

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Sodium Hidroksida

Rumus molekul	: NaOH
Bentuk	: Cair (30°C, 1 atm)
Berat molekul	: 40 g/mol
Kemurnian	: 48% (PT Asahimas Chemical)
Titik lebur	: 318°C
Titik didih	: 1390°C
Viskositas	: 12,17 Cp
Densitas	: 1,51 gr/cm ³ at 20 °C
Komposisi bahan	: NaOH : 48%
	: Na ₂ CO ₃ : 0,12%
	: H ₂ O : 51,88%

(Perry & Green, 1997)

B. Asam Nitrat

Rumus molekul	: HNO ₃
Bentuk	: Cair (30°C, 1 atm)
Berat molekul	: 63 g/mol
Kemurnian	: 58% (PT Multi Nitrotama Kimia)
Titik lebur	: -42°C
Titik didih	: 86°C
Viskositas	: 1,25 Cp
Densitas	: 1,5 gr/cm ³ at 20 °C
<i>Spesific Gravity</i>	: 1.37 g/cm ³ at 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 Hidroksida

Sifat Fisik

Rumus molekul	: NaOH
Berat molekul	: 40 g/mol
Titik lebur	: 318,4°C
Titik didih	: 1390°C
Densitas	: 1,507 gr/cm ³ at 20 °C
<i>Specific gravity</i>	: 2,130 at (15 °C – 20 °C)

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- Dapat bereaksi dengan asam membentuk garam dan air
- Mudah bereaksi dengan asam, alkali, reduktor dan oksidator
- Bersifat higroskopis sehingga bila dibiarkan dalam udara terbuka dapat berubah menjadi lelehan dalam waktu singkat

B. Asam Nitrat

Sifat Fisik

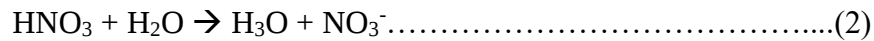
Rumus molekul	: HNO ₃
Berat molekul	: 63,02 g/mol
Titik lebur	: -42 °C
Titik didih	: 86 °C
Densitas	: 1,367 gr/cm ³ at 20 °C

Specific gravity : 1,502 at (15 °C – 20 °C)

(Perry & Green, 1997)

Sifat Kimia

- Asam Nitrat dalam larutan airnya adalah asam kuat, hal ini disebabkan karena besarnya muatan positif pada atom N sehingga elektron dari gugus OH⁻ tertarik kuat, akibatnya atom H menjadi lebih mudah melepas.



- Asam Nitrat merupakan salah satu oksidator kuat. Bahan-bahan organik seperti terpening, Charcoal dan serbuk gergaji yang dioksidasi dengan hebat dan dengan alkali bereaksi eksplosif dengan HNO₃ pekat. 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 : NaNO₃

Berat molekul : 85,01

Titik lebur : 308 °C

Titik didih : 380 °C

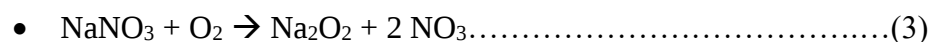
Densitas : 2,257 gr/cm³ at 20 °C

Specific gravity : 2,257 at (15 °C – 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.



B. Produk Samping

Air

Sifat Fisik

Rumus molekul : H₂O

Berat molekul	: 18,016 g/mol
Titik lebur	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Densitas	: 1,00 gr/cm ³ at 20 °C
<i>Specific gravity</i>	: 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:

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$$
- Air direaksikan dengan natrium hidrida membentuk natrium hidroksida dan hydrogen, reaksinya adalah:

$$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$$
- Air direaksikan dengan flour membentuk asam flourida dan oksigen, reaksinya adalah:
- $2F_2 + 2 H_2O \rightarrow 4HF + O_2$
- Air direaksikan dengan karbon monoksida pada suhu tinggi (200-400°C) dengan adanya katalis untuk menghasilkan karbondioksida dan oksigen, reaksinya adalah:

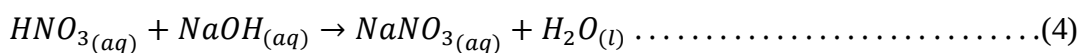
$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$$

2.3 Konsep Proses

Proses pembuatan Sodium Nitrat menggunakan bahan baku Sodium Hidroksida (30%) yang direaksikan dengan Asam Nitrat (60%) dalam reaktor alir tangku berpengaduk dengan jenis kontinu pada fase cair-cair tanpa menggunakan katalis.

2.3.1 Dasar Reaksi

Pembuatan Sodium Nitrat dengan bahan baku NaOH dan HNO₃ berdasarkan pada reaksi netralisasi asam-basa. Reaksi netralisasi dibawah ini:



2.3.2 Mekanisme Reaksi

Reaksi NaOH dengan HNO₃ menjadi NaNO₃ menggunakan reaksi netralisasi. Dalam reaksi netralisasi atom Hidrogen (H⁺) pada Asam Nitrat akan disubstitusi oleh atom Natrium (Na⁺) dari Natrium Hidroksida, dan atom hidroksidanya (OH⁻) akan bergabung dengan atom Hidrogen (H⁺) dari Asam Nitrat untuk membentuk air (H₂O). Reaksi ini bersifat eksotermis atau mengeluarkan panas saat terjadi reaksi. Reaksi ini merupakan reaksi searah atau selalu menghasilkan produk, dan direaksikan tanpa menggunakan katalis. Kondisi optimum yang digunakan yaitu pada reaktor dengan temperatur 60°C dan Tekanan 1 atm dengan perbandingan mol reaktan HNO₃ : NaOH = 1 : 1, kondisi tersebut berguna untuk menghasilkan reaksi yang optimum. Reaksi yang bersifat eksotermis, untuk mendapatkan konversi 100% yang perlu dilakukan yaitu menjaga suhu didalam reaktor dengan cara mengalirkan air pendingin pada jaket reaktor agar dapat menyerap panas yang timbul karena reaksi (Kirk, R.E and Othmer, 1998).

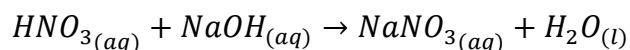
2.3.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi itu memerlukan panas atau melepaskan panas. Penentuan panas secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ($\Delta H^{\circ}f$) pada P = 1 atm dan T = 298 K dari reaktan dan produk. Secara termodinamika reaksi pembentukan Sodium Nitrat dapat dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangan.

Tabel 2.1 Harga $\Delta H^{\circ}f$ (Patnaik, 2001)

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/mol)
NaNO ₃	-111,82
H ₂ O	-68,32
HNO ₃	-41,61
NaOH	-101,7

Pada proses pembentukan Sodium Nitrat terjadi reaksi berikut:



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

$$\Delta H^{\circ} \text{ reaksi} = (\Delta H^{\circ} \text{NaNO}_{3(aq)} + \Delta H^{\circ} \text{H}_2\text{O}_{(l)}) - (\Delta H^{\circ} \text{HNO}_{3(aq)} + \Delta H^{\circ} \text{NaOH}_{(aq)})$$

$$= [(-111,82) + (-68,32)] - [(-41,61) + (-101,7)]$$

$$=[(-180,14)] - [(-143,31)]$$

$$= -36,83 \text{ kcal/mol}$$

$$= -154,0967 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan ΔH° reaksi diatas, memperoleh nilai sebesar -154,0967 kJ/mol. ΔH° yang memiliki nilai negatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan dari Sodium Nitrat bersifat eksotermis (melepaskan kalor). Untuk mengetahui reaksi bersifat bolak-balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*) dapat ditentukan secara termodinamika, dengan menggunakan persamaan Van't Hoff.

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

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 diintegrasikan 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° (kcal/mol)
NaNO ₃	-87,73

H ₂ O	-56,69
HNO ₃	-19,31
NaOH	-90,7

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

$$\Delta G^{\circ} \text{ reaksi} = (\Delta G^{\circ} \text{ NaNO}_{3(\text{aq})} - \Delta G^{\circ} \text{ H}_2\text{O}_{(\text{l})}) - (\Delta G^{\circ} \text{ HNO}_{3(\text{aq})} + \Delta G^{\circ} \text{ NaOH}_{(\text{aq})})$$

$$= [(-87,73) + (-56,69)] - [(-19,31) + (-90,7)]$$

$$=[(-144,42)] - [(-110,01)]$$

$$= -34,41 \text{ kcal/mol}$$

$$= -143,971 \text{ kJ/mol}$$

K standar menggunakan suhu 298,15 K:

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

$$\ln K_{298,15} = \frac{-(-143,971) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$\ln K_{298,15} = 58,080656$$

$$K_{298,15} = 1,6753 \times 10^{25}$$

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

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = -\frac{(-154,097)}{8,314} \left(\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = (-18,5346) \times (-0,00035)$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = 0,00653096$$

$$\frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} = 1,00655233$$

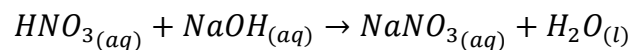
$$K_{333,15} = 1,00655 \times 1,6754 \times 10^{25}$$

$$K_{333,15} = 1,68634 \times 10^{25}$$

Berdasarkan perhitungan diatas harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) didapatkan sebesar 1,68634, dimana nilai yang didapat $\gg 1$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan Sodium Nitrat dianggap searah atau irreversible, reaksi akan mendekati produk dan jumlah produk akan bertambah. Nilai 1 menunjukkan perbandingan pada 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 dari reaksi tersebut terbentuk. Sedangkan jika nilai konstanta kesetimbangan reaksi kurang dari 1, kesetimbangan akan bergerak ke kiri sehingga reaktan bertambah dan menyebabkan tidak terbentuknya produk.

2.3.4 Tinjauan Kinetika Reaksi

Kajian kinetika reaksi berpengaruh terhadap kondisi operasi baik suhu, tekanan, serta design alat yang digunakan sehingga perlu dipertimbangkan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan meliputi nilai konstanta kecepatan reaksi (k), dan kecepatan reaksi (-ra) yaitu kecepatan suatu zat untuk bereaksi menjadi produk. Proses reaksi pembentukan natrium nitrat dari asam nitrat dan natrium hidroksida dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi pembentukan natrium nitrat dari natrium hidroksida merupakan orde 2 dan bersifat irreversible. Konstanta kecepatan reaksi pembentukan sodium nitrat pada suhu 60°C yaitu sebesar $k = 6,338 \times 10 \text{ L/kmol.jam}$ (Piotrowski & Piotrowski, 2003).

Sehingga kecepatan reaksi dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$(-ra) = k \cdot C_A \cdot C_B \dots\dots\dots(2.5)$$

$$= k[C_{A0}(1 - X_A) \cdot (C_{B0} - (C_{A0} \cdot X_A))] \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

(- ra) = kecepatan reaksi zat A (NaNO₃)

k = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.jam

C_A = konsentrasi NaOH pada waktu t , mol/L

C_B = konsentrasi HNO_3 pada waktu t , mol/L

C_{A0} = konsentrasi NaOH 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 Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat dengan menggunakan proses sintesis disajikan pada lampiran.

2.4.2 Langkah-langkah Proses

Proses pembuatan Sodium Nitrat dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat secara garis besar dapat dibagi menjadi lima tahapan proses yaitu, tahap persiapan bahan baku, pembentukan produk, pemurnian dan pemisahan produk, pengeringan produk, penghalusan produk, dan pengemasan produk yang dijelaskan pada uraian proses berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

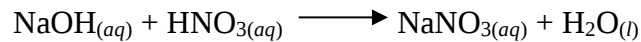
Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi Sodium Nitrat adalah HNO_3 dan NaOH. Asam nitrat dengan kemurnian 60% disimpan pada tangki penyimpanan (T-01). Sedangkan sodium hidroksida dilakukan proses *pretreatment* dengan menambahkan H_2O kemudian disimpan pada tangki penyimpanan (T-02). Setelah dari tangki penyimpanan, kedua bahan tersebut dialirkan menuju reaktor (R-01) secara kontinyu untuk direaksikan. Penyimpanan bahan baku dilakukan dalam kondisi operasi suhu 30°C serta tekanan 1 atm.

2. Tahap Pembentukan Produk

Tahapan ini merupakan tahap dimana asam nitrat direaksikan dengan sodium hidroksida menggunakan reaktor berjenis CSTR atau Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01) sehingga dihasilkan produk Sodium Nitrat.

Bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida dari tangki penyimpanan (T-01 dan T-02) akan dipompa (P-01 dan P-02) dan masuk menuju *heat exchanger* (HE-01 dan HE-02) sampai suhunya menjadi 60°C kemudian dialirkan menuju reaktor

(R-01) yang dilengkapi dengan jaket pendingin. Reaksi yang terjadi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi antara asam nitrat dengan sodium hidroksida bersifat eksotermis sehingga akan menghasilkan panas. Suhu operasi pada reaktor dipertahankan pada suhu 60°C. Untuk menjaga suhu reaksi, maka sebagian panas yang dihasilkan harus dihilangkan dengan mengalirkan air pendingin pada jaket pendingin (Othmer, 1998). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Hasil dari reaktor (R-01) berupa larutan sodium nitrat pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm yang kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju evaporator untuk dilakukan pemurnian, sehingga dihasilkan sodium nitrat pekat

3. Tahap Pemurnian dan Pemisahan Produk

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 larutan 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 liquor*nya 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, dialirkan menuju *water treatment*. Sedangkan hasil berupa kristal sodium

nitrat dibawa menuju *rotary dryer* menggunakan *screw conveyor* (SC-01) untuk dikurangi kandungan airnya sampai 0,5% berat.

4. Tahap Pengeringan Produk

Tahap pengeringan produk ini bertujuan untuk mengeringkan kristal basah sodium nitrat 90% menjadi kristal kering dengan kemurnian 98% sodium nitrat dengan menggunakan udara panas pada suhu 95°C.

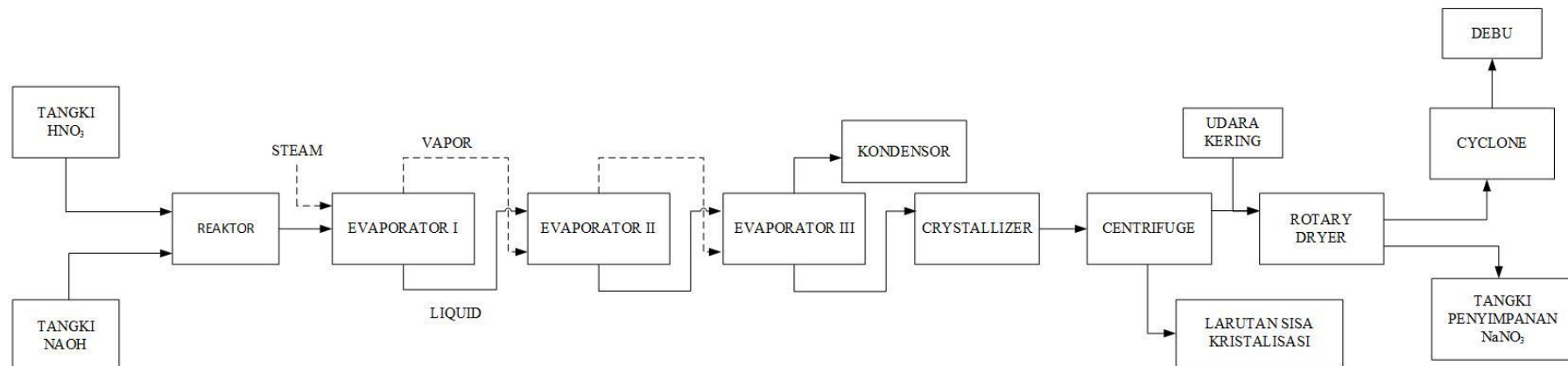
Kristal basah dengan kemurnian 90% sodium nitrat dimasukkan ke *rotary dryer* (RD-01). Pada *rotary dryer* (RD-01), kristal dikeringkan dengan menggunakan udara panas yang masuk pada suhu 95°C yang berasal dari udara sekeliling yang telah disaring kotorannya dalam filter udara yang kemudian dialirkan dengan *blower* (BL-01) dan dipanaskan dalam *heat exchanger* (HE-03). 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).

5. Tahap Penghalusan Produk

Produk sodium nitrat yang keluar dari *rotary dryer* selanjutnya dihaluskan menggunakan *ball mill* (BM-01) menjadi ukuran 100 *mesh*. Sodium nitrat yang telah halus selanjutnya akan melewati proses *screening* dengan menggunakan *vibrating screen* (VS-01) untuk diatur ukurannya menjadi 100 *mesh*. Sodium nitrat yang lolos *screening* berukuran ≤ 100 *mesh* akan diteruskan menuju tahap pengemasan produk dibawa menuju *storage* dan siap untuk dikemas, sedangkan sodium nitrat yang tidak lolos *screening* berukuran lebih dari 100 *mesh* akan dihaluskan kembali menggunakan *ball mill* (BM-01).

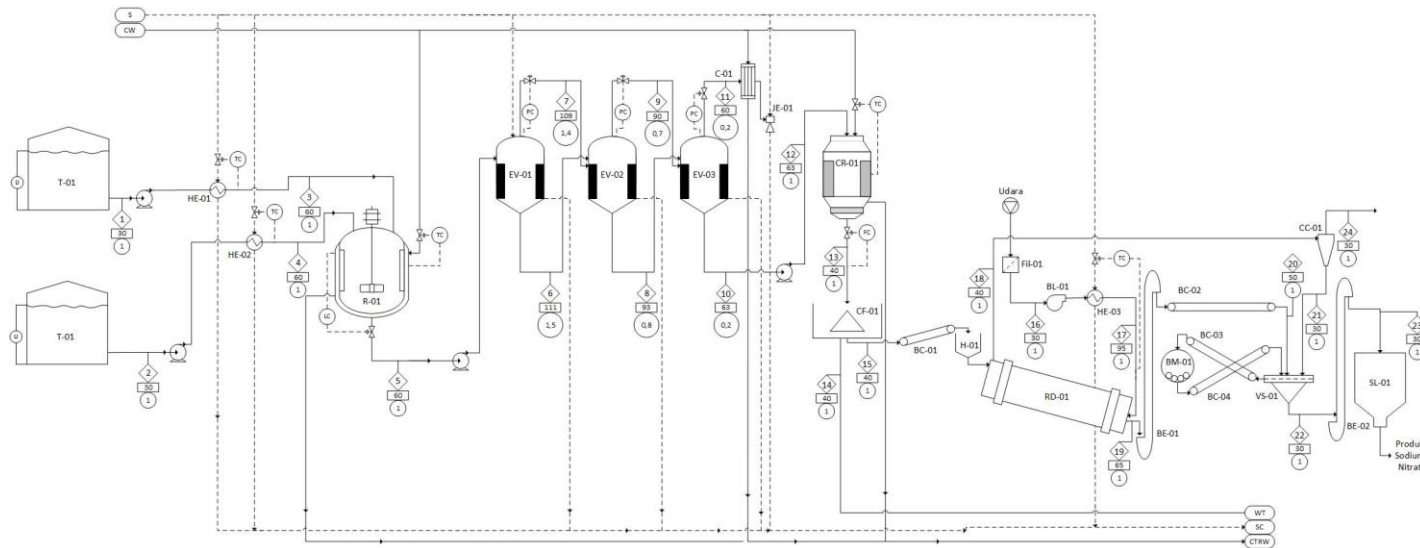
6. Tahap Pengemasan Produk

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.



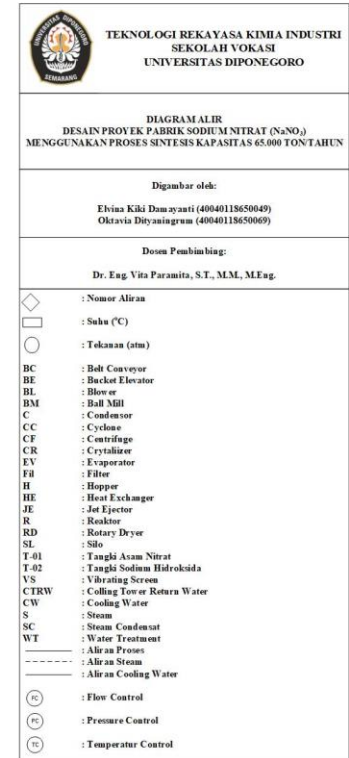
Gambar 2.1 Blok Diagram Alir Proses

**DESAIN PROYEK PABRIK SODIUM NITRAT (NaNO_3)
MENGUNAKAN PROSES SINTESIS KAPASITAS
65.000 TON/TAHUN**



Komponen	Aliran (Kg/jam)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
HNO_3	9.692,93		9.692,93		193,86	193,86		193,86		193,86		193,86	193,86	191,92	1,94			0,02	1,92	1,92	0,02	1,94	1,94	0,00
NaOH		8.021,73		8.021,73	1.990,58	1.990,58		1.990,58		1.990,58		1.990,58	1.990,58	1.970,67	19,91			0,20	19,71	19,71	0,20	19,90	19,90	0,00
HNO_3 (l)					12.816,21	12.816,21		12.816,21		12.816,21		12.816,21	4.439,97	4.395,57	44,40			0,44	43,96	43,96	0,44	44,39	44,39	0,01
H_2O (l)	7.019,02	8.690,21	7.019,02	8.690,21	18.423,25	15.479,03		12.534,80		9.590,58		9.590,58	4.269,20	9.155,05	435,52				87,10	87,10		103,05	103,05	
H_2O (Uap)							2.944,22		5.888,45		8.832,67					448,94	448,94	797,36			15,95			781,41
NaNO_3 (s)													8.376,24	167,52	8.208,71			82,09	8.126,63	8.126,63	80,45	8.207,07	8.207,07	1,64
H_2O (s)													5.321,37											
Udara Kering																6.906,78	6.906,78	6.906,78						6.906,78
Total	16.711,95	16.711,95	16.711,95	16.711,95	33.423,89	30.479,67	2.944,22	27.535,44	5.888,45	24.591,22	8.832,67	24.591,22	24.591,22	15.880,74	8.710,48	7.355,72	7.355,72	7.786,89	8.279,31	8.279,31	97,04	8.376,35	8.376,35	7.689,85

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

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
HNO ₃	9.692,929	9.692,929
H ₂ O	7.019,018	7.019,018
TOTAL	16.711,947	16.711,947

Tabel 2.4 Neraca Massa Tangki Penyimpanan NaOH

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
NaOH	8.021,735	8.021,735
H ₂ O	8.690,212	8.690,212
TOTAL	16.711,947	16.711,947

Tabel 2.5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg)		Output (kg)
	Aliran (3)	Aliran (6)	Aliran (7)
HNO ₃	9.692,929	0	193,859
NaOH	0	8.021,735	1.990,579
NaNO ₃	0	0	12.816,206
H ₂ O	7.019,018	8.690,212	18.423,250
TOTAL	33.423,894		33.423,894

Tabel 2.6 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Input (kg)	Output (kg)	
	Aliran (7)	Aliran (12)	Aliran (13)
HNO ₃	193,859	193,859	0
NaOH	1.990,579	1.990,579	0
NaNO ₃	12.816,206	12.816,206	0
H ₂ O	18.423,250	9.590,575	8.832,675
TOTAL	33423.894		33423.894

Tabel 2.7 Neraca Massa *Crystallizer*

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Aliran (14)	Aliran (15)	Aliran (15')	
HNO ₃	193,859	0	193,859	
NaOH	1.990,579	0	1.990,579	
NaNO ₃	12.816,206	8.376,237	4.439.969	
H ₂ O	9.590,575	5.321,374	4.269.201	
TOTAL	24.591,219		24.591,219	

Tabel 2.8 Neraca Massa *Centrifuge*

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Aliran (15)	Aliran (15')	Aliran (16)	Aliran (17)
HNO ₃	0	193,859	191,920	1,939
NaOH	0	1.990,579	1.970,673	19,906
NaNO ₃	8.376,237	4.439,969	0	0
NaNO ₃ cair		0	4.395,570	44,400
Kristal NaNO ₃		0	167,525	8.208,712
H ₂ O	5.321,374	4.269,201	9.155,051	435,524
TOTAL		24.591,219		24.591,219

Tabel 2.9 Neraca Massa *Rotary Dryer*

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Aliran (18)	Aliran (19)	Aliran (21)	Aliran (20)
HNO ₃	1,939	0	1,919	0,019
NaOH	19,906	0	19,707	0,199
NaNO ₃ cair	44,400	0	43.956	0,444
Kristal NaNO ₃	8.208,712	0	8.126,625	82,087
Air yang ikut terkristal	435,524	0	87,105	0
Udara Kering	0	6.906,783	0	6.906,783
H ₂ O Uap	0	448,941	0	797,360
TOTAL		16.066,205		16.066,205

Tabel 2.10 Neraca Massa *Cyclone*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)	
	Aliran (21)	Aliran (22)	Aliran (23)
HNO ₃	0,019	0,019	0
NaOH	0,199	0,195	0,004
NaNO ₃ cair	0,444	0,435	0,009
Kristal NaNO ₃	82,087	80,445	1,642
Air yang ikut terkristal	0	0	0
Udara Kering	6.906,783	0	6.906,783
H ₂ O Uap	797,360	15,947	781,413
TOTAL	7.786,893		7.786,893

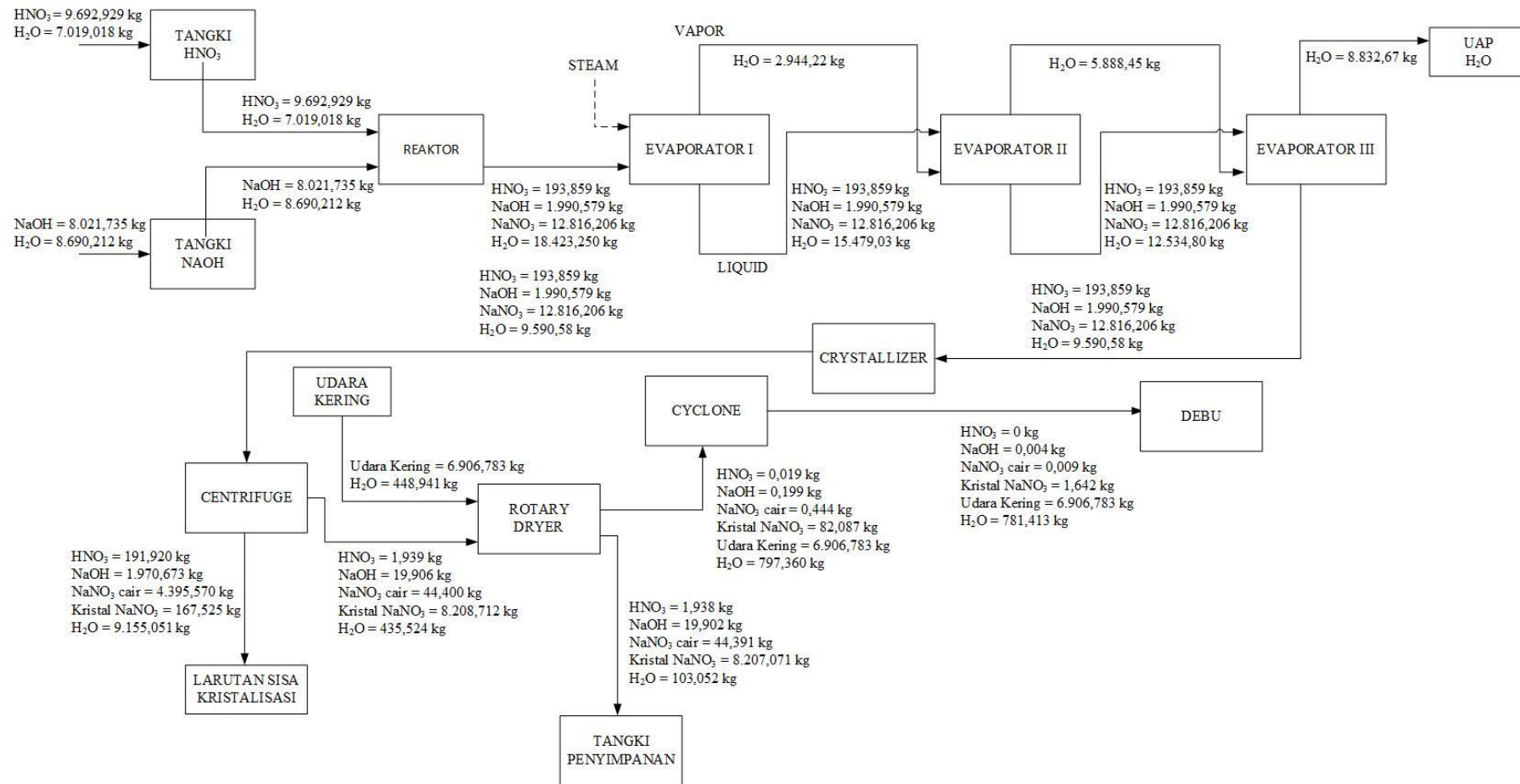
Tabel 2.11 Neraca Massa Tangki Penyimpanan

Komponen	Input (kg)		Output (kg)
	Aliran (21)	Aliran (22)	Aliran (23)
HNO ₃	1,919	0,019	1,938
NaOH	19,707	0,195	19,902
NaNO ₃ cair	43,956	0,435	44,391
Kristal NaNO ₃	8.126,625	80,445	8.207,071
Air yang ikut terkristal	87,105	0	103,052
Udara Kering	0	0	0
H ₂ O Uap	0	15,947	0
TOTAL	8.376,354		8.376,354

Tabel 2.12 Neraca Massa *Overall*

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
1. Tangki HNO₃		
HNO ₃	9.692,929	
H ₂ O	7.019,018	
2. Tangki NaOH		
NaOH	8.021,735	
H ₂ O	8.690,212	
3. Rotary Dryer		
Udara Kering	6.906,783	
H ₂ O Uap	448,941	
4. Evaporator		
H ₂ O		8.832,675
5. Centrifuge		
Larutan sisa kristalisasi		15.880,738
6. Cyclone		
Debu keluar <i>cyclone</i>		7.689,851
7. Tangki Penyimpanan		
Produk		8.376,354
TOTAL	40.779,618	40.779,618

Efisiensi = 96,190%



Gambar 2.3 Diagram Neraca Massa *Overall*

2.5.2 Neraca Panas

Tabel 2.13 Neraca Panas *Heater* HNO₃

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
H	56.371,068	394.597,478
Qs	356.027,800	-
Qloss	-	17.801,390
Total	412.398,868	412.398,868

Tabel 2.14 Neraca Panas *Heater* NaOH

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
H	57.729,750	404.108,247
Qs	364.608,945	-
Qloss	-	18.230,447
Total	422.338,694	422.338,694

Tabel 2.15 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
Q Bahan	798.705,725	790.119,621
ΔH	962.451,610	971.037,714
Total	1.761.157,335	1.761.157,335

Tabel 2.16 Neraca Panas Evaporator

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
Evaporator 1		
HNO ₃	2.978,637	7.331,843
NaOH	24.802,609	61.052,019
NaNO ₃	117.524,613	289.283,978
H ₂ O	644.813,761	1.333.543,561
Steam	2.796.669,537	
Uap H ₂ O		1.895.578,757
TOTAL	3.586.789,158	3.568.789,158
Evaporator 2		

HNO ₃	7.331,843	5.811,767
NaOH	61.051,019	48.393,599
NaNO ₃	289.283,978	229.308,096
H ₂ O	1.333.543,561	856.004,455
Uap H ₂ O	1.574.613,869	2.126.306,352
TOTAL	3.265.824,270	3.265.824,270
Evaporator 3		
HNO ₃	5.811,767	3.268,013
NaOH	48.393,599	27.212,191
NaNO ₃	229.308,096	128.942,169
H ₂ O	856.004,455	368.280,608
Uap H ₂ O	1.762.520,378	2.374.335,314
TOTAL	2.902.038,295	2.902.038,295

Tabel 2.17 Neraca Panas Kondensor

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
H ₂ O uap air	5.083.204,463	982.635,094
H ₂ O Kondensat		4.066.563,570
Q lepas		34.005,799
Total	5.083.204,463	5.083.204,463

Tabel 2.18 Neraca Panas Crystallizer

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
HNO ₃	3.268,013	1.276,559
NaOH	27.212,191	10.629,690
NaNO ₃	128.942,169	50.367,691
H ₂ O	368.280,608	143.858,631
Qkristalisasi	92.631,329	
Qserap		414.201,740
Total	620.334,311	620.334,311

Tabel 2.19 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
Q bahan	41.866,705	96.621,598
Q udara	788.557,865	692.281,733
Q loss		41.521,229
Total	830.424,570	830.424,570

Tabel 2.20 Neraca Panas Heater Udara

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
H	321.503,161	438.261,061
Qs	112.903,052	
Qloss		6.145,153
Total	444.406,213	444.406,213

Tabel 2.21 Neraca Panas *Overall*

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
1. Heater HNO₃		
Q HNO ₃	56,371.068	
Q steam	356,027.800	
Q loss	-	17,801.390
2. Heater NaOH		
Q NaOH	57,729.750	
Q steam	364,608.945	
Q loss	-	18,230.447
3. Reaktor		
AH reaksi	962,451.610	
Q lepas		971,037.714
4. Evaporator I		
Q steam	2,796,669.537	
Q loss		320,964.888
4. Evaporator II		
Q loss		363,785.974
5. Crystallizer		
Q kristalisasi	92,631.329	
Q serap		414,201.740
6. Kondensor		
Q kondensat		2,943,403.519
Q serap steam		34,005.798
7. Heater Udara		
Q udara	321,503.161	
Q steam	122,903.052	
Q loss		6,145.153
8. Rotary Dryer		
Q loss		41,319.627
Total	5,130,896.251	5,130,896.251

Efisiensi = 97,98%

Gambar 2.4 Diagram Neraca Panas *Overall*

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 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

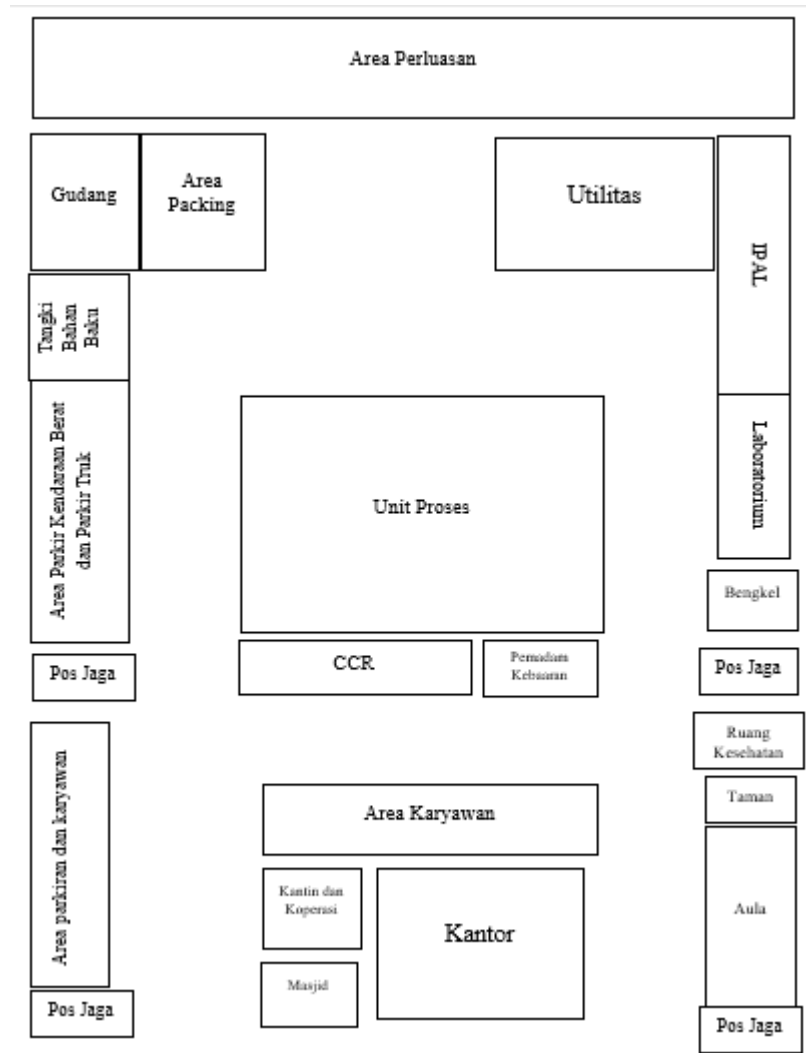
Daerah pengolahan limbah digunakan untuk tempat mengolah dan membuang limbah dari proses. Daerah ini ditempatkan yang jauh dari daerah administrasi dan sarana fasilitas umum seperti tempat ibadah, kantin, poliklinik.

Detail dari tata letak pabrik dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.22 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Jenis Bangunan	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	50.00
2.	Kantin	200.00
3.	Koperasi Karyawan	100.00
4.	Poliklinik	100.00
5.	Aula	300.00
6.	Kantor K3	150.00
7.	Tempat Ibadah	150.00
8.	Kantor Pusat	500.00
9.	Area Parkir	500.00
10.	Laboratorium dan Pengendalian Mutu	150.00
12.	Ruang Kontrol	150.00
13.	Power station	70.00
14.	Pemadam kebakaran	200.00
15.	Taman/jalan	1,000.00
16.	Area proses	2,500.00
17.	Utilitas	1,500.00
18.	Area Pengolahan Limbah	500.00
19.	Area Perluasan	3,000.00
20	Gudang	300.00
Total		14,670.00

Adapun layout dari pabrik sodium nitrat dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.5 Lay Out Pabrik Sodium Nitrat

2.6.2. Tata Letak Peralatan Proses

Dalam perancangan untuk mengatur letak peralatan proses pabrik harus dirancang dengan sedemikian rupa sehingga efisiensi. Beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan adalah:

a) 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.

b) *Proses Requirement*

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

c) *Operasi*

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

d) *Pencahayaan*

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

e) *Aliran udara*

Sirkulasi udara pada perncangan tata letak perlu diperhatikan guna menghindari terjadinya stagnansi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan terakumulasinya bahan kimia berbahaya.

f) *Cahaya*

Pencahayaan yang memadai pada seluruh pabrik dan diberikan pencahayaan tambahan pada tempat proses yang memiliki risiko tinggi.

g) *Pertimbangan Ekonomi*

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