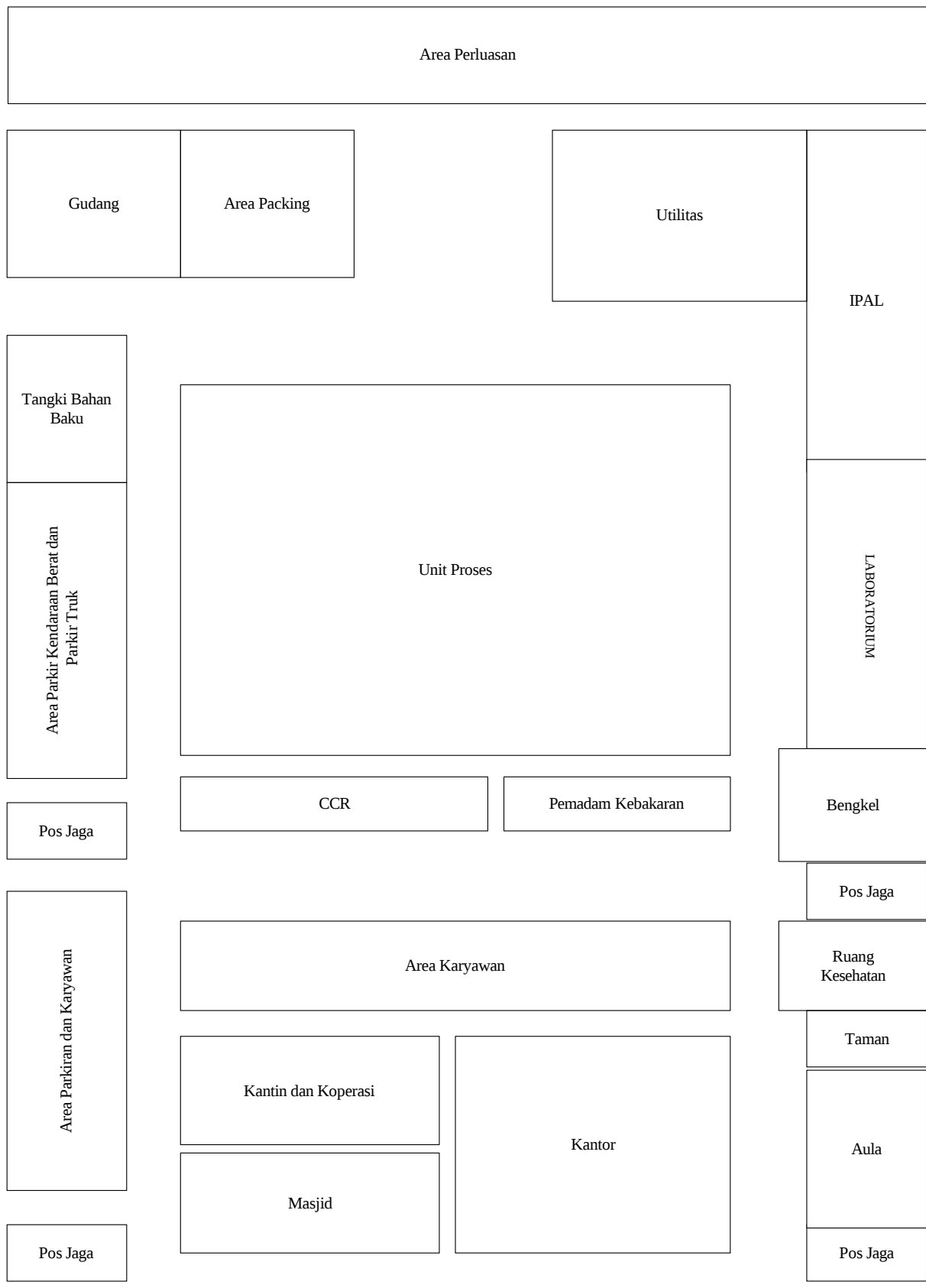
Detail dari tata letak pabrik dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.23 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Jenis Bangunan	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	30.00
2.	Kantin	150.00
3.	Koperasi Karyawan	70.00
4.	Poliklinik	70.00
5.	Aula	200.00
6.	Kantor K3	150.00
7.	Tempat Ibadah	100.00
8.	Kantor Pusat	400.00
9.	Area Parkir	300.00

10.	Laboratorium dan Pengendalian Mutu	100.00
11.	Ruang Kontrol	150.00
12.	Power Station	70.00
13.	Pemadam Kebakaran	150.00
14.	Taman/Jalan	700.00
15.	Area Proses	2000.00
16.	Utilitas	1500.00
17.	Area Pengolahan Limbah	400.00
18.	Area Perluasan	2500.00
19.	Gudang	250.00
Total		9290.00

Adapun layout dari pabrik sodium nitrat dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.4 Lay Out Pabrik Sodium Nitrat

2.6.2 Tata Letak Peralatan Proses

1. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat utama dengan alat utama lainnya yang digunakan dalam proses diberi jarak 20-30 m, dan alat pendukung diletakkan diantaranya. Apabila peralatan bersifat mudah meledak atau terbakar, diberi jarak yang lebih jauh.

2. Proses *requirement*

Letak peralatan disesuaikan dengan kebutuhan peralatan, seperti *bottom section* selalu di atas *support* untuk memberikan NPSH pompa.

3. Operasi

Peralatan proses yang membutuhkan pengawasan intensif dari operator diletakkan pada tempat yang mudah diakses atau dengan dengan ruang kontrol.

4. Pencahayaannya

Akses menuju unit-unit produksi atau utilitas perlu diperhatikan guna mempermudah pembangunan, operasional, serta pengawasan atau perbaikan alat.

5. Aliran udara

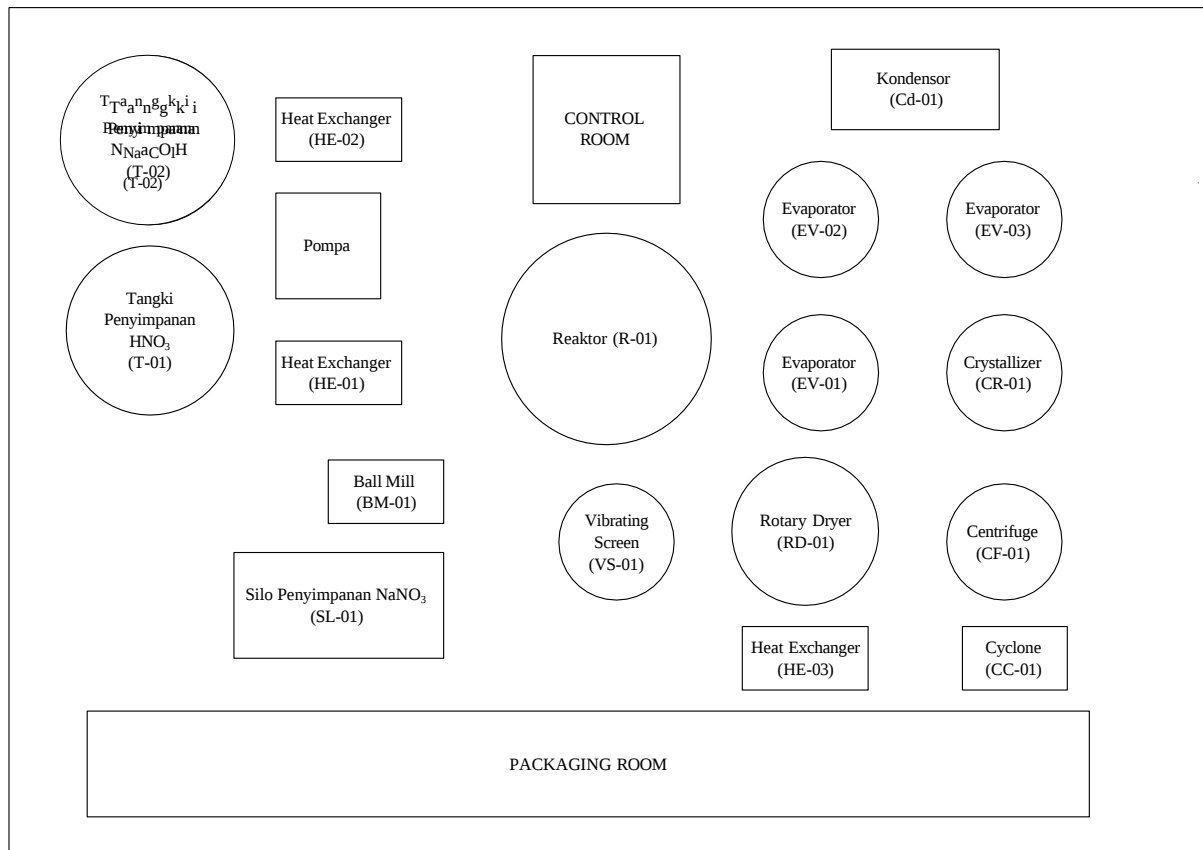
Sirkulasi udara pada perancangan tata letak perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya stagnansi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan terakumulasinya bahan kimia berbahaya

6. Cahaya

Pencahayaannya yang memadai pada seluruh pabrik dan diberikan pencahayaannya tambahan pada tempat proses yang memiliki resiko tinggi.

7. Pertimbangan Ekonomi

Dalam membuat tata letak pabrik perlu mempertimbangkan biaya konstruksi yang minimla dan hemat material.



Gambar 2.5 *Lay Out Peralatan Proses*