

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Asam Nitrat (HNO_3)

Asam nitrat merupakan bahan baku utama pada produksi amonium nitrat. Asam nitrat yang digunakan diproduksi oleh PT Multi Nitrotama Kimia. Spesifikasi asam nitrat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Asam Nitrat

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar asam nitrat	%w/w	min 60
Kadar air	%w/w	max 40
Temperatur	°C	30 (min)
Tekanan	Atm	1-1,2

b. Amonia (NH_3)

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang sangat penting dan banyak dibutuhkan untuk berbagai industri yaitu bahan baku pupuk, senyawa-senyawa nitrat, bahan peledak, pendingin, zat warna dan sebagainya. Amonia yang digunakan diproduksi oleh PT Pupuk Kujang. Bahan baku amonia yang digunakan dalam pembuatan amonium nitrat adalah dalam wujud gas, sehingga amonia cair dimasukkan ke unit vaporizer untuk mengubah fasa cair menjadi fasa gas. Spesifikasi amonia ditunjukkan pada Tabel 2.2. (P3DN).

Tabel 2.2 Spesifikasi Amonia

Parameter	Satuan	Nilai
Bentuk	-	cair
Kadar amonia	%w/w	min 99,92
Kadar air	%w/w	Max 0,5
Temperatur	°C	-33,3
Tekanan	atm	1-1,2

2.1.2 Spesifikasi Bahan Pembantu

a. *Coating Agent* (External Additive)

Coating agent digunakan pada produk amonium nitrat yang sudah siap dikemas dan disimpan pada warehouse. Penambahan *coating agent* bertujuan untuk menghindari terjadinya penggumpalan atau pecahnya butiran amonium nitrat saat disimpan pada waktu yang cukup lama. *Coating Agent* yang digunakan berbentuk powder. Produk flake amonium nitrat yang memiliki ukuran produk utama (1-2 mm) akan mengalami penambahan bahan *external additive* atau coating agent sebesar 3% pada produk akhir. Coating agent yang digunakan berupa trikalsium fosfat dengan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Material Safety Data, 2008).

Tabel 2.3 Spesifikasi Trikalsium Fosfat

Parameter	Nilai
Rumus molekul	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Berat molekul	310,18 g/mol
Titik Leleh	$>1670^\circ\text{C}$
Wujud	Bubuk berwarna putih

2.1.3 Spesifikasi Produk

a. Amonium Nitrat (NH_4NO_3)

Amonium nitrat berbentuk flake berwarna putih. Spesifikasi produk amonium nitrat yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Amonium Nitrat

Parameter	Nilai
Wujud	Padatan
Kenampakan	Butir/Putih
Kemurnian	96,8%
Kadar air	0,2%
Kadar trikalsium fosfat	3%
Bulk density	720-770 kg/m^3

2.1.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

a. Amonia

Sifat Fisika (Perry et al., 1984)

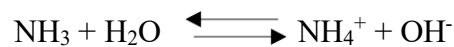
- Rumus molekul : NH_3
- Berat molekul : 17,03 g/mol
- Warna : Tidak berwarna
- Titik didih : $-33,34^\circ\text{C}$
- Titik leleh : $-77,7^\circ\text{C}$
- Densitas : 0,934 gr/liter (25°C)
- Tekanan kritis : 111,3 atm
- Specific gravity : 0,817 (-79°C)

Sifat kimia (Othmer, 1992)

- Ammonia akan mengalami reaksi oksidasi pada suhu $750^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ dengan reaksi:



- Keberadaan amonia di dalam air dapat sebagai gas amonia terlarut (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+), maka total amonia dalam air adalah jumlah dari NH_3 ditambah NH_4^+ . Bentuk yang paling dominan ditentukan oleh pH dan suhu air, reaksi antara kedua bentuk sebagai berikut:



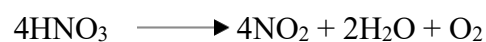
b. Asam Nitrat

Sifat fisika (Perry's, 2019)

- Rumus molekul : HNO_3
- Berat molekul : 63,02 gr/mol
- Wujud : Cair
- Titik didih : 120°C (60% HNO_3)
- Titik leleh : -42°C (1 atm)
- Temperature kritis : $246,85^\circ\text{C}$
- Tekanan kritis : 82 atm
- Specific gravity : 1,502

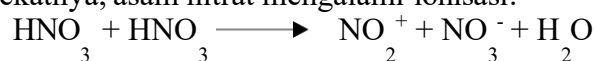
Sifat kimia (Othmer, 1965)

- Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan cahaya matahari, sehingga akan terurai sebagai berikut:



Untuk mengurangi penguraiannya, asam nitrat biasanya disimpan di botol berwarna gelap

- Dalam larutan pekatnya, asam nitrat mengalami ionisasi:



2.1.5 Sifat Fisika dan Kimia Produk

a. Ammonium Nitrat

Menurut (Material Safety Data Sheet, 2017), sifat fisika dan Kimia ammonium nitrat sebagai berikut:

Sifat fisika

- Rumus molekul : NH_4NO_3
- Berat molekul : 80,04 g/mol
- Wujud : Padatan
- Titik didih : 210°C
- Titik leleh : $169,6^\circ\text{C}$
- Densitas : $1.725 \text{ kg/m}^3 (25^\circ\text{C})$
- Viskositas : 1,5 cP
- Specific gravity : 1,725 (25°C)

Sifat kimia (Othmer, 1992)

- Amonium nitrat merupakan oksidator kuat, jika dipanaskan ammonium nitrat kering dengan suhu diantara 170°C dan sekitar 250°C , terjadi reaksi eksotermik.
- Sangat reaktif terhadap beberapa logam, minyak dan phosphor.
- Pemanasan ammonium nitrat dalam tempat yang tertutup dengan suhu 240°C - 300°C dapat menimbulkan ledakan.
- Reaksi dekomposisi terjadi pada rentang suhu 210 - 260°C dengan reaksi sebagai berikut:

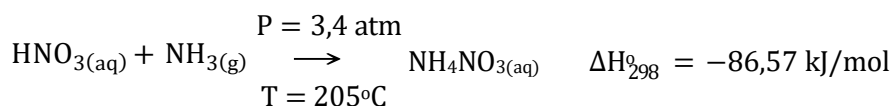


2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

Pembentukan amonium nitrat merupakan reaksi heterogen fasa gas cair tanpa katalis didasarkan pada konsep reaksi netralisasi yaitu asam dan basa, dalam hal ini yang terjadi adalah reaksi antara asam kuat dan basa lemah.

Reaksi untuk proses netralisasi ini adalah sebagai berikut:



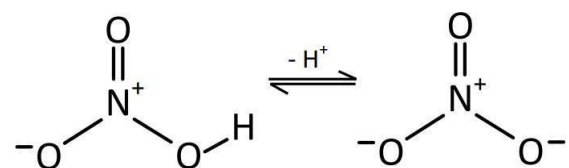
Proses netralisasi dijalankan pada suhu 205 °C dan tekanan 3,4 atm. Pada kondisi ini diperoleh produk dengan yield 99,8% (Faith et al., 1975). Reaksi terjadi dengan fase gas-cair yang berlangsung pada packed bed reaktor, tanpa katalis. Reaksi ini bersifat irreversible eksotermis, kalor yang dihasilkan dari reaksi digunakan untuk menguapkan air yang terkandung dalam reaktan sehingga suhu tetap berada dalam range suhu yang diinginkan. Dengan demikian tidak dibutuhkan pendingin tambahan serta tidak ada kalor yang hilang.

2.2.2 Mekanisme Reaksi

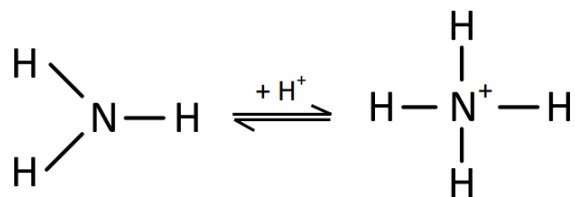
Reaksi yang terjadi dalam pembentukan amonium nitrat dari amonium dan asam nitrat adalah reaksi netralisasi asam-basa, mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Mekanisme Reaksi yang terjadi adalah:

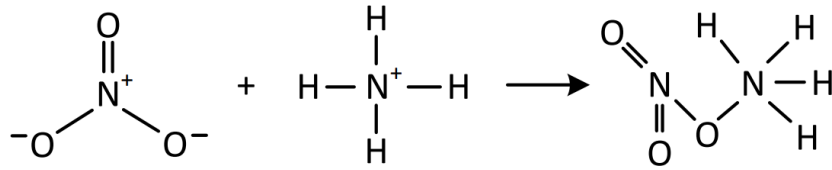
- a. HNO_3 dalam keadaan larutan akan berbentuk ion-ionnya



- b. Ion positif akan menyerang elektron bebas yang dipunyai oleh amonia, membentuk ion Amonium.



- c. Ion Amonium yang reaktif dan bermuatan positif akan bergabung dengan ion nitrat yang bermuatan negatif, membentuk amonium nitrat.



Mekanisme reaksi netralisasi ini berdasarkan teori *Bronsted-Lowry*, dimana asam merupakan proton donor dan basa merupakan proton akseptor. Asam nitrat (HNO_3) akan melepas proton (H^+) sehingga akan terbentuk NO_3^- (basa konjugat dari HNO_3). Proton yang terbentuk akan bereaksi dengan basa (NH_3) membentuk basa konjugat NH_4^+ . NH_4^+ ini akan bereaksi dengan basa konjugat NO_3^- membentuk amonium nitrat.

Reaksi di atas merupakan reaksi netralisasi yang umumnya berlangsung sangat cepat, sehingga reaksi antara gas amonia dan cairan asam nitrat kecepatan reaksinya ditentukan oleh kecepatan difusi gas amonia melalui lapisan gas ke “*interface*”, batas antara lapisan gas dan larutan.

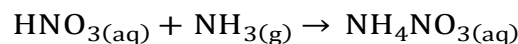
2.2.3 Kondisi Operasi

Reaksi netralisasi senyawa asam nitrat dan amonia merupakan reaksi antara fasa cair dan gas yang berlangsung secara eksotermis dan berlangsung dalam *Packed Bed Reactor* suhu 205°C dan tekanan 3,4 atm (Andersen & Wenzel, 1961).

2.2.4 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi yang terjadi, apakah reaksi menghasilkan panas (eksotermis) atau membutuhkan panas (endotermis) dan mengetahui arah reaksi apakah searah (irreversible) atau bolak-balik (reversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan melakukan perhitungan panas pembentukan standart (ΔH_f°) pada $P=1$ atm dan $T=298,15^\circ\text{K}$

Reaksi pembentukan amonium nitrat:



Untuk mencari nilai ΔH_{298} memerlukan data sebagai berikut:

Tabel 2.5 Data ΔH_f° pada $T = 298^\circ\text{K}$

Properti (298K)	NH_3	HNO_3	NH_4NO_3
ΔH_f (kJ/mol)	-45,90	-207,36	-339,87

Perhitungan:

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{f,298} \text{ produk} - \Delta H_{f,298} \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{f,298} \text{ NH}_4\text{NO}_3 - (\Delta H_{f,298} \text{ HNO}_3 + \Delta H_{f,298} \text{ NH}_3)$$

$$\Delta H_{298} = -339,87 - ((-207,36) + (-45,94))$$

$$\Delta H_{298} = -86,2 \text{ kJ/mol}$$

Dari perhitungan diatas terbukti bahwa reaksi pembentukan Amonium Nitrat mempunyai harga ΔH negatif yang berarti reaksi ini adalah eksotermis.

Reaksi pembentukan Amonium Nitrat berlangsung searah (irreversible) (Faith et al., 1975). Penentuan arah reaksi berdasar dengan menghitung nilai konstanta keseimbangan reaksi (K).

Tabel 2.6 Data ΔG pada $T = 298^\circ\text{K}$

Properti (298K)	NH ₃	HNO ₃	NH ₄ NO ₃
ΔG (kJ/mol)	-16,40	-207,36	-339,87

Persamaan konstanta keseimbangan reaksi (K):

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \dots\dots (\text{Persamaan 13-11. Smith Van Ness})$$

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

$$= \Delta G_{f,298} \text{ NH}_4\text{NO}_3 - (\Delta G_{f,298} \text{ HNO}_3 + \Delta G_{f,298} \text{ NH}_3)$$

$$= -190,71 - (-111,34) - (-16,4)$$

$$= -62,97 \text{ kJ/mol}$$

$$-62,97 = -0,008314 \times 298,15 \times \ln K$$

$$\ln K = 25,4032 \text{ kJ/mol}$$

$$K_{298} = 1,07766 \times 10^{11} \text{ kJ/mol}$$

Harga K untuk suhu operasi ($T = 478.15 \text{ K}$) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\ln \frac{K_{478}}{K_{298}} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K_{478}}{K_{298}} = \frac{-(-86,2)}{0,008314} \left(\frac{1}{478,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{K_{478}}{K_{298}} = (10368,05) \times (-0,00126)$$

$$\ln \frac{K_{478}}{K_{298}} = -13,0909$$

$$\frac{K_{478}}{1,07766 \times 10^{11}} = e^{-13,0909}$$

$$\frac{K_{478}}{1,07766 \times 10^{11}} = 2,0638 \times 10^{-6}$$

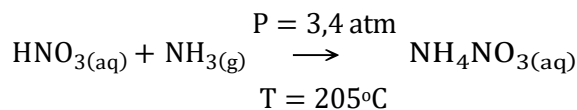
$$K_{478} = 222.412,0317$$

Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana ambang batas arah reaksinya adalah sebagai berikut (Cracolice & Peter, 2016).

- Jika tetapan kesetimbangan sangat besar ($K > 100$), reaksi maju (ke kanan) lebih disukai yang berarti jumlah produk mendominasi.
- Jika tetapan kesetimbangan sangat kecil ($K < 0,01$) reaksi sebaliknya (ke kiri) lebih disukai yang berarti jumlah reaktan mendominasi.
- Jika $0,01 < \text{nilai } K < 100$, maka semua spesies pada sistem tersebut berada pada keadaan kesetimbangan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai K adalah 222, Dimana hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang berlangsung di reaktor secara searah atau irreversible.

2.2.5 Tinjauan Kinetika



Reaksi pembentukan Amonium Nitrat merupakan reaksi netralisasi yang umumnya berlangsung sangat cepat. Penentuan tipe reaksi dapat diketahui dengan menghitung nilai parameter film conversion (MH). Nilai MH dapat dihitung dengan persamaan (Lavenspiel, 1972)

$$M^2H = \frac{\text{konversi maksimum dalam lapisan film}}{\text{maksimum perpindahan massa secara difusi dalam lapisan film}}$$

$$M^2H = \frac{k.C_B}{k_{AL}} \times D_{AL}$$

Dimana :

M_H : Film conversion parameter, Hatta Modulus

K : Konstanta kecepatan reaksi ($\text{m}^3/\text{kmol.s}$)

C_B : Konsentrasi zat B (kmol/m^3) ($6,648 \text{ kmol/m}^3$)

D_{AL} : Difusivitas gas A dalam larutan (m^2/s) ($7,956\text{E-}07 \text{ m}^2/\text{s}$)

k_{AL} : Koefisien transfer massa gas A dalam larutan (m/s) ($0,00908 \text{ m/s}$)

Jika

$M_H < 0,02$: Tipe reaksi sangat lambat

$0,02 < M_H < 2$: Keadaan intermediate

$M_H > 2$: Tipe reaksi sangat cepat dan reaksi terjadi di film

Harga konstanta kecepatan reaksi (k) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Uhde, 2019)

$$k = 9,33 \times 10^{12} e^{-21300/RT}$$

$$k = 9,33 \times 10^{12} e^{-21300/1,987 \times 478,15}$$

$$k = 1.711,60 \text{ m}^3/\text{kmol} \cdot \text{s}$$

Nilai MH sebagai berikut.

$$M^2H = \frac{1.711,60 \times 6,648}{0,00908} \times 7,956 \text{E} - 07$$

$$M^2H = 109,84$$

$$MH = 10,48$$

$MH > 2$ maka termasuk tipe reaksi kimia sangat cepat dan reaksi terjadi di film.

NH_3 termasuk highly soluble gas maka tahanan gas film yang mengontrol (Levenspiel, 1972).

2.3 Langkah Proses

Terdapat empat proses pada metode Stengel untuk memproduksi amonium nitrat adalah sebagai berikut (Andersen & Wenzel, 1961) :

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

2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Pengumpanan Amonia

Ammonia cair disuplai dari PT Pupuk Kujang dengan kemurnian 99,5% berat lalu ditampung pada *Storage Tank* (T-11) yang dilengkapi dengan system refrigasi untuk menjaga kondisi ammonia cair pada suhu $-33,31^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Sebelum diumpankan ke reaktor, ammonia cair dialirkan terlebih dahulu dari tangki penyimpanan (T-11) menuju *Vaporizer* (V-01) untuk mengubah fase yang sebelumnya cair menjadi gas. Keluaran dari Vaporizer (V-01) berupa gas ammonia dengan temperature $-18,15^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Kemudian gas amonia diumpankan menuju ke Compressor (K-01) untuk menaikkan tekanannya hingga 3,4 atm dengan suhu $3,32^\circ\text{C}$. Lalu gas ammonia akan dialirkan menuju Heater (HE-01) untuk dilakukan pemanasan hingga temperature 107°C dan tekanan 3,4 atm.

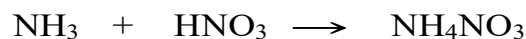
b. Pengumpanan Asam Nitrat

Asam nitrat 60% disuplai dari PT Multi Nitrotama Kimia yang kemudian ditampung dalam *Storage Tank* (T-01) dengan kondisi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju Heater (HE-01) untuk dilakukan

pemanasan hingga suhunya mencapai 149 °C dan tekanan 3,4 atm sebelum dimasukkan ke dalam reaktor.

2.3.2 Tahap Reaksi

Gas ammonia yang sudah dipanaskan di Heater (HE-02) dengan kondisi temperature 107 °C dan tekanan 3,4 atm diumpankan menuju Reactor (R-01) melalui bagian samping. Sedangkan asam nitrat dengan kondisi temperature 149 °C dan tekanan 3,4 atm diumpankan melalui bagian atas Reactor (R-01) dan melewati distributor untuk menyebarkan larutan asam nitrat. Ammonia dan asam nitrat akan bereaksi di dalam Reactor (R-01) yang berjenis Packed Bed Reactor yang dilengkapi dengan packing untuk memperbesar kontak dengan kondisi operasi 205 °C, 3,4 atm. Reaksi yang terjadi di dalam Reactor (R-01) bersifat eksotermis dan reversible karena harga ΔH yang bernilai negative. Karena reaksinya bersifat eksotermis maka diperlukan jaket pendingin untuk menjaga kondisi operasi Reactor sebesar temperature 205 °C, 3,4 atm. Hal tersebut dilakukan karena apabila terjadi kenaikan temperature dapat menyebabkan degradasi produk dan membentuk dinitrogen oksida. Hasil produk keluaran dari Reactor (R-01) berupa lelehan ammonium nitrat dengan konsentrasi 84% pada suhu 237,7 °C.



2.3.3 Tahap Pemurnian Produk

Lelehan ammonium nitrat dari keluaran reaktor (R-01) akan mengalir secara gravitasi menuju Cyclone Separator (S-01) dengan tujuan untuk mengurangi kadar air yang ada pada ammonium nitrat. Ammonium nitrat cair akan terlempar ke dinding separator akibat gaya sentrifugal dan akan mengalir menuju dasar separator. Untuk mengurangi kadar air, dihirupkan udara panas pada bagian bawah separator. Udara panas akan kontak dengan ammonium nitrat untuk menghilangkan kadar air hingga 0,2%. Udara panas yang dihirupkan sebelumnya difilter terlebih dahulu menggunakan filter (F-01) dengan bantuan blower (B-01) untuk menghilangkan pengotornya. Setelah dilakukan filtrasi, udara akan ditukarkan panasnya dengan hasil atas dari cyclone separator hingga suhunya naik menjadi 204,4 °C. Hasil atas dari cyclone separator akan dikeluarkan melalui bagian atas Cyclone Separator (S-01) dengan suhu sebesar 232,2°C. Hasil keluaran tersebut masih mengandung ammonia berlebih, uap air, dan udara panas yang akan dilakukan pertukaran panas

dengan udara dari (F-01) dan selanjutnya gas tersebut akan dialirkan menuju Condenser (C-01) untuk dilakukan perubahan fasa.

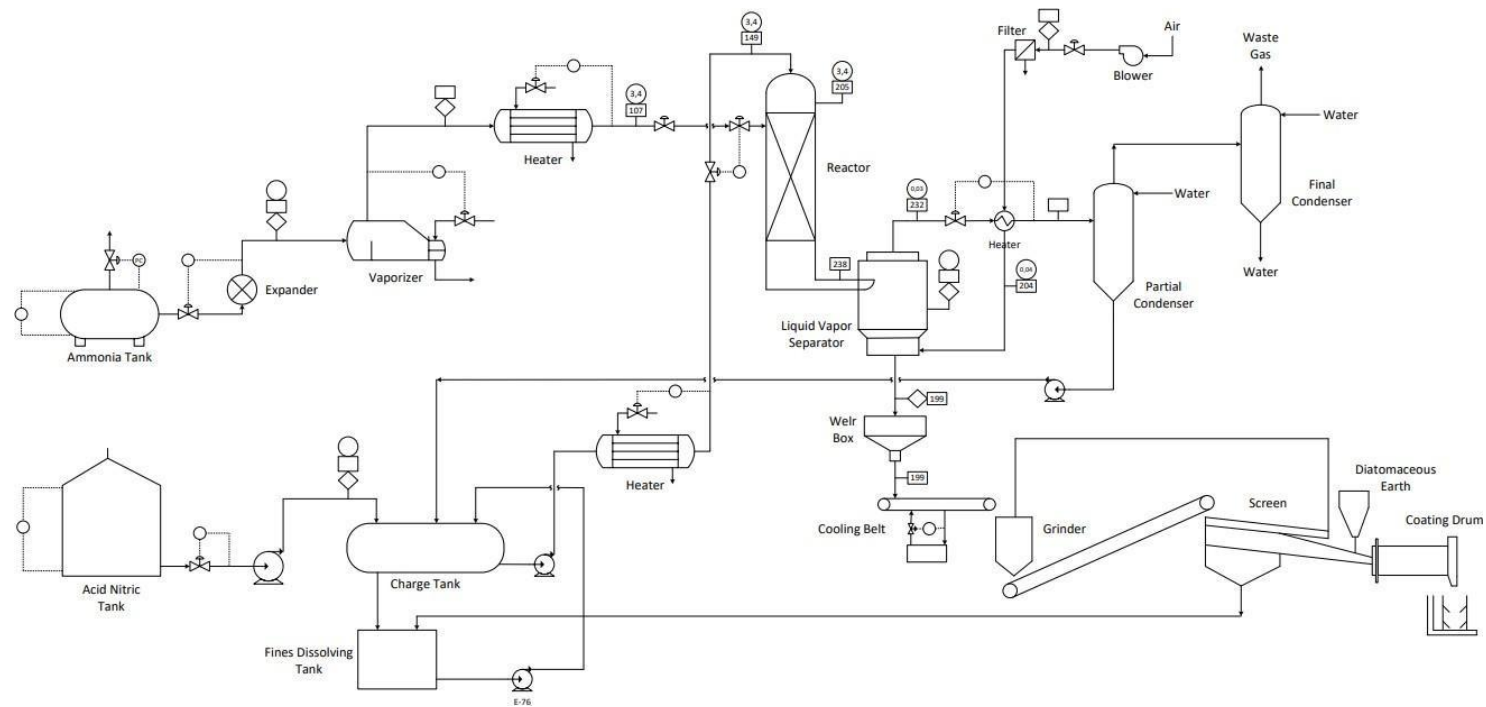
Udara panas yang keluar dari Cyclone Separator (S-01) masih mengandung sedikit air dan amonia yang akan dilakukan proses kondensasi di Condensor (C-01). Sebelum dialirkan ke Condensor, udara panas tersebut akan diturunkan suhunya menjadi 102,8 °C menggunakan Heat Exchanger (HE-03) dengan media pendingin berupa udara dari Filter (F-01) dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Udara keluar heat exchanger dengan suhu 204oC dan tekanan 0,60 atm akan diterukan menuju cyclone separator sebagai udara panas untuk mengeringkan ammonium nitrat. Hasil keluaran dari Heat Exchanger (HE-03) akan dialirkan menuju Condenser (C-01) untuk dilakukan perubahan fasa dari gas menjadi cair keluaran agar udara panas dari Cyclone Separator (S-01) tidak lepas ke lingkungan sehingga dapat menimbulkan gangguan. Hasil dari Condenser (C-01) akan dialirkan menuju IPAL untuk dilakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

2.3.4 Tahap Penyelesaian

Lelehan ammonium nitrat akan dialirkan secara gravitasi menuju Werl Box (WB-01) untuk dilakukan penampungan sementara. Lelehan ammonium nitrat tersebut akan dialirkan menuju Water Cooling Belt Conveyor (CB-01). Pada Water Cooling Belt Conveyor tersebut, lelehan ammonium nitrat akan didinginkan sehingga membentuk lembaran padat. Lembaran ammonium nitrat padat tersebut lalu akan diumpankan menuju Grinder (G-01) menggunakan Belt Conveyor (BC-01) untuk dilakukan pengecilan ukuran dengan cara dihancurkan. Setelah lembaran ammonium dihancurkan, produk akan diumpankan menuju Vibrating Screen (SC-01) dengan 3 rentang ukuran. Produk yang ukurannya kurang dari 5 mesh atau oversize akan diumpankan kembali menuju grinder untuk dihancurkan kembali melalui Belt Conveyor. Sedangkan produk yang lebih halus atau melebihi 20 mesh akan dimasukkan ke Silo untuk dijadikan hasil samping yang masih bisa untuk dijual. Produk yang ukurannya sudah sesuai akan diteruskan menuju Coating Drum (CD-01) melalui Belt Conveyor (BC-02) bersamaan dengan penambahan Coating Agent sebanyak 3%. Pada Coating Drum, drum akan berputar sehingga ammonium nitrat akan terlapisi dengan Coating Agent sehingga ammonium nitrat tidak lengket satu sama lain. Hasil keluaran dari Coating Drum (CD-01) akan diteruskan menuju Silo Product (SL-01) menggunakan Bucket Elevator (BE-01) dan diteruskan lagi menggunakan Belt Conveyor (BC-03) untuk disimpan sementara sebelum dilakukan

proses pengantongan (BG-01). Pengantongan dilakukan dengan menggunakan kemasan dengan kapasitas 100 pon. (Dorsey, 1955)

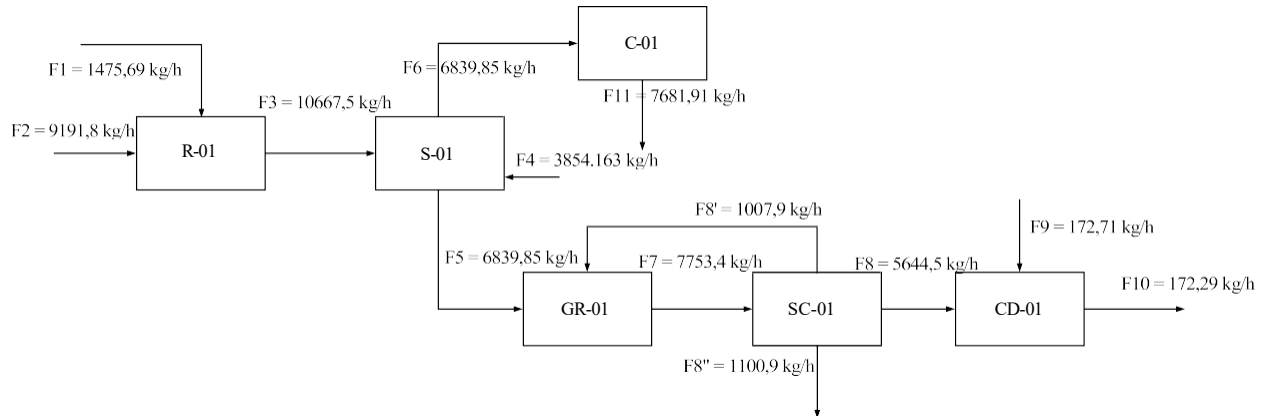
2.4 Process Flow Diagram Amonium Nitrat



2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.5.1 Neraca Massa

Basis 1 jam operasi, bahan masuk NH_3 1471,51 kg dan HNO_3 5469,17 kg.



Gambar 2.1 Blok Diagram Neraca Massa

Keterangan

R-01 : Reaktor

S-01 : Separator

C-01 : Condensor

GR-01 : Grinder

SC-01 : Screen

CD-01 : Coating Drum

Berikut ini adalah rangkuman dari neraca massa pabrik ammonium nitrat dengan kapasitas 55.000 ton/tahun. Perhitungan lengkapnya terlampir pada lampiran A.

2.5.1.1 Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-01)

Tabel 2.7 Neraca Massa di Sekitar Reaktor R-101

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
NH_3	0,000	1.340,464	20,107
HNO_3	4.971,971	0,000	86,745
NH_4NO_3	0,000	0,000	6.205,613
H_2O	3.384,282	1,073	3.385,36
Total	9.697,8		9.697,8

2.5.1.2 Neraca Massa di Sekitar *Cyclone Sparator*

Tabel 2.8 Neraca Massa di Sekitar *Cyclone Separator*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
NH ₄ NO ₃	6.205,61	0,00	6.205,61	0,00
H ₂ O Terikat NH ₄ NO ₃	1.182,02	0,00	12,43	0,00
H ₂ O	2.203,33	0,00	0,00	3.372,92
NH ₃	20,10	0,00	0,00	20,10
HNO ₃	86,74	0,00	0,00	86,74
N ₂	0,00	3.044,78	0,00	3.044,78
O ₂	0,00	809,374	0,00	809,374
Total	13.551,984		13.551,984	

2.5.1.3 Neraca Massa di Sekitar Condenser

Tabel 2.9 Neraca Massa di Sekitar Condenser

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 6	Arus 11
H ₂ O	3.372.920	3.372.920
NH ₃	20.107	20.107
HNO ₃	86.745	86.745
N ₂	3.044.789	3.044.789
O ₂	809.374	809.374
Total	7.333,935	7.333,935

2.5.1.1 Neraca Massa di Sekitar *Grinder*

Tabel 2.10 Neraca Massa di Sekitar *Grinder*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 8'	Arus 7
NH ₄ NO ₃	6.205.613	927.275	7.132.888
H ₂ O	12.436	1.858	14.294
Total	7.147.183		7.147.183

2.5.1.2 Neraca Massa di Sekitar Screen

Tabel 2.11 Neraca Massa di Sekitar Screen

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 8'	Arus 8''
NH ₄ NO ₃	7.132.888	5.192.743	927.275	1.012.870
H ₂ O	14.294	10.406	1.858	2.030
Total	7147.183		7147.183	

2.5.1.3 Neraca Massa di Sekitar Coating Drum

Tabel 2.12 Neraca Massa di Sekitar Coating Drum

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
NH ₄ NO ₃	5.192.743	0,000	5.192.743
H ₂ O	10.406	0.193	10.599
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,000	158.508	158.508
CaO	0,000	0.193	0.193
Total	5.362.043		5362.043

2.5.1.4 Neraca Massa Overall

Tabel 2.13 Neraca Massa Overall

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Reaktor (R-101)		
F1		
• HNO_3	4971,970	
• H_2O	3384,282	
F2		
• NH_3	1340,463	
• H_2O	1,073	
Separator		
F4		
• N_2	3044,788	
• O_2	809,374	
Screen		
F8"		
• NH_4NO_3		1012,870
• H_2O		2,030
Coating Drum		
F9		
• H_2O	0,193	
• $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	158,508	
• CaO	0,193	
F10		
• NH_4NO_3		5192,742
• H_2O		10,599
• $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$		158,508
• CaO		0,193
Condensor		
F11		

• N ₂		3044,788
• O ₂		809,374
• NH ₃		20,106
• HNO ₃		86,745
• H ₂ O		3372,919
TOTAL	13710,88	13710,88

- Produk Utama

Massa NH₄NO₃ = 6.205,613 kg/h
 Massa NH₄NO₃ = 148.934,7 kg/day
 Massa NH₄NO₃ = 148,9347 ton/day
 Massa NH₄NO₃ = 49.148,9347 ton/tahun

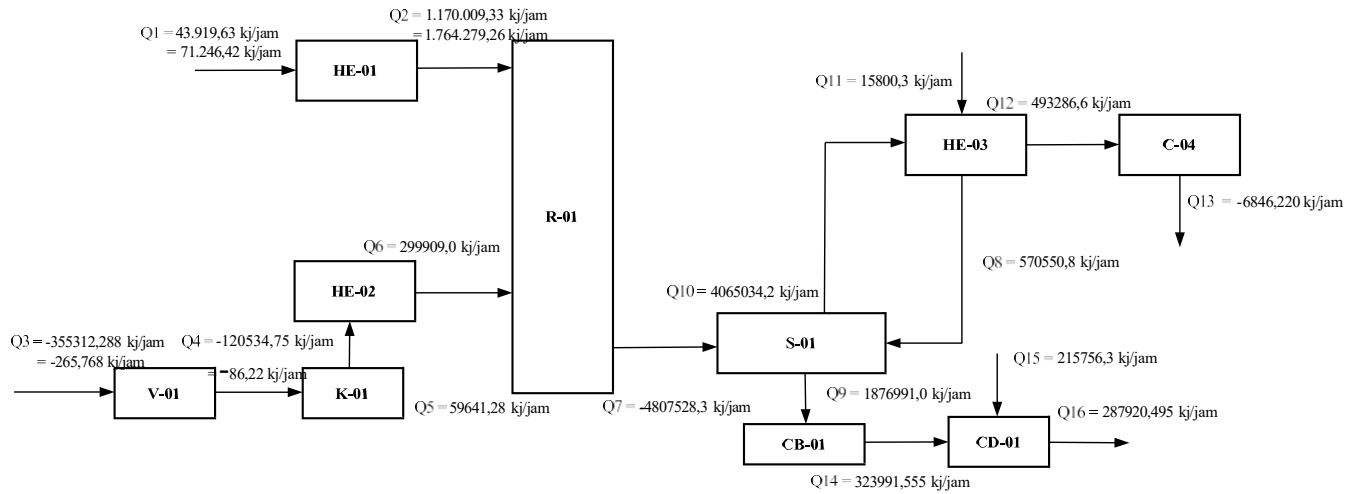
- Produk Samping

Massa H₂O = 12,629 kg/h
 Massa H₂O = 303,1009 kg/day
 Massa H₂O = 0,3003 ton/day
 Massa H₂O = 100,023 ton/tahun

- Coating Agent

Massa Ca₃(PO₄)₂ = 158,895 kg/h
 Massa Ca₃(PO₄)₂ = 3.813,468 kg/day
 Massa Ca₃(PO₄)₂ = 3,8134 ton/day
 Massa Ca₃(PO₄)₂ = 1.258,445 ton/tahun

2.5.2 Neraca Panas



Gambar 2.2 Blok Diagram Neraca Panas

Keterangan

HE-01 : Heater

V-01 : Vaporizer

K-01 : Compressor

HE-02 : Heater

R-01 : Reaktor

S-01 : Separator

HE-03 : Heat Exchanger

C-01 : Condensor

CB-01 : Cooling Belt

CD-01 : Coating Drum

Berikut ini adalah rangkuman dari neraca massa pabrik ammonium nitrat dengan kapasitas 55.000 ton/tahun. Perhitungan lengkapnya terlampir pada lampiran B.

2.5.2.1 Neraca Panas di Sekitar Heater I, HE-01

Tabel 2.14 Neraca Panas di Sekitar Heater I

Aliran	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Aliran 1	HNO _{3(l)}	43.919,63	
	H ₂ O _(l)	71.246,42	
Aliran 2	HNO _{3(l)}		1.170.009,33
	H ₂ O _(l)		1.764.279,26
	Q pemanas	2.819.122,54	
	Total	2.934.288,59	2.934.288,59

2.5.2.2 Neraca Panas di Sekitar Vaporizer, V-01

Tabel 2.15 Neraca Panas di Sekitar Vaporizer

Arus	Komponen	Panas Bahan Masuk (kJ/jam)	Panas Bahan Keluar (kJ/jam)
Arus 3	NH _{3(g)}	-355312,288	
	H ₂ O _(g)	-265,768	
Arus 4	NH _{3(l)}		-120534,75
	H ₂ O _(l)		-86,22
	Q Pemanas	234957,091	
	Total	-120620,965	-120620,965

2.5.2.3 Neraca Panas di Sekitar Kompresor, K-01

Tabel 2.16 Neraca Panas di Sekitar Kompresor

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 4	NH _{3(g)}	-120534,75	
	H ₂ O _(g)	-86,22	
Arus 5	NH _{3(g)}		-60936,32
	H ₂ O _(g)		-43,36
	Q Pemanas	59641,28	
	Total	-60979,681	--60979,681

2.5.2.4 Neraca Panas di Sekitar Heater II, HE-02

Tabel 2.17 Neraca Panas di Sekitar Heater II

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 3	NH _{3(g)}	-60936,32	
	H ₂ O _(g)	-43,36	
Arus 6	NH _{3(g)}		238763,913
	H ₂ O _(g)		165,500
	Q Pemanas	299909,094	

Total	238929,413	238929,413
--------------	------------	------------

2.5.2.5 Neraca Panas di Sekitar Reaktor, R-01

Tabel 2.18 Neraca Panas di Sekitar Reaktor

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 2	HNO _{3(l)}	1170009,329	
	H ₂ O _(l)	1764279,262	
Arus 6	NH _{3(g)}	238763,913	
	H ₂ O _(g)	165,500	
	NH _{3(g)}		9760,792
Arus 7	HNO _{3(g)}		18529,408
	NH ₄ NO _{3(aq)}		-110526,629
	H ₂ O _(l)		1094614,984
	H ₂ O _(g)		894835,529
	Q Reaksi		-6714742,415
	Q Pemanas	-7980746,336	
	Total	-4807528,332	-4807528,332

2.5.2.6 Neraca Panas di Sekitar Separator, S-01

Tabel 2.19 Neraca Panas di Sekitar Separator

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 7	NH _{3(g)}	9760,792	
	HNO _{3(g)}	18529,408	
	NH ₄ NO _{3(aq)}	-110526,629	
	H ₂ O _(l)	1094614,984	
	H ₂ O _(g)	894835,529	
Arus 8	N _{2(g)}	570550,8915	
	O _{2(g)}	136713,9283	
Arus 9	NH ₄ NO _{3(s)}		1876991,074
	H ₂ O _(l)		9229,644

Arus 10	NH _{3(g)}	9485,377	
	HNO _{3(g)}	17983,949	
	H ₂ O _(g)	1333106,380	
	O _{2(g)}	158492,486	
	N _{2(g)}	659745,303	
Q Penguapan		1450555,31	
Total		4065034,212	4065034,212

2.5.2.7 Neraca Panas di Sekitar Heat Exchanger I, HE-03

Tabel 2.20 Neraca Panas di Sekitar Heat Exchanger I

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 10	NH _{3(g)}	9485,377	
	HNO _{3(g)}	17983,949	
	H ₂ O _(g)	1333106,380	
	O _{2(g)}	158492,486	
	N _{2(g)}	659745,303	
Arus 11	N _{2(g)}	15800,32872	
	O _{2(g)}	3728,079722	
Arus 12	NH _{3(g)}		3392,909
	HNO _{3(g)}		6176,081
	H ₂ O _(g)		493286,664
	N _{2(g)}		246371,634
	O _{2(g)}		58490,942
Arus 8	N _{2(g)}		570550,891
	O _{2(g)}		136713,928
Q Loss			683358,85
Total		2198341,903	2198341,903

2.5.2.8 Neraca Panas di Sekitar Condensor, C-01

Tabel 2.21 Neraca Panas di Sekitar Condensor

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 12	NH _{3(g)}	3392,909	
	HNO _{3(g)}	6176,081	
	H ₂ O _(g)	493286,664	
	N _{2(g)}	246371,634	
	O _{2(g)}	58490,942	
Arus 13	NH _{3(g)}		-4122,702
	HNO _{3(g)}		-6846,220
	H ₂ O _(g)		-642359,456
	N _{2(g)}		-4067063,502
	O _{2(g)}		-523001,423
Q Pendingin			6051111,533
Total		807718,23	807718,23

2.5.2.9 Neraca Panas di Sekitar Cooling Belt, CB-01

Tabel 2.22 Neraca Panas di Sekitar Cooling Belt

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 9	NH ₄ NO _{3(s)}	1876991,074	
	HO _{2(l)}	9229,644	
Arus 14	NH ₄ NO _{3(s)}		323991,555
	HO _{2(l)}		1559,173
Q Pendingin		-1560669,989	
Total		325550,728	325550,728

2.5.2.10 Neraca Panas di Sekitar Coating Drum

Tabel 2.23 Neraca Panas di Sekitar Coating Drum

Arus	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Arus 14	NH ₄ NO _{3(s)}	323991,555	
	HO _{2(l)}	1559,173	
Arus 15	Ca ₂ (PO ₄) _{3(s)}	215756,362	
	CaO	48,462	
	HO _{2(l)}	87,114	
	NH ₄ NO _{3(s)}		287920,495
Arus 16	HO _{2(l)}		1385,968
	Ca ₂ (PO ₄) _{3(s)}		3708,856
	CaO		4,608
	Q Loss		248422,739
Total		541442,666	541442,666

2.5.2.11 Neraca Panas Overall

Tabel 2.24 Neraca Panas Overall

Neraca Panas Total			
Aliran	Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
V-01	NH _{3(l)}		355312,288
	H ₂ O _(l)		265,768408
	Q Pemanas	234957,09	
K-01	Q kompresi	59641,28	
HE-01	HNO _{3(l)}	43.919,63	
	H ₂ O _(l)	71.246,42	
	Q Pemanas	2819122,54	
HE-02	Q Pemanas	299909,0944	
R-01	Q Reaksi	6714742,4	
	Q Pemanas		7980746,33

S-01	Q penguapan	1450555,31	
HE-03	N _{2(g)}	15800,3287	
	O _{2(g)}	3728,07972	
	Q Loss		683358,85
C-01	NH _{3(l)}	4122,70168	
	HNO _{3(l)}	6846,22011	
	H ₂ O _(l)	642359,456	
	N _{2(l)}	4067063,5	
	O _{2(l)}	523001,423	
	Q Pendingin		6051111,53
CB-01	Q Pendingin		1560669,99
CD-01	NH ₄ NO _{3(s)}		287920,495
	H ₂ O _(l)	87,1136458	1385,96831
	Ca ₂ (PO ₄) _{3(s)}	215756,362	3708,85589
	CaO _(s)	48,4623195	4,60772267
	Q Loss		248422,739
Total		17172907,43	17172907,43

$$Q \text{ Loss} = 931781,59 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Efisiensi} = (Q \text{ total} - Q \text{ loss}) : Q \text{ total} \times 100\%$$

$$= (17172907,43 - 931781,59) : 17172907,43 \times 100\%$$

$$= 95\%$$

2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

2.6.1 Layout Pabrik

Lay out (tata letak) adalah posisi dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat kerja karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang ditinjau dari hubungan satu dengan yang lainnya. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa untuk efisiensi dan kelancaran proses produksi.

Penentuan tata letak pabrik wajib memikirkan penempatan alat-alat produksi dalam rangka memenuhi keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi para karyawan. Tata letak pabrik yang dianggap paling optimal berdasarkan alasan tingkat hubungan dan kedekatan antar fasilitas sesuai sistem penilaian dengan metode ARC (*Activity Relationship Chart*), metode ARD (*Activity Relationship Diagram*), dan metode AAD (*Area Allocating Diagram*). Fasilitas kantor yang berada di depan pintu masuk pabrik yang berdekatan dengan fasilitas penerimaan dan fasilitas pengiriman, fasilitas pengiriman dan penerimaan terletak berdekatan yang berdekatan langsung dengan halaman parkir, gudang bahan berdekatan langsung dengan gudang peralatan, fasilitas produksi berada ditengah-tengah fasilitas pabrik yang berdekatan dengan gudang bahan, laboratorium, gudang produk jadi, ruang peralatan dan ruang pengawasan, pembangkit listrik berada di belakang pabrik yang berdekatan dengan fasilitas ruang peralatan dan ruang pengawasan, dan bak penampungan berdekatan langsung dengan pengolahan limbah yang berada di belakang fasilitas pabrik. Beberapa bangunan fisik seperti kantor, tempat ibadah, poliklinik, laborototium, *fire safety*, pos penjagaan dan sebagainya akan ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu, ditinjau dari segi lalu lintas barang, control dan juga keamanan (Ahmad et al., 2018). Beberapa hal yang wajib diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah:

a. Kemungkinan perluasan pabrik dan penambahan jumlah bangunan

Area perluasan pabrik harus direncanakan sejak awal agar masalah kebutuhan tempat tidak timbul dimasa yang akan datang. Sejumlah area khusus perlu disiapkan untuk perluasan pabrik, penambahan peralatan untuk menambah kapasitas pabrik atau mengolah produk menjadi produk lain.

b. Keamanan

Keamanan terhadap potensi adanya bencana kebakaran, ledakan asap atau gas beracun harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Maka, tata letak pabrik harus memetakan area khusus serta perlunya jarak antara bangunan satu dengan yang lainnya yang bertujuan untuk memberi ruang leluasa demi keselamatan.

c. Luas area yang tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyediaan lahan. Maka, pemakaian tempat disesuaikan dengan lahan yang tersedia. Jika harganya tinggi,

maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan yang diatur (misalnya dibuat bertingkat) agar menghemat luas tempat.

d. Instalasi dan utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, *steam*, dan listrik yang baik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan pesawat yang benar akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan peralatan proses secara tepat akan membuat petugas pabrik mudah mencapainya, menjamin kelancaran operasi serta memberikan kemudahan perawatan peralatan.

e. Area pengolahan limbah

Pabrik harus memperhatikan aspek sosial dan ikut menjaga kelestarian lingkungannya, yaitu dengan memperhatikan masalah pembuangan limbah hasil produksinya. Batas maksimal kandungan komponen berbahaya pada limbah harus diperhatikan dengan baik. Maka, penambahan fasilitas pengolahan limbah sangat diperlukan untuk mengolah limbah sehingga setelah dibuang, limbah tersebut tidak membahayakan bagi komunitas lingkungan sekitar.

f. Jarak tersedia dan jarak yang dibutuhkan

Alat – alat proses perlu diletakkan pada jarak yang teratur dan nyaman sesuai dengan karakteristik alat dan bahan, sehingga potensi bahaya kecelakaan dapat dihindarkan. Sebagian besar aliran bahan cair dan gas di *plant* menggunakan pipa dan harus memperhatikan regulasi yang tepat dalam membuat desain. Posisi alat proses diusahakan tidak terlalu dekat atau terlalu jauh untuk mempermudah pengangkatan bahan dan perbaikan alat (Ahmad et al., 2018).

Secara garis besar, *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

a. Daerah administrasi (perkantoran), laboratorium, dan ruang control

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur jalannya operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas, dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

b. Daerah proses

Daerah tempat alat proses diletakkan untuk menjalankan proses produksi.

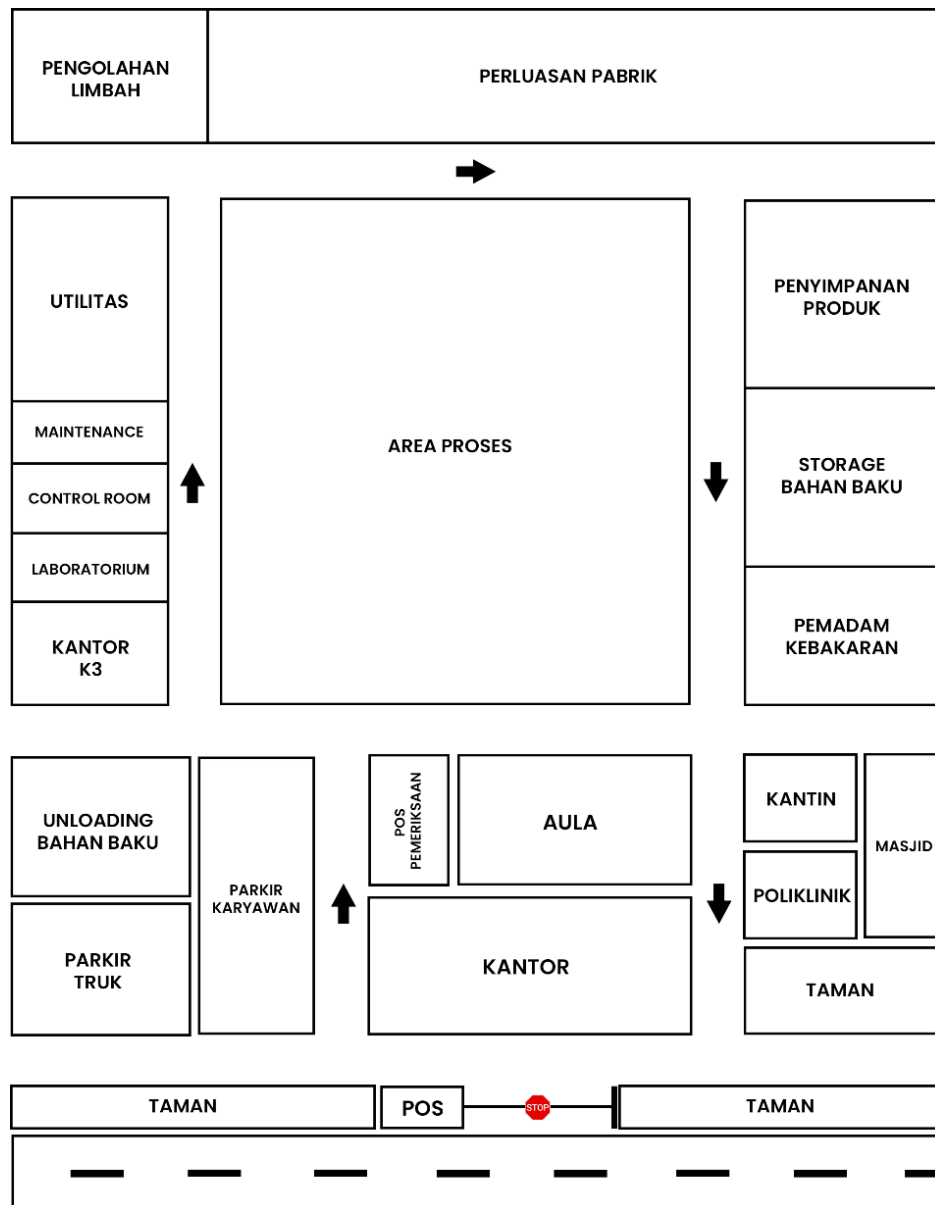
c. Daerah gudang umum, *maintenance*, dan garasi

Daerah untuk menyimpan peralatan bekas, menyimpan bahan tertentu, apabila alat harus dibawa keluar dari daerah proses untuk diperbaiki.

d. Daerah utilitas

Daerah sarana pendukung operasi seperti penyediaan air, *steam*, listrik, dan unit pengolahan limbah (Ahmad et al., 2018).

2.6.2 Pemetaan



Gambar 2.3 Layout Pabrik

Tabel 2.25 Keterangan Bagian Pabrik

No	Bagian	Aktivitas
1	<i>Production</i>	Produksi
2	<i>Production Service</i>	Gudang Bahan Baku
3		Gudang Produk
5		<i>Control room</i>
6		Utilitas
7		Laboratorium
8		Area pengolahan limbah
9	<i>General Service</i>	Kantor
10		Kantor K3
11		Pos pemeriksaan
12		Pos keamanan
13		Area perluasan
14		Taman
15		Jalan
16		Area parkir truk
17	<i>Personal Service</i>	Area parkir tamu dan karyawan
18		Masjid
19		Kantin
20		Poliklinik
21	<i>Physical Plant Service</i>	Unit <i>maintenance</i> alat
23		Unit pemadam kebakaran

Perincian penggunaan tanah sebagai berikut:

Tabel 2.26 Perincian Penggunaan Tanah Bagian Indoor

No	Nama Bangunan	Luas Bangunan (m ²)
1.	Pos Keamanan	30

2.	Pos Pemeriksaan	30
3.	Gedung Kantor Utama	500
4.	Kantin	200
5.	Laboratorium	200
6.	Unit Pemadan Kebakaran	300
7.	Gedung Penyimpanan Bahan Baku	800
8.	Gudang Penyimpanan Produk	800
9.	Kantor K3	300
10.	Unit Maintenance	150
11.	Control Room	300
12.	Masjid	300
13.	Aula	450
14.	Poliklinik	200
Total		4.560

Tabel 2.27 Perincian Penggunaan Tanah Bagian Outdoor

No	Bangunan <i>Outdoor</i>	Luas (m²)
1.	Area Parkir Tamu dan Karyawan	600
2.	Area Parkir Truk	700
3.	Area <i>Loading</i> Bahan Baku	500
4.	Area Produksi	6.000
5.	Area Utilitas	1.200
6.	Area Pengolahan Limbah	500
7.	Area Perluasan	4.000
8.	Jalan	800
9.	Taman	800
Total		15.100

Dalam penentuan *lay out* peralatan proses pada pabrik ammonium nitrat ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1) Aliran Bahan Baku dan Produk

Penentuan aliran bahan baku yang tepat akan menunjang kelancaran dan keamanan produksi, serta memberikan keuntungan nilai ekonomi yang tinggi. Semakin dekat penempatan bahan baku dan produk dengan jalur transportasi, akan menambah efisiensi pengeluaran dana yang dikeluarkan. Perlu diperhatikan elevasi pipa, untuk pipa diatas tanah sebaiknya diberikan ketinggian 3 meter atau lebih, sedangkan untuk pipa pada permukaan perlu diatur posisinya supaya tidak mengganggu lalu lintas pekerja. Dan dipastikan pipadiberikan warna yang berbeda sehingga mengetahui mana pipa yang harus dijauhkan dengan bahan-bahan yang mudah menyulut atau membuat ledakan.

2) Aliran Udara

Aliran udara didalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari adanya stagnasi udara pada suatu tempat yang mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat menimbulkan ancaman bagi para pekerja. Disamping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin.

3) Cahaya

Penerapan diseluruh pabrik harus memadai serta tempat – tempat yang sekiranya beresiko tinggi terjadi bahaya juga harus diberikan penerangan tambahan.

4) Lalu Lintas Manusia

Dalam perancangan *Layout* perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan tepat dan mudah supaya apabila ada gangguan alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan pekerjaan selama menjalankan tugasnya perlu diperhatikan.

5) Jarak Antar Proses

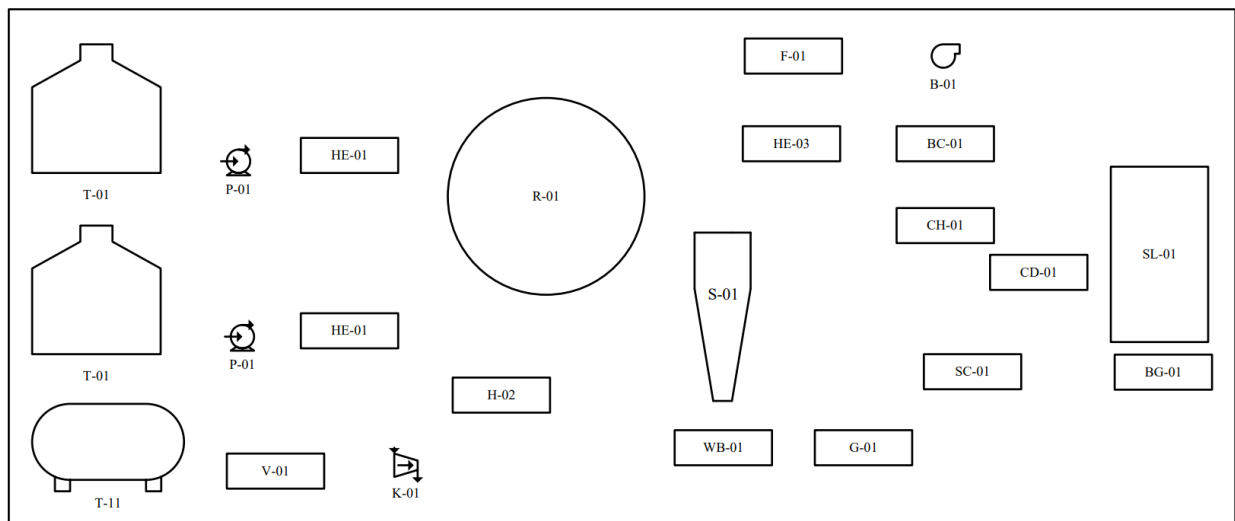
Untuk alat proses yang mempunyai temperatur dan tekanan operasi yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat – alat proses lainnya sehingga tidak

membahayakan alat – alat lain apabila timbul ledakan atau kebakaran pada alat tersebut.

6) Pertimbangan Ekonomi

Dalam menerapkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik berguna untuk menguntungkan dari segi ekonomi.

Adapun pemetaan peralatan prarancangan pabrik ammonium nitrat dengan proses stengel kapasitas 55.000 ton/tahun dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Keterangan:

- T-11 : Amonia Day Tank
- T-01 : Nitric Acid Acid Day Tank
- R-01 : Reactor
- K-01 : Compressor Amonia
- C-01 : Condenser
- HE-01 : 1ST Heater Nitric Acid
- HE-02 : 2ND Heater Amonia
- HE-03 : 3RD Heat Exchanger
- P-01 : Nitric Acid Unloading Pump
- V-01 : Vaporizer Amonia
- S-01 : Cyclone Separator
- WB-01 : Werl Box

G-01 : Grinder
SC-01 : Screen
B-01 : Air Blower
F-01 : Air Filter
CH-01 : Coating Hopper
CD-01 : Coating Drum
SL-01 : Silo Product
BG-01 : Product Bagging