

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT DARI  
AMONIA DAN UDARA  
DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Nashira Berliana Wulansari    Nama : Wyenda Yulista**

**NIM : 21521083**

**NIM : 21521070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2025**



# LEMBAR KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK PABRIK ASAM NITRAT

DARI AMONIA DAN UDARA

DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



Oleh:  
Nama : Nashira Berliana Wulansari Nama : Wyenda Yulista  
NIM : 21521083 NIM : 21521070

Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan

Nashira Berliana Wulansari

Td. Tangan

Wyenda Yulista

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRARANCANGAN PABRIK PABRIK ASAM NITRAT DARI AMONIA DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

### PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : **Wyenda Yulista**

NIM : **21521070**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

**Yogyakarta, 17 September 2025**

Tim Penguji,

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Ketua Penguji

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.

Penguji I

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Penguji II

Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIK. 995200445

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Tak lupa, selawat dan salam kami panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas Akhir Prarancangan Pabrik yang berjudul “Prarancangan Pabrik Asam Nitrat dari Ammonia dan Udara Kapasitas 80.000 Ton/Tahun” merupakan tugas akhir dari Program Studi Teknik Kimia sebagai bentuk implementasi ilmu keteknikan yang telah diperoleh selama masa studi dan merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia. Penulisan Tugas Akhir ini tentunya dapat berjalan dengan baik dan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, serta karunia-Nya yang tiada henti diberikan dalam setiap langkah kehidupan penulis.
2. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga penulis untuk segala doa, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang tak pernah putus diberikan kepada penulis.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan yang sangat berarti bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Segenap bapak dan ibu dosen Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh civitas academica di lingkungan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2021, yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa selama proses penyelesaian studi.
9. Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu kami mengharapkan kritik dan saran atau masukan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. *Aamiin.*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	i
LEMBAR KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xiv
ABSTRAK .....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas .....	2
1.3 Analisis Supply dan Demand .....	3
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	20
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>	<b>27</b>
2.1 Spesifikasi Produk.....	27
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	31

2.3	Pengendalian Kualitas .....	34
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES.....</b>		<b>39</b>
3.1	Diagram Alir Proses dan Material .....	39
3.2	Uraian Proses.....	41
3.3	Spesifikasi Alat.....	44
3.4	Neraca Massa .....	55
3.5	Neraca Panas .....	60
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....</b>		<b>63</b>
4.1	Lokasi Pabrik.....	63
4.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	66
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses ( <i>Machines Layout</i> ) .....	70
4.4	Organisasi Perusahaan.....	72
<b>BAB V UTILITAS .....</b>		<b>97</b>
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ).....	97
5.2	Unit Pembangkit Steam.....	121
5.3	Unit Pembangkit Listrik .....	122
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan.....	126
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	128
5.6	Unit Pengolahan Dowtherm .....	128
<b>BAB VI EVALUASI EKONOMI.....</b>		<b>132</b>

<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>155</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>157</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor asam nitrat (Ton/Tahun).....	3
Tabel 1.2 Data Pertumbuhan impor asam nitrat (Ton/Tahun).....	4
Tabel 1.3 Pabrik asam nitrat di Indonesia .....	6
Tabel 1.4 Data ekspor asam nitrat (Ton/Tahun).....	7
Tabel 1.5 Data pertumbuhan ekspor asam nitrat (Ton/Tahun).....	8
Tabel 1.6 Data kapasitas pabrik dengan bahan baku asam nitrat di Indonesia .....	9
Tabel 1.7 Produksi ammonia yang ada di Indonesia .....	11
Tabel 1.8 Kapasitas pabrik komersial .....	11
Tabel 1.9 Perbandingan proses.....	19
Tabel 1.10 Harga $\Delta H_f^\circ$ dan harga $\Delta G^\circ$ untuk masing - masing komponen.....	20
Tabel 1.11 Harga $\Delta H_f^\circ$ dan harga $\Delta G^\circ$ untuk masing - masing komponen.....	22
Tabel 1.12 Harga $\Delta H_f^\circ$ dan harga $\Delta G^\circ$ untuk masing - masing komponen.....	23
Tabel 1.13 Harga $\Delta H_f^\circ$ dan harga $\Delta G^\circ$ untuk masing - masing komponen.....	24
Tabel 2.1 Spesifikasi produk.....	27
Tabel 2.2 Spesifikasi bahan baku .....	31
Tabel 2.3 Spesifikasi bahan pendukung .....	31
Tabel 4.1 Jam kerja karyawan non-shift .....	87
Tabel 4.2 Jam kerja karyawan shift.....	87
Tabel 4.3 Jadwal shift regu A,B,C,dan D dalam sebulan.....	88
Tabel 4.4 Spesifikasi tingkat Pendidikan minimal.....	89
Tabel 4.5 Gaji pokok karyawan .....	92

Tabel 5.1 Kebutuhan Steam di Reaktor 2.....	100
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses di Absorber .....	101
Tabel 5.3 Kebutuhan listrik alat proses .....	123
Tabel 5.4 Kebutuhan listrik alat utilitas .....	123
Tabel 5.5 Total kebutuhan listrik.....	126
Tabel 5. 6 Rangkuman unit operasi refrigerant/coolent .....	131
Tabel 6.1 Index harga .....	133
Tabel 6.2 Harga alat proses .....	135
Tabel 6.3 Harga alat utilitas.....	136
Tabel 6.4 <i>Physical plant cost (PPC)</i> .....	139
Tabel 6.5 <i>Direct plant cost (DPC)</i> .....	139
Tabel 6.6 <i>Fixed capital investment (FCI)</i> .....	139
Tabel 6.7 <i>Working capital investment (WCI)</i> .....	140
Tabel 6.8 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....	141
Tabel 6.9 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....	142
Tabel 6.10 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....	142
Tabel 6.11 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i> .....	143
Tabel 6.12 <i>General Expense (GE)</i> .....	143
Tabel 6.13 <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....	143
Tabel 6.14 Analisis Risiko Pabrik .....	145
Tabel 6.15 Fa ( <i>Fixed Cost</i> ).....	149
Tabel 6.16 Ra ( <i>Regulated Cost</i> ) .....	149

Tabel 6.17 Va ( <i>Variable Cost</i> ) .....	150
Tabel 6.18 Sa ( <i>Annual sales value</i> ) .....	150
Tabel 6.19 Rangkuman analisa kelayakan pabrik .....	153

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik impor berdasarkan data BPS.....	4
Gambar 1.2 Grafik Ekspor berdasarkan Data BPS .....	7
Gambar 4.1 Lokasi pabrik di Kota Kutai Kartanegara .....	64
Gambar 4.2 Tata letak Pabrik skala 1:1000.....	69
Gambar 4.3 Tata letak alat proses skala 1:400 .....	70
Gambar 4.4 Struktur organisasi.....	76
Gambar 6.1 Grafik Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).....	134
Gambar 6.2 Grafik Analisa evaluasi ekonomi .....	154

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A. PERANCANGAN REAKTOR .....	160
LAMPIRAN B. PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM .....	182
LAMPIRAN C. KARTU KONSULTASI BIMBINGAN .....	184

## DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T : Suhu °C

D : Diameter, m

H : Tinggi, m

P : Tekanan, psia

$\mu$  : Viskositas, cP

$\rho$  : Densitas, kg/m<sup>3</sup>

Q : Kebutuhan Kalor, Kj/Jam

A : Luas Penampang, m<sup>2</sup>

V : Volume, m<sup>3</sup>

T : Waktu, jam

M : Massa, Kg

Fv : Laju Volumetrik, m<sup>3</sup>

R : Jari- jari, in

P : *Power* motor, Hp

Ts : Tebal *shell*, in

$\Delta P$  : *Pressure drop*, psia

ID : *Inside diameter*, in

OD : *Outside diameter*, in

Th : Tebal head, in

Re : Bilangan *Reynold*

f : *Allowable stress*, psia

icr : Jari-jari sudut dalam, in

L : Lebar pengaduk, m

N : Kecepatan putaran, rpm

UD : *Dirt Overall Coefficient HE*, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F

UC : *Clean Overall Coefficient HE*, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F

P : Panjang, m

l : Lebar, m

x : Konversi, %

E : Efisiensi sambungan

K : Konduktivitas termal, Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F

K : Konstanta kinetika reaksi

R : Tatapan konstan gas

Fv : : Laju alir, m<sup>3</sup>/jam

Sg : *Specific gravity*

LMTD : *Log Mean Temperature Different*, °F

## ABSTRAK

Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) merupakan salah satu bahan kimia anorganik penting yang banyak digunakan dalam industri pupuk, bahan peledak, pengolahan logam, dan produksi senyawa kimia organik maupun anorganik lainnya. Prarancangan pabrik asam nitrat ini menggunakan bahan baku amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan udara dengan kapasitas produksi sebesar 80.000 ton/tahun. Pabrik direncanakan didirikan di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, di atas lahan seluas  $\pm 4,5$  hektar dan mempekerjakan sekitar 131 karyawan. Proses utama yang digunakan adalah proses Ostwald, yang meliputi tahap oksidasi amonia menjadi nitrogen monoksida ( $\text{NO}$ ) pada suhu  $840^\circ\text{C}$  dan tekanan 10,5 atm dengan katalis platina-rhodium, oksidasi lanjutan menjadi nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), serta absorpsi  $\text{NO}_2$  ke dalam air untuk menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi komersial 65%. Bahan baku amonia yang dibutuhkan sebesar 1.788,09 kg/jam menghasilkan produk asam nitrat 10.101,01 kg/jam, dengan produk samping berupa gas buang yang masih mengandung nitrogen oksida. Pabrik beroperasi selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari. Kebutuhan utilitas mencakup *Dowtherm A* sebesar 59.111,06 kg/jam, *steam* sebesar 380,338 kg/jam, listrik sebesar 14.606,88 kW, dan bahan bakar solar sebesar 1.882,44 kg/jam untuk pemanas awal proses. Berdasarkan analisis risiko, pabrik ini dikategorikan *high risk*. Hasil evaluasi ekonomi, ROI setelah pajak -66%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak -1,8 tahun, *Break Even Point* (BEP) -40%, *Shut Down Point* (SDP) -19%, dan DCFRR -718078513%. Berdasarkan analisis ekonomi tersebut, pabrik asam nitrat dari amonia dan udara pada kapasitas 80.000 ton/tahun dinyatakan belum layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: Asam nitrat, Proses Ostwald, Amonia, Evaluasi ekonomi, Prarancangan pabrik.

## **ABSTRACT**

*Nitric acid (HNO<sub>3</sub>) is an important inorganic chemical widely used in the fertilizer, explosives, metal processing, and organic and inorganic chemical production industries. The preliminary design of this nitric acid plant uses ammonia (NH<sub>3</sub>) and air as raw materials, with a production capacity of 80,000 tons/year. The plant is planned to be built in Kutai Kartanegara, East Kalimantan, on an area of ±4.5 hectares and will employ around 131 employees. The main process used is the Ostwald process, which includes the oxidation of ammonia to nitrogen monoxide (NO) at a temperature of 840°C and a pressure of 10.5 atm with a platinum-rhodium catalyst, further oxidation to nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), and the absorption of NO<sub>2</sub> into water to produce nitric acid with a commercial concentration of 65%. The required ammonia raw material of 1,788.09 kg/hour produces 10,101.01 kg/hour of nitric acid, with by-products in the form of exhaust gas that still contains nitrogen oxide. The plant operates 330 days per year and 24 hours per day. Utility requirements include 59,111.06 kg/hour of Dowtherm A, 380.338 kg/hour of steam, 14,606.88 kW of electricity, and 1,882.44 kg/hour of diesel fuel for the initial heating of the process. Based on risk analysis, this plant is categorized as high risk. The results of the economic evaluation are: ROI after tax -66%, Pay Out Time (POT) after tax - 1.8 years, Break Even Point (BEP) -40%, Shut Down Point (SDP) -19%, and DCFRR -718078513%. Based on this economic analysis, the nitric acid plant from ammonia and air at a capacity of 80,000 tons/year is deemed unfeasible for further study.*

*Keywords: Nitric acid, Ostwald Process, Ammonia, Economic evaluation, Plant design.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) merupakan salah satu bahan kimia anorganik penting yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, terutama sebagai bahan baku utama produksi pupuk amonium nitrat, yang menyumbang sekitar 75–80% dari konsumsi global  $\text{HNO}_3$  (Wikipedia, 2025). Selain itu,  $\text{HNO}_3$  digunakan dalam pembuatan bahan peledak, senyawa organik nitro, pemrosesan logam, industri semikonduktor, serta reagen laboratorium (Mordor Intelligence, 2024). Pertumbuhan industri pupuk dan bahan kimia di Indonesia, khususnya di daerah dengan pusat industri seperti Jakarta dan Surabaya, mendorong peningkatan permintaan asam nitrat dengan proyeksi pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) sekitar 4% hingga 2033, dari nilai pasar USD 400,5 juta pada 2024 menjadi USD 568,7 juta pada 2033 (IMARC Group, 2024).

Prarancangan pabrik asam nitrat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun yang menggunakan proses Ostwald, yaitu oksidasi amonia ( $\text{NH}_3$ ) dengan udara menjadi nitrogen monoksida ( $\text{NO}$ ), oksidasi lanjutan menjadi nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), dan absorpsi dalam air untuk menghasilkan  $\text{HNO}_3$  berkonsentrasi komersial (60–68%), bertujuan untuk memenuhi kebutuhan industri domestik sekaligus mengurangi ketergantungan impor (Wikipedia, 2025; UGM, 2020). Pemilihan proses Ostwald didasari efisiensi konversi tinggi, ketersediaan bahan baku, dan penerapan luas di industri global. Lokasi pabrik idealnya dekat sumber pasokan amonia, seperti di

kawasan industri Kutai Kartanegara yang dekat dengan produsen amonia nasional, serta memiliki akses transportasi dan utilitas memadai (UGM, 2020). Produk yang dihasilkan akan diarahkan ke berbagai segmen pasar, mulai dari industri pupuk, bahan peledak, hingga logam dan semikonduktor, sehingga dapat memperluas daya serap pasar dan meningkatkan nilai tambah industri hilir.

Selain memberikan kontribusi terhadap kemandirian pasokan bahan kimia strategis, pabrik ini juga diharapkan memberikan dampak positif terhadap perekonomian melalui penciptaan lapangan kerja, penguatan perekonomian daerah, dan peningkatan daya saing industri nasional. Dengan tetap memperhatikan regulasi lingkungan dan pengendalian emisi gas N<sub>2</sub>O yang menjadi salah satu isu utama pada industri HNO<sub>3</sub> (6Wresearch, 2024). Dengan demikian, prarancangan pabrik asam nitrat kapasitas 80.000 ton/tahun ini memiliki prospek menjanjikan dari sisi teknis, ekonomi, maupun sosial, serta selaras dengan upaya penguatan ketahanan industri kimia nasional.

## **1.2 Penentuan Kapasitas**

Penentuan kapasitas produksi merupakan salah satu aspek yang penting dalam pra rancangan pabrik. Kapasitas produksi merupakan jumlah produksi maksimum yang dapat diproduksi atau dihasilkan suatu pabrik dalam satuan waktu tertentu. Dalam menentukan kapasitas pabrik ditentukan berdasarkan analisis *supply* (penyediaan) dan *demand* (permintaan), melihat ketersediaan bahan baku dan pertimbangan dari Kapasitas Pabrik Komersial yang sudah berdiri.

### 1.3 Analisis Supply dan Demand

#### a Supply (Penyediaan)

Supply dapat di hitung berdasarkan hasil penjumlahan dari proyeksi impor dan produksi dalam negeri.

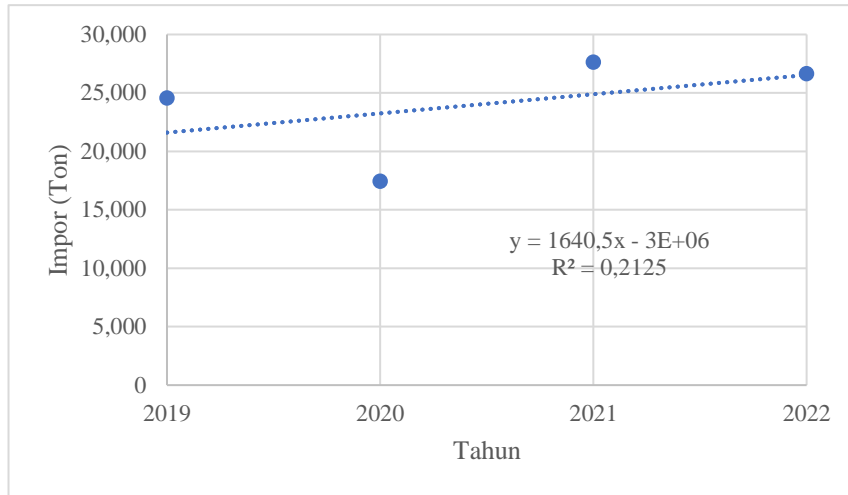
##### 1) Impor

Data Impor Asam Nitrat di Indonesia diambil dari data Badan Pusat Statistik, kemudian data tersebut diolah menggunakan persentase pertumbuhan untuk dihitung sampai pada tahun 2029. Data disajikan pada tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Data impor asam nitrat (Ton/Tahun)

<b>Tahun</b>	<b>Impor (Ton)</b>	<b>Persentase</b>
2019	24.563,01	0,00%
2020	17.448,51	-40,77%
2021	27.623,82	36,84%
2022	26.639,53	-3,69%
Rata-rata		-1,91%

Gambar 1.1 Grafik impor berdasarkan data BPS



Perkiraan kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia dengan menggunakan persamaan  $y = 1640,5x - 3E+06$  dengan  $R^2 = 0,2125$ . Karena dari hasil persamaan  $y$  hasil  $R^2$  nya kecil, maka proyeksi impor Asam Nitrat di tahun 2029 kami menggunakan data Pertumbuhan.

Persentasi pada tabel data impor diatas didapatkan dengan cara mencari persentase data impor yang didapatkan dari data Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 sampai tahun 2022.

$$\% 2020 = \frac{\text{data impor 2020} - \text{data impor 2019}}{\text{data impor 2020}}$$

$$\% 2020 = \frac{17.448,51 \text{ ton} - 24.563,01 \text{ ton}}{17.448,51 \text{ ton}} = -40,77\%$$

Untuk menentukan tahun berikutnya pun perhitungannya sama seperti contoh diatas, dan untuk tahun 2019 sendiri kami hitung dari 0%.

Setelah itu baru menghitung data impor dari tahun 2023 sampai tahun 2029

dengan cara :

$$\text{Impor 2023} = \text{data impor 2022} + (\text{rata} \\ - \text{rata jumlah persentase} \times \text{data impor 2022})$$

$$\text{Impor 2023} = 26.639,53 (-1,91\% \times 26.639,53) = 26.131,13 \text{ ton}$$

Tabel 1.2 Data Pertumbuhan impor asam nitrat (Ton/Tahun)

<b>Tahun</b>	<b>Rata-rata impor (Ton)</b>
2023	26.131,13
2024	25.632,42
2025	25.143,24
2026	24.663,39
2027	24.192,70
2028	23.730,99
2029	23.278,09

a) Produksi dalam negeri

Untuk produksi Asam Nitrat dalam negeri, di Indonesia terdapat dua pabrik yang memproduksi Asam Nitrat dirangkum dalam tabel

berikut.

Tabel 1.3 Pabrik asam nitrat di Indonesia

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT Black Bear Resources Indonesia	54.000
PT Multi Nitrotama Kimia	182.000
<b>TOTAL</b>	236.000

Jadi, nilai supply Asam Nitrat di tahun 2029 dapat dihitung dengan melakukan produksi dalam negeri yaitu sebesar 236.000 ton/tahun ditambah dengan rata-rata import tahun 2029 yaitu sebesar 23.278,09 ton/tahun, sehingga didapatkan nilai supply sebesar 256.278,09 ton/tahun.

#### **b. Demand (Permintaan)**

Demand terdiri dari ekspor ditambah konsumsi dalam negeri.

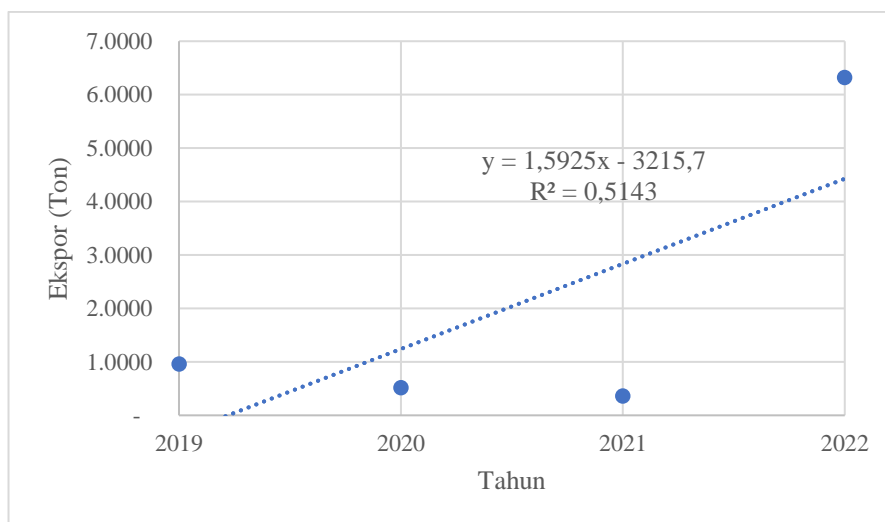
##### 1) Ekspor

Data Ekspor Asam Nitrat di Indonesia diambil dari data Badan Pusat Statistik, kemudian data tersebut diolah menggunakan persentase pertumbuhan untuk dihitung sampai pada tahun 2029. Data disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1.4 Data ekspor asam nitrat (Ton/Tahun)

Tahun	Ekspor (Ton)	Persentase
2019	0,9601	0,00%
2020	0,5130	-87,15%
2021	0,3569	-43,75%
2022	6,3206	94,35%
Rata-rata		-9,14%

Gambar 1.2 Grafik Ekspor berdasarkan Data BPS



Perkiraan kebutuhan Asam Nitrat di Indonesia dengan menggunakan persamaan  $y = 1,5925x - 3215,7$  dengan  $R^2 = 0,5143$ . Karena dari hasil persamaan  $y$  hasil  $R^2$  nya kecil, maka proyeksi ekspor Asam Nitrat di tahun 2029 kami menggunakan data Pertumbuhan.

Persentasi pada tabel data ekspor diatas didapatkan dengan cara mencari persentase data impor yang didapatkan dari data Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 sampai tahun 2022.

$$\% 2020 = \frac{\text{data ekspor 2020} - \text{data ekspor 2019}}{\text{data ekspor 2020}}$$

$$\% 2020 = \frac{0,5130 \text{ ton} - 0,9601 \text{ ton}}{0,5130 \text{ ton}} = -87,15\%$$

Untuk menentukan tahun berikutnya pun perhitungannya sama seperti contoh diatas, dan untuk tahun 2019 sendiri kami hitung dari 0%. Setelah itu baru menghitung data ekspor dari tahun 2023 sampai tahun 2029 dengan cara :

$$\begin{aligned} \text{Ekspor 2023} &= \text{data ekspor 2022} + (\text{rata} \\ &- \text{rata jumlah persentase} \times \text{data ekspor 2022}) \end{aligned}$$

$$\text{Ekspor 2023} = 6,3206 (-9,14\% \times 6,3206) = 5,7430 \text{ ton}$$

Tabel 1.5 Data pertumbuhan ekspor asam nitrat (Ton/Tahun)

<b>Tahun</b>	<b>Rata-rata ekspor (Ton)</b>
2023	5,7430
2024	5,2183
2025	4,7415
2026	4,3082

<b>Tahun</b>	<b>Rata-rata ekspor (Ton)</b>
2027	3,9145
2028	3,5569
2029	3,2319

## 2) Konsumsi

Untuk mencari data konsumsi Asam Nitrat di Indonesia dilakukan dengan pendekatan kapasitas produksi pabrik yang menggunakan bahan baku asam nitrat. Indonesia memiliki cukup banyak pabrik kimia yang menggunakan asam nitrat sebagai bahan baku. Berikut adalah data pabrik yang menggunakan bahan baku asam nitrat yang ada di Indonesia.

Tabel 1.6 Data kapasitas pabrik dengan bahan baku asam nitrat di Indonesia

<b>No</b>	<b>Nama Pabrik</b>	<b>Produk</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
1	PT Black Bear Resources Indonesia	Ammonium Nitrat Solution	52.763
		Ammonium Nitrat Granule	31.500
2	PT Dahana	Amonium Nitrate	59.063
		Ammonium Nitrate Solution	63.788

No	Nama Pabrik	Produk	Kapasitas (Ton/Tahun)
3	PT Multi Nitrotama Kimia	Ammonium Nitrat	100.800
		Ammonium Nitrat Fuel Oil	1.969
4	PT Kaltim Nitrate Indonesia	Ammonium Nitrate	236.250
<b>Total Kapasitas</b>			546.133

Nilai demand Asam Nitrat di tahun 2029 dapat dihitung dengan melakukan penjumlahan dari nilai proyeksi ekspor sebesar 3,2319 ton/tahun dan konsumsi asam nitrat dalam negeri dengan melakukan pendekatan penggunaan asam nitrat pada pabrik ammonium nitrat sebesar 546.133 ton/tahun, sehingga diperoleh nilai demand sebesar 546.136,23 ton/tahun.

Berdasarkan data di atas, maka proyeksi kebutuhan asam nitrat di tahun 2029, dapat dihitung dengan melakukan analisis supply dan demand.

Besarnya supply = 256.278,09 ton/tahun

Besarnya demand = 546.136,23 ton/tahun

**Proyeksi kebutuhan = Demand - Supply = 286.858,14 ton/tahun**

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Berdasarkan hasil riset dari kemenprin, terdapat empat perusahaan di Indonesia yang memproduksi ammonia.

Tabel 1.7 Produksi ammonia yang ada di Indonesia

<b>Perusahaan</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT Kaltim Parna Industri	550.000
PT Pupuk Iskandar Muda	726.000
PT Pupuk Kalimantan Timur	2.740.000
PT Pupuk Kujang	660.000

### 1.2.3 Kapasitas Pabrik Komersial yang sudah berdiri

Dalam menghitung kapasitas pabrik yang baru perlu mempertimbangkan kapasitas pabrik komersial yang ada untuk menjamin bahwa kapasitas yang akan dipilih dapat beroperasi dan mendatangkan keuntungan. Kapasitas pabrik asam nitrat komersial yang sudah berdiri di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.8 Kapasitas pabrik komersial

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Agrium US, Beatrice, Neb.	145.000
Air Products, Pace, Fla.	200.000
Air Products, Pasadena, Tex.	110.000
ANGUS Chemical, Sterlington, La.	65.000
Apache Nitrogen Products, Benson, Ariz.	140.000

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Arco Chemical, Lake Charles, La.	155.000
Black Bear Resources Indonesia.	54.000
CF Industries, Donaldsonville, La.	680.000
Coastal Chem, Battle Mountain, Nev.	250.000
Coastal Chem, St. Helens, Ore.	20.000
DuPont, Beaumont, Tex.	95.000
DuPont, Orange, Tex.	170.000
DuPont, Victoria, Tex.	300.000
Dyno Nobel, Donora, Pa.	115.000
Dyno Nobel, Louisiana, Mo.	270.000
El Dorado Nitrogen, El Dorado, Ark.	425.000
El Dorado Nitrogen, Baytown, Tex.	445.000
Farmland Industries, Beatrice, Neb.	55.000
Farmland Industries, Dodge City, Kan.	70.000
Farmland Industries, Enid, Okla.	40.000

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Farmland Industries, Fort Dodge, Iowa.	165.000
First Chemical , Pascagoula, Miss.	75.000
Hercules Incorporated, Parlin, N.J.	80.000
LSB Industries, Cherokee, Ala.	270.000
LSB Industries, Crystal City, Mo.	180.000
LaRoche Industries, Orem, Utah.	80.000
LaRoche Industries, Seneca, Ill.	160.000
Mississippi Chemical, Yazoo City, Miss.	955.000
Mobay, Baytown, Tex.	45.000
Mobay, New Martinsville, W. Va.	90.000
Multi Nitrotama Kimia	182.000
Nitram, Tampa, Fla.	220.000
Nitrochem, Newell, Pa.	75.000
Orica, Joplin, Mo.	160.000
PCS Nitrogen Fertilizer, Geismar, La.	825.000

<b>Nama Industri</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PCS Nitrogen Fertilizer, Lima, Ohio.	105.000
PCS Nitrogen Fertilizer, Wilmington, N.C.	160.000
Royster-Clark, Cincinnati, Ohio.	85.000
Royster-Clark, East Dubuque, Ill.	110.000
J.R. Simplot, Helm, Calif.	80.000
J.R. Simplot, Pocatello, Idaho.	20.000
Solutia, Pensacola, Fla.	365.000
Terra International, Port Neal, Iowa.	255.000
Terra International, Verdigris, Okla.	630.000
Terra International, Woodward, Okla.	90.000
TradeMark Nitrogen, Tampa, Fla.	35.000
Unocal, Kennewick, Wash.	285.000
Unocal, West Sacramento, Calif.	70.000
Vicksburg Chemical, Vicksburg, Miss.	75.000

Rincian pabrik Asam Nitrat yang sudah berdiri di dalam maupun diluar

negeri disajikan pada tabel diatas, yang dimana kapasitas minimal sebesar 20.000 ton/tahun terdapat di PT. Coastal Chem, St. Helens, Ore dan kapasitas maksimal sebesar 955.000 terdapat di PT. Mississippi Chemical, Yazoo City, Miss.

Berdasarkan dari analisis *supply* (penyediaan) dan *demand* (permintaan), melihat ketersediaan Bahan Baku, dan pertimbangan dari Kapasitas Pabrik Komersial yang sudah berdiri, maka pabrik Asam Nitrat akan didirikan pada tahun 2029 dengan kapasitas sebesar **80.000 ton/tahun**. Ditinjau dari kebutuhan asam nitrat sebesar 554.608,14 ton, apabila didirikan pabrik asam nitrat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun maka dapat memenuhi sebesar  $\pm 28\%$  dari Asam Nitrat yang dibutuhkan.

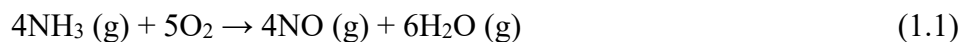
### 1.3 Tinjauan Pustaka

Asam nitrat merupakan senyawa kimia penting yang digunakan secara luas di berbagai industri. Proses pembuatan asam nitrat secara industri meliputi beberapa metode utama, yaitu Proses Ostwald, Proses Wisconsin, Proses Retort, dan Pembuatan Asam Nitrat Kuat.

#### 1.3.1 Proses Ostwald

Proses Ostwald merupakan metode yang paling umum digunakan di industri. Proses ini melibatkan tiga tahapan utama:

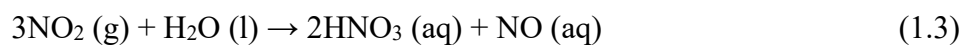
Pertama, oksidasi amonia menjadi nitrogen monoksida (NO) menggunakan katalis platinum-rhodium, Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



Kedua, oksidasi NO menjadi nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), oksidasi ini tidak menggunakan katalis. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



Ketiga, absorpsi NO<sub>2</sub> dengan air untuk menghasilkan asam nitrat. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



Nitrogen Oksida (NO) yang dihasilkan pada tahap 3 di daur ulang kembali ke tahap 2.

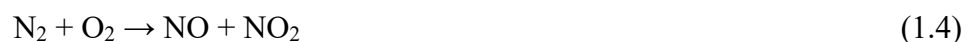
Proses ini memiliki dua varian, yaitu single pressure dan dual pressure. Proses single pressure dilakukan dengan tekanan operasi menengah (0,5-0,6 MPa absolut) atau tinggi (0,7-1,4 MPa absolut), dengan tekanan tinggi lebih umum digunakan. Tekanan tinggi pada proses single pressure mengurangi ukuran alat dan

modal investasi, meskipun tekanan menengah lebih hemat energi. Dibandingkan dengan proses dual pressure, proses ini membutuhkan modal 10-15% lebih rendah dan memungkinkan efisiensi pemulihan energi yang lebih baik berkat suhu gauze dan tekanan yang tinggi.

Sedangkan dual pressure menggabungkan keunggulan dari dua tingkat tekanan yang berbeda, yakni tekanan menengah (0,3-0,6 MPa absolut) pada tahap awal oksidasi amonia dan tekanan tinggi (1-1,4 MPa absolut) pada tahap akhir absorpsi. Kombinasi ini mengoptimalkan biaya modal seperti pada proses tekanan menengah sekaligus meningkatkan efisiensi absorpsi seperti pada tekanan tinggi.

### **1.3.2 Proses Wisconsin**

Proses Wisconsin menggunakan prinsip fiksasi nitrogen dari udara melalui listrik bertegangan tinggi pada suhu tinggi (2200 °C) dan hanya menghasilkan NO<sub>2</sub> dalam jumlah kecil (2%), menjadikannya tidak ekonomis untuk skala besar. Kemudian, NO<sub>2</sub> diabsorpsi dalam air menghasilkan asam nitrat. Reaksi yang terjadi adalah:



### **1.3.3 Proses Retort**

Proses Retort melibatkan reaksi natrium nitrat (NaNO<sub>3</sub>) dengan asam sulfat pekat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pada suhu 150-200 °C untuk menghasilkan asam nitrat dan produk samping natrium bisulfat (NaHSO<sub>4</sub>). Kemudian asam nitrat diuapkan, dikondensasi, dan diserap untuk menghasilkan konsentrasi hingga 96-99%. Namun,

proses ini memerlukan waktu reaksi yang lama dan pengendalian suhu yang ketat untuk mencegah dekomposisi asam nitrat.

#### **1.3.4 Proses Pembuatan Asam Nitrat Kuat**

Pembuatan asam nitrat kuat menghasilkan produk dengan konsentrasi 50-70%, dan terbagi menjadi dua metode utama, yaitu *Direct Process* dan *Indirect Process*:

##### **a. Direct Process**

Proses ini diawali dengan pembakaran amonia, menghasilkan air yang diambil melalui pendinginan cepat. Terdapat dua pilihan proses lanjutan dengan menggunakan NO<sub>x</sub> yang dioksidasi dan diabsorpsi dalam asam nitrat pekat atau mereaksikan NO<sub>x</sub> dengan asam azeotrop untuk menghasilkan asam nitrat pekat.

##### **b. Indirect Process**

Merupakan pengembangan dari proses konvensional, menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 50-60%. Asam nitrat lemah yang terbentuk ditambahkan zat ketiga seperti asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) atau magnesium nitrat (Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) untuk mengekstraksi air, sehingga meningkatkan kadar asam nitrat.

Pabrik yang memproduksi asam nitrat biasanya lebih memilih memproduksi asam nitrat dengan konsentrasi rendah (sekitar 60%) karena lebih mudah ditangani dan disimpan dibandingkan asam nitrat berkonsentrasi tinggi yang sangat korosif.

Tabel 1.9 Perbandingan proses

<b>Kriteria</b>	<b>Proses Ostwald</b>	<b>Proses Wisconsin</b>	<b>Proses Retort</b>	<b>Proses Asam Nitrat Kuat</b>
<b>Efisiensi Energi</b>	Tinggi, < 0,5 MJ/mol.N	Sangat Rendah, > 2 MJ/mol.N	Rendah, 1-2 MJ/mol.N	Sedang, 0,5-0,8 MJ/mol.N
<b>Skala Industri</b>	Cocok (skala besar)	Tidak ekonomis	Skala kecil	Skala menengah-besar
<b>Konsentrasi Produk</b>	60-65%	Rendah (2-15%)	Tinggi (96-99%)	96% (Direct), 50-60% (Indirect)
<b>Biaya Operasional</b>	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi
<b>Kemudahan Operasi</b>	Kompleks (dual pressure)	Kompleks	Sedang	Kompleks

Dari semua metode, Proses Ostwald lebih unggul untuk produksi skala industri karena efisiensi tinggi, penggunaan energi yang relatif rendah, ketersediaan bahan baku (amonia dan udara), dan kapasitas menghasilkan produk dengan konsentrasi yang bervariasi sesuai kebutuhan pasar. Dual pressure process dalam Proses Ostwald khususnya menawarkan keseimbangan optimal antara efisiensi energi, biaya operasional, dan kualitas produk akhir.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan Termodinamika secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis atau eksotermis), jalannya reaksi (spontan atau tidak spontan) serta arah reaksi (reversible atau irreversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298\text{K}$ .

#### a. Reaksi oksidasi amonia menjadi nitrogen monoksida



Dengan harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga $\Delta H_f^\circ$ 298K (kJ/mol)	Harga $\Delta G^\circ$ 298K (kJ/mol)
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0	0
Amonia ( $\text{NH}_3$ )	-45,9	-16,4
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	-241,8	-228,6
Nitrogen Monoksida ( $\text{NO}$ )	90,3	86,6

$$\text{entalpi reaksi} = (4 \times \Delta H_f^\circ \text{ NO} + 6 \times \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (5 \times \Delta H_f^\circ \text{ O}_2 + 4 \times \Delta H_f^\circ \text{ NH}_3)$$

$$\text{entalpi reaksi} = (4 \times 90,3 + 6 \times -241,8) - (5 \times 0 + 4 \times -45,9) = -906,0$$

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi reaksi yaitu -906,0 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen monoksida dan air adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Perhitungan energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) dilakukan untuk menentukan arah reaksi kimia tersebut spontan atau tidak spontan. Jika energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung spontan, sehingga dibutuhkan energi dari luar. Sedangkan energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung spontan, sehingga hanya membutuhkan sedikit energi dari luar.

$$\text{energi Gibbs} = (4 \times 86,6 + 6 \times -228,6) - (5 \times 0 + 4 \times -16,4) = -959,6$$

Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai -959,6 kJ/mol dan negatif (-).

$$K = \frac{-\Delta G_f}{R \times T}$$

$$K = \frac{-(-959,6)}{8,314 \times 298} = 8,66162 \times 10^{14}$$

Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (irreversible). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai  $8,66162 \times 10^{14}$ .

#### **b. Reaksi Oksidasi Amoniak menjadi Nitrogen**



Dengan harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen

<b>Komponen</b>	<b>Harga <math>\Delta H_f</math> 298K (kJ/mol)</b>	<b>Harga <math>\Delta G</math> 298K (kJ/mol)</b>
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0	0
Amonia (NH <sub>3</sub> )	-45,9	-16,4
Air (H <sub>2</sub> O)	-241,8	-228,6
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0	0

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi ( $\Delta H_f$ ) yaitu -1267,2 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen dioksida adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai -1306,0 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (irreversible). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai  $2,13712 \times 10^{20}$ .

**c. Reaksi Oksidasi Nitrogen Monoksida menjadi Nitrogen Dioksida**



Dengan harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga $\Delta H_f^\circ$ 298K (kJ/mol)	Harga $\Delta G^\circ$ 298K (kJ/mol)
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0	0
Nitrogen Monoksida (NO)	90,3	86,6
Natrium Dioksida (NO <sub>2</sub> )	33,2	51,3

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi ( $\Delta H_f$ ) yaitu -114,2 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen dioksida adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai -70,6 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (reversible). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai 0,079617 .

**d. Reaksi Absorpsi Nitrogen Dioksida menjadi Asam Nitrat**



Dengan harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Harga  $\Delta H_f^\circ$  dan harga  $\Delta G^\circ$  untuk masing - masing komponen

Komponen	Harga $\Delta H_f$ 298K (kJ/mol)	Harga $\Delta G$ 298K (kJ/mol)
Air (H <sub>2</sub> O)	-241,8	-228,6
Natrium Dioksida (NO <sub>2</sub> )	33,2	51,3
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0	0
Asam Nitrat (2HNO <sub>3</sub> )	-135,1	-74,7

Berdasarkan perhitungan reaksi di atas, nilai entalpi ( $\Delta H_f$ ) yaitu -94,8 kJ/mol. Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan nitrogen dioksida adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas karena bernilai (-), sehingga perlu dilakukan pendinginan pada reaktor. Pada reaksi diatas menunjukkan arah reaksi spontan karena energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) bernilai -23,4 kJ/mol dan negatif (-). Nilai K memberikan gambaran terkait arah reaksi, dimana semakin besar nilai K maka arah reaksi akan ke produk (reversible). Berdasarkan perhitungan didapat nilai K bernilai 0,432259 .

## 1.4.2 Tinjauan Kinetika

### a. Oksidasi NH<sub>3</sub> menjadi NO



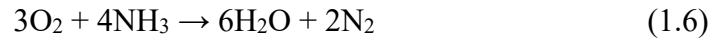
$$r = - \frac{dCNH_3}{dt} = k dCNH_3$$

$$k = A \exp (-E/RT)$$

$$k = (1,0 \times 10^{-6}) \exp\left(\frac{-39000}{RT}\right) \quad (1.1)$$

$$k = 1,48 \times 10^4$$

**b. Oksidasi NH<sub>3</sub> menjadi N<sub>2</sub>**



$$k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

Dimana A = Konstanta pra-eksponensial

E = Energi aktivasi

R = Konstanta gas universal

T = Suhu mutlak

$$k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

$$k = (2.051 \times 10^{-3}) \exp\left(\frac{-10,059}{RT}\right) \quad (1.6)$$

$$k = 0,002044$$

**c. Oksidasi NO menjadi NO<sub>2</sub>**



$$r = k_1 (P_{\text{NO}}^2 P_{\text{O}_2})$$

dengan,

$$\log_{10} k_1 = \frac{641}{T} - 0,725$$

dimana persamaan reaksi tersebut merupakan bentuk dari persamaan

$$k = A_e - \frac{E_a}{RT}$$

$$\log k = \log k_1 - \frac{E_a}{RT}$$

$$\log k_1 = -0,725$$

$$k_1 = 0,4843 \quad (1.2)$$

maka, nilai  $A_e$  adalah 0,4843

$$\frac{E_a}{RT} = \frac{641}{T}$$

$$\frac{E_a}{R} = 641$$

$$E_a = 641 \times R \quad \text{dengan nilai } R = 0,082 \text{ L atm/mol.K}$$

$$E_a = 52,56 \quad (1.2)$$

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Produk

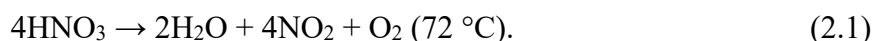
Tabel 2.1 Spesifikasi produk

Spesifikasi	Produk
	Asam Nitrat
Rumus Kimia	HNO <sub>3</sub>
Berat Molekul (g/mol)	63,012 g/mol
Fase	Cair
Warna	Tidak Berwarna
Densitas	1,513 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Viscositas	0,746 mPa.s pada 25 °C
Titik Beku	-42 °C
Titik Didih	83 °C
Temperature Kritis	246,85 °C
Tekanan Kritis	68 atm
Kelarutan Dalam Air	Terlarut
Kemurnian	65%

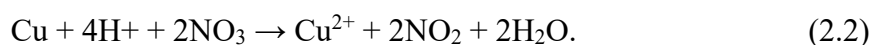
##### 2.1.1 Sifat Kimia Asam Nitrat

1. Asam nitrat termasuk asam kuat dan beracun.
2. Asam nitrat dapat bereaksi dengan alkali, oksida basa, dan karbonat membentuk garam.

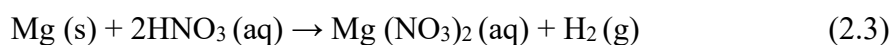
3. Ketika mendidih pada suhu kamar, terdapat dekomposisi (penguraian) sebagian pembentukan nitrogen dioksida sesudah reaksi :



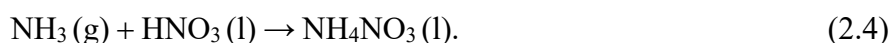
4. sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan aloi tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat sering digunakan dalam uji asam. Umumnya reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, membentuk nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ).



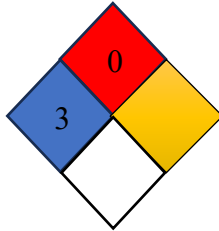
5. Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen ( $\text{H}_2$ ) jarang terbentuk. Hanya magnesium ( $\text{Mg}$ ), mangan ( $\text{Mn}$ ), dan kalsium ( $\text{Ca}$ ) yang bereaksi dengan asam nitrat dingin dan encer yang dapat menghasilkan hidrogen :



6. Asam nitrat termasuk zat pengoksidasi yang kuat (aseptor elektron) - Asam nitrat bereaksi dengan ammonia membentuk amonium nitrat:



### 2.1.2 Identifikasi Kebahayaan (Hazard) Asam Nitrat



**KESEHATANAN : Kondisi yang buruk / target organ.**

- Korosif, Pengoksidasi, Racun.
- Terpapar mungkin berakibat fatal.

#### **Target Organ**

Mukosa membran, sistem pernapasan, mata, kulit; sistemik racun.

#### **Efek Jangka Pendek (Akut)**

Parah luka bakar pada kulit, mata, saluran pernapasan, saluran pencernaan; luka bakar dalam jaringan dan borok; kebutaan.

#### **Efek Jangka Panjang (Kronis)**

Dermatitis; kerusakan mata atau kebutaan.

**KEBAKARAN :** Reaksi dengan logam menyebabkan gas hidrogen yang mudah terbakar.

**REAKTIVITAS :** Keadaan yang harus dihindari: Bahan dapat bereaksi hebat dengan reduktor kuat, logam, alkali, basa kuat.

Bahan-bahan yang harus dihindari: Basa terkonsentrasi, bahan air yang reaktif dan material oksidasi.

Produk dekomposisi berbahaya: Campuran Nitrogen, uap/asap asam.

Penanganan dan Penyimpanan : Simpan di tempat yang sejuk, kering, berventilasi baik dan jauhkan dari bahan-bahan yang sifatnya tidak sesuai. Cuci bersih dengan baik setelah menangani.

Pertolongan Pertama : - Panggil dokter.

- Terkena mata = Cuci mata dengan air yang banyak sekitar 15 menit, buka tutup mata beberapa kali. Cari pertolongan medis.

- Terkena kulit = Bila terjadi kontak bilas kulit dengan air sekitar 15 menit, singkirkan pakaian dan sepatu yang tercemar. Bersihkan secara menyeluruh pakaian dan sepatu sebelum digunakan kembali.

- Terhirup = Cari udara segar. Jika tidak bernapas berikan pernapasan buatan. Bila sulit bernapas berikan oksigen.

- Tertelan = Berikan beberapa gelas susu atau air. Muntah dapat terjadi secara spontan, tetapi **JANGAN DIBUAT MUNTAH**. Jangan pernah memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar.

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2.2 Spesifikasi bahan baku

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Amonia	Oksigen
Rumus Kimia	NH <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>
Berat Molekul (g/mol)	17,0307 g/mol	31,999 g/mol
Fase	Gas	Gas
Warna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna
Densitas	0,602 g/cm <sup>3</sup> (25°C)	1,429 g/L (0°C)
Viscositas	0,01007 mPa.s pada 25°C	1,24 mPa.s pada 20°C
Titik Beku	-77,73 °C	-218,9 °C
Titik Didih	-33,34 °C	-182,96 °C
Temperature Kritis	132,5 °C	-118,57 °C
Tekanan Kritis	111,3 atm	49,77 atm
Kelarutan Dalam Air	31 g/100g (25°C)	6,04 ml/L (25°C)
Kemurnian	99,5%	21%

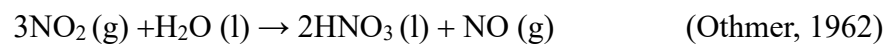
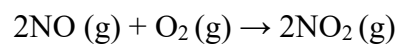
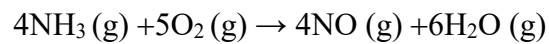
Tabel 2.3 Spesifikasi bahan pendukung

Spesifikasi	Bahan Pendukung
	Katalis Pt-Rh
Rumus Kimia	Pt-Rh
Komposisi	Pt (90%) – Rh (10%)
Berat Molekul (g/mol)	Pt (195,080) – Rh (102,906)
Wujud	Padat

Spesifikasi	Bahan Pendukung
	Katalis Pt-Rh
Diameter Kawat (inch)	0,003
Ukuran (mesh)	80

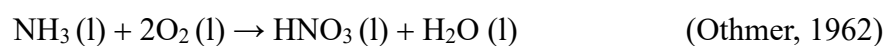
### 2.2.1 Sifat Kimia Amonia

Dengan katalis Platinum-Rhodium dioksidasi menjadi nitrogen oksida dan air untuk menghasilkan asam nitrat :

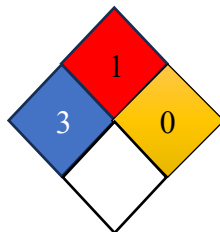


### 2.2.2 Sifat Kimia Oksigen.

Oksigen sangat reaktif, dan bereaksi langsung dengan amonia membentuk asam nitrat :



### 2.2.3 Identifikasi Kebahayaan (Hazard) Amonia



KESEHATAN : Efek Jangka Pendek (Akut)

Iritasi terhadap saluran pernapasan, hidung, tenggorokan dan mata terjadi pada 400-700 ppm. Sedang pada 5000 ppm menimbulkan kematian. Kontak dengan matadapat menimbulkan iritasi hingga kebutaan total. Kontak dengan kulit dapat menyebabkan luka bakar (frostbite).

### **Efek Jangka Panjang (Kronis)**

Menghirup uap asam pada jangka panjang mengakibatkan iritasi pada hidung, tenggorokan dan paru-paru. Termasuk bahan teratogenik.

Nilai Ambang Batas : 25 ppm (18 mg/m<sup>3</sup>) (ACGIH 1987-88)

STEL 35 ppm (27 mg/m<sup>3</sup>).

Toksisitas : LD50 = 3 mg/kg (oral, tikus). LC 50 = 200 ppm (tikus menghirup 4 jam)

**KEBAKARAN** : Dapat terbakar pada daerah mudah terbakar : 16-25% (LFL-UFL). Suhu kamar : 651°C

**REAKTIVITAS** : Stabil pada suhu kamar, tetapi dapat meledak oleh panas akibat kebakaran. Larut dalam air membentuk ammonium hidroksida.

**Penanganan dan Penyimpanan** : Hindari gas berada dalam ruang kerja, hindari dari lonjakan api dan sumber panas. Simpan pada tempat dingin, kering, dan berventilasi dan jauh dari populasi. Hindarkan dari asap, oksidator, halida, etoksi, logam alkali dan kalium klorat.

Pertolongan : -Terkena mata = Cuci dengan air yang bersih dan mengalir  
Pertama selama 20 menit, segera bawa ke dokter.  
-Terkena kulit = Cuci dengan air yang bersih dan mengalir  
selama 20 menit, lepaskan pakaian yang terkontaminasi.

#### **2.2.4 Identifikasi Kebahayaan (Hazard) Oksigen**

KEBAKARAN : Jika kontak dengan bahan yang mudah terbakar.  
REAKTIVITAS : Jika bereaksi dengan semua bahan yang mudah terbakar,  
hydrocarbon oil dan pelumas.  
KESEHATAN : Jika kontak dengan mata, kontak kulit dan Penghirupan.  
OKSIDASI : Jika kontak dengan bahan mudah terbakar dapat  
menyebabkan api.  
Penanganan dan : -Melindungi komponen sistem terhadap kerusakan fisik.  
Penyimpanan -Gunakan ventilasi yang memadai.  
-Hindari penghisapan.  
-Gunakan wadah penyimpanan, pipa, katup dan fitting  
dirancang untuk penyimpanan dan distribusi gas oksigen.  
Pertolongan : -Terhirup = Pindahkan korban keudara segar secepat  
Pertama mungkin.

### **2.3 Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi dan kualitas sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Proses ini meliputi pengendalian mutu bahan baku, proses produksi, serta produk akhir. Langkah ini sangat penting untuk menjaga

stabilitas mutu produk, membangun kepercayaan pelanggan, serta mendukung keberlanjutan operasional perusahaan.

### **2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian mutu bahan baku bertujuan memastikan bahwa semua bahan yang digunakan dalam proses produksi telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Analisis laboratorium dan alat kontrol digunakan untuk memeriksa kualitas bahan baku seperti amonia dan katalis. Jika hasil analisis menunjukkan ketidaksesuaian dengan spesifikasi, bahan tersebut dapat dikembalikan kepada pemasok. Pengendalian ini bertujuan menjaga efisiensi proses dan kualitas produk akhir.

### **2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi**

Proses produksi dikendalikan melalui alat-alat sistem kontrol yang dipusatkan di ruang kontrol. Sistem otomatis dengan indikator dan alarm membantu mendeteksi penyimpangan dalam parameter produksi seperti laju aliran, suhu, dan tekanan. Jika terjadi penyimpangan, proses dapat dikembalikan ke kondisi normal baik secara manual maupun otomatis.

### **2.3.3 Sistem Kontrol Proses:**

- ***Level Control:*** Mengontrol dan memantau tinggi cairan dalam tangki atau kolom agar tetap sesuai batas yang ditetapkan. Jika terjadi penyimpangan, sistem akan memberikan isyarat berupa suara atau lampu peringatan.

- **Temperature Control:** Memantau dan mengendalikan suhu dalam proses untuk menjaga kondisi operasi sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.
- **Pressure Control:** Mengatur tekanan masuk dan keluar proses, khususnya pada aliran uap atau gas. Jika tekanan tidak sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, akan timbul tanda peringatan.
- **Level Indicator:** Menunjukkan tinggi cairan dalam tangki proses.
- **Pressure Indicator:** Menunjukkan tekanan pada sistem operasi.

#### 2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan mulai dari bahan baku hingga produk akhir. Proses ini bertujuan memastikan produk sesuai standar dan kebutuhan pasar. Analisis laboratorium dan alat kontrol digunakan untuk menjaga stabilitas mutu produk. Kontrol yang efektif memungkinkan perusahaan menghasilkan produk berkualitas tinggi yang meningkatkan daya saing di pasar.

#### 2.3.5 Pentingnya Sistem Pengendalian Proses

Dalam industri modern, kondisi produksi yang dinamis dan kompleks memerlukan sistem kontrol yang mampu menjaga parameter operasi tetap stabil. Perubahan kondisi proses dapat berdampak signifikan pada kualitas produk dan efisiensi operasi. Dengan kontrol yang efektif, kualitas dan produktivitas dapat dipertahankan dengan biaya minimal.

##### a. Tujuan Pengendalian Proses:

- **Menekan Pengaruh Gangguan Eksternal:** Mengurangi dampak gangguan yang dapat mempengaruhi stabilitas proses.

- **Menjaga Kestabilan Proses:** Memastikan kondisi operasi tetap stabil meski terdapat variasi pada input.
- **Mengoptimalkan Kinerja Proses:** Memaksimalkan hasil produk dengan kualitas yang konsisten dan biaya produksi minimal.

b. **Kategori Variabel dalam Proses:**

- ***Manipulated Variables:*** Variabel yang dapat diatur oleh operator atau sistem pengendalian.
- ***Disturbance Variables:*** Variabel yang tidak dapat diatur dan menjadi sumber gangguan.
- ***Output Variables:*** Variabel yang menunjukkan hasil proses dan dapat dikelompokkan menjadi variabel yang terukur maupun tidak terukur.

### 2.3.6 Peranan Sistem Pengendalian Proses

Pengendalian proses memiliki tiga peranan utama:

a. **Keamanan (*Safety*):**

- Melindungi keselamatan manusia, peralatan, dan lingkungan dari bahaya operasi.
- Menggunakan alarm dan *safety valve* untuk mencegah kondisi ekstrem yang berpotensi membahayakan.

b. **Kehandalan Operasi (*Operability*):**

- Menjaga produktivitas dan kualitas produk tetap stabil meskipun ada gangguan.
- Mengurangi variasi kualitas dan memastikan operasi berjalan secara mantap.

**c. Keuntungan Ekonomi (Profitability):**

- Mengoptimalkan kondisi operasi untuk meningkatkan efisiensi dan profit.
- Meminimalkan biaya produksi dengan menjaga stabilitas dan kualitas proses.

**2.3.7 Instrumen dan Unit Kontrol dalam Sistem Pengendalian**

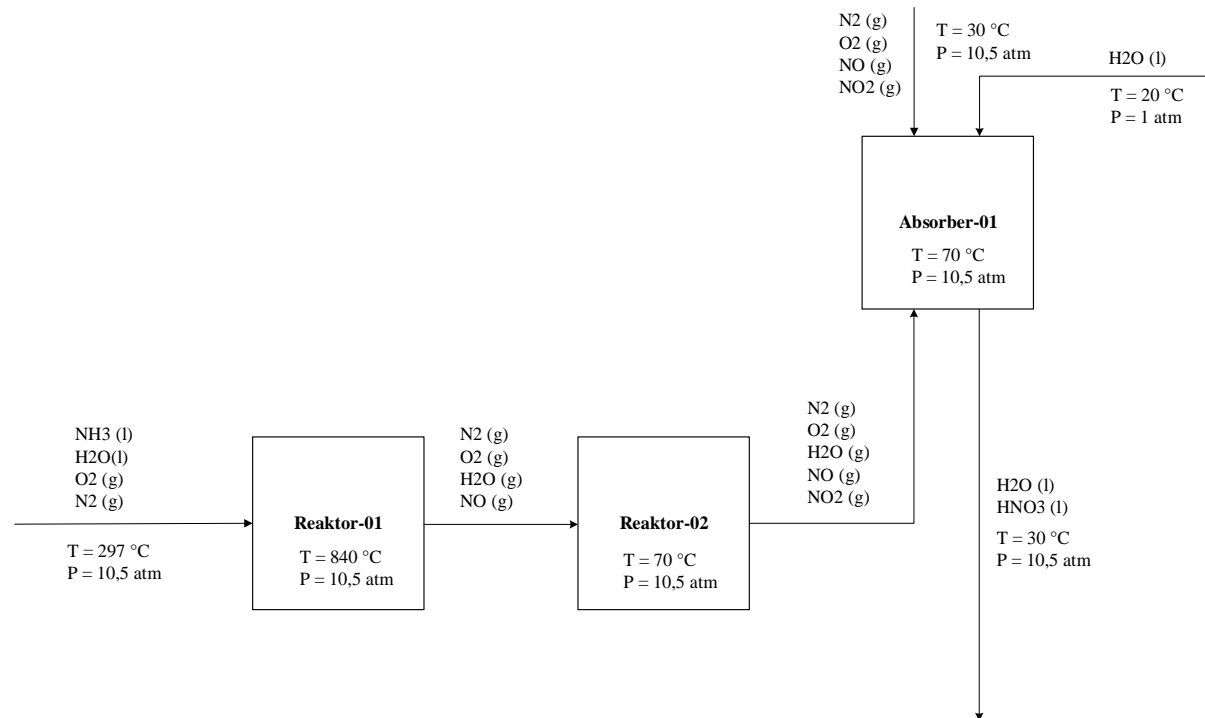
- **Sensor dan Transmitter:** Mengukur variabel proses seperti suhu, tekanan, dan aliran, lalu mengirimkan sinyal ke pengendali.
- **Actuator dan Control Valve:** Mengatur variabel proses berdasarkan sinyal yang diterima dari pengendali.
- **Amplifier dan Elemen Pencatat:** Memperkuat sinyal pengukuran dan mencatat variabel proses untuk memonitor operasi secara visual.

Pengendalian kualitas yang efektif memastikan stabilitas proses, efisiensi operasional, dan kualitas produk yang konsisten, mendukung keberhasilan dan keberlanjutan bisnis di sektor industri.

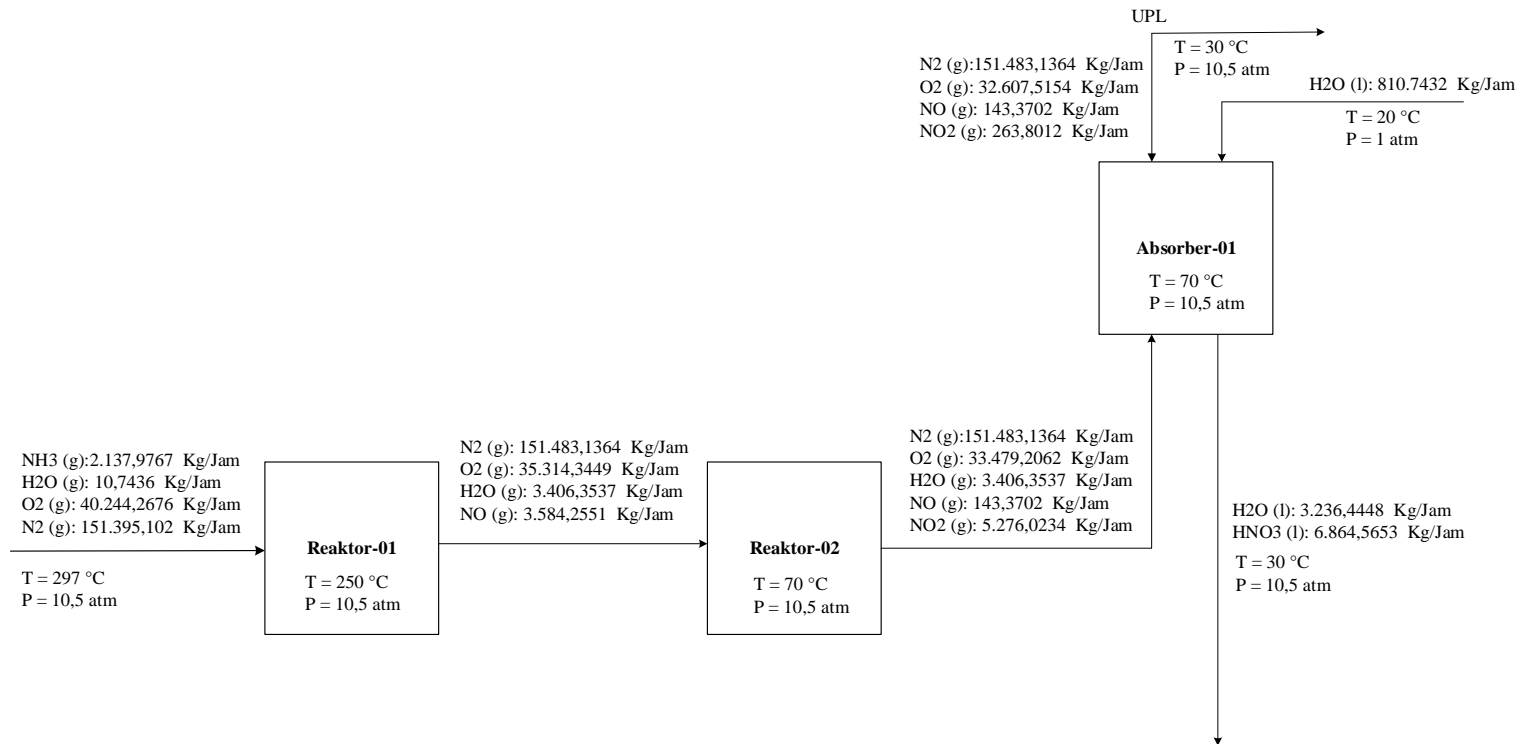
## BAB III PERANCANGAN PROSES

### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

#### 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



### 3.2 Uraian Proses

Produk asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pada pabrik ini diproduksi melalui proses Ostwald yaitu dengan mengoksidasikan amonia dengan udara. Bahan baku amonia diperoleh dari PT. Pupuk Kalimantan Timur, sementara udara diperoleh dari lingkungan. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas sebesar 80.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun.

Secara keseluruhan, proses pembuatan asam nitrat terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut :

#### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

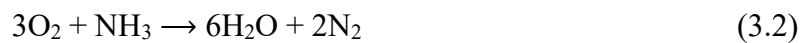
Tahap persiapan bahan baku merupakan tahap awal yang dilakukan untuk membuat asam nitrat dari ammonia dan udara. Pada tahap ini, bahan baku utama berupa amonia ( $\text{NH}_3$ ) disimpan pada tekanan 10,5 atm dan suhu  $30^\circ\text{C}$  di tangki penyimpanan (T-01) berbentuk silinder horizontal dan atap berbentuk torispherical. Pemilihan jenis tangki ini didasarkan pada sifat bahan yang korosif dan mudah menguap. Amonia ( $\text{NH}_3$ ) akan disimpan selama 7 hari. Dari tangki penyimpanan (T-01), amonia ( $\text{NH}_3$ ) akan dipompa ke *vaporizer* (VP-01) untuk merubah fase dari cairan menjadi gas. Selanjutnya gas amonia keluaran *vaporizer* dengan suhu  $130^\circ\text{C}$  melewati *mixing point* sebelum masuk ke reaktor (R-01).

Udara yang merupakan salah satu bahan baku diambil dari lingkungan menggunakan blower (BL-01). Udara dari blower di saring melewati filter bag (FB-01) untuk menghilangkan pengotor. Kemudian udara dikompresi untuk meningkatkan tekanan dari 1 atm menjadi 10,5 atm menggunakan compressor (CP-

01). Setelah keluar dari *compressor* suhu berubah menjadi 302°C dan kemudian udara bertemu dengan aliran gas amonia di *mixing point* sebelum masuk ke reaktor (R-01).

### 3.2.2 Tahap Oksidasi Amonia

Setelah melalui proses persiapan bahan baku, gas campuran amonia dan udara diumpankan ke dalam Reaktor (R-01) yang merupakan reaktor jenis *fixed bed multitube reactor*. Di dalam Reaktor (R-01) terjadi reaksi oksidasi amonia fase gas membentuk nitrogen oksida (NO) pada suhu 840°C dan tekanan 10,5 atm dengan bantuan katalis Platinum-Rhodium (Pt-Rh). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Konversi amonia membentuk NO sebesar 95% pada persamaan 1.1 dan 5% pada persamaan 1.2 dengan kondisi operasi reaktor suhu 840°C dan tekanan 10.5 atm (Heliyon, 2024). Reaksi oksidasi yang terjadi bersifat eksotermis, oleh karena itu untuk mempertahankan suhunya agar tidak terjadi perubahan maka digunakan pendingin pada reaktor (R-01). Setelah itu, gas hasil keluaran R-01 diturunkan suhunya dengan *cooler* (CL-01) dari 840°C menjadi 70°C. untuk memisahkan H<sub>2</sub>O cair dengan gas lainnya dan kemudian gas luaran atas diumpankan menuju reaktor (R-02) untuk dilakukan oksidasi lanjutan.

### 3.2.3 Tahap Oksidasi Lanjutan

Gas yang telah diturunkan suhunya menjadi 70°C kemudian mengalami reaksi oksidasi lanjutan membentuk nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dalam oksidator (R-02) yang merupakan jenis *fixed bed multitube reactor*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Konversi gas NO membentuk NO<sub>2</sub> sebesar 96% dengan suhu operasi reaktor (R-02) 70°C (Heliyon, 2024).

### 3.2.4 Tahap Absorpsi

Tahap absorpsi bertujuan untuk menghasilkan asam nitrat 68%. Gas hasil keluaran R-02 diumpankan menuju absorber (AB-01) dikontakkan dengan air dengan aliran *counter current* sehingga terjadi reaksi absorpsi membentuk asam nitrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Hasil keluaran atas absorber berupa gas yang terdiri atas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), nitrogen monoksida (NO), oksigen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Karena tekanan keluaran absorber (AB-01) masih 10.5 atm. Maka dialirkan ke expansion valve (EXP-01) untuk menurunkan tekanan dari 10.5 atm menjadi 1 atm. Kemudian dialirkan ke *cooler* (CL-02) untuk menurunkan suhu dari 70°C menjadi 30°C. Setelah suhu dan tekanan sesuai kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan asam nitrat (T-02).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Reaktor

---

Spesifikasi Reaktor	
Reaktor (R-01)	
Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi oksidasi amonia dan udara membentuk nitrogen oksida (NO)
Jenis/Tipe	: Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Harga	: Rp. 307,829,937
<b>a. Kondisi Operasi</b>	
Suhu	: 840 °C
Tekanan	: 10,5 atm
Kondisi Proses	: Non-adiabatis, Isothermal
<b>b. Kontruksi dan Material</b>	
Bahan Kontruksi	: <i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>
Diameter (ID) Shell	: 2,2831 m
Tebal Shell	: 1 in
Tinggi Total	: 2,4953 m
Jenis Head	: <i>Torispherical</i>
<b>c. Spesifikasi Khusus</b>	
Jenis Katalis	: Pt-Rh
Bentuk Katalis	: Padatan

Ukuran Katalis	: 0,076 mm
Tinggi Tumpukan	: 1,94 m
Porositas Tumpukan	: 0,44
WHSV/jam	: 657,93/jam
<i>Pressure Drop</i>	: 0,0467 atm
Dimensi Tube	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>
<i>Inside Diameter (ID)</i>	: 1,049 in
<i>Outside Diameter (OD)</i>	: 1,32 in
Panjang	: 1,937 m
Jumlah	: 2690 buah
Tipe	: <i>Triangular Pitch</i>
Ukuran Pitch	: 1,65 in
Jenis <i>Coolant</i>	: <i>Dowtherm A</i>
Kebutuhan <i>Coolant</i>	: 6.250,2996 kg/jam

---

**Reaktor (R-02)**

---

Kode	: R-02
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi oksidasi NO menjadi NO <sub>2</sub> .
Jenis/Tipe	: Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Harga	: Rp. 244,196,000

**a. Kondisi Operasi**

Suhu	: 70 °C
------	---------

Tekanan : 10,5 atm  
Kondisi Proses : Non-adiabatis, Isothermal

**b. Kontruksi dan Material**

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel SA 285 Grade C*  
Diameter (ID) Shell : 1,26 m  
Tebal Shell : 0,5479 in  
Tinggi Total : 2,5929 m  
Jenis Heat : *Torispherical*

**c. Spesifikasi Khusus**

Jenis Katalis : Pt-Rh  
Bentuk Katalis : Padatan  
Ukuran Katalis : 0,076 mm  
Tinggi Tumpukan : 2,23 m  
Porositas Tumpukan : 0,44  
WHSV/jam : 128,67/jam  
*Pressure Drop* : 0,032 atm  
Dimensi Tube  
Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 285 Grade C*  
*Inside Diameter (ID)* : 1,049 in  
*Outside Diameter (OD)* : 1,32 in  
Panjang : 2,233 m  
Jumlah : 827 buah  
Tipe : *Triangular Pitch*  
Ukuran Pitch : 1,65 in  
Jenis *Coolant* : *Dowtherm A*

Kebutuhan *Coolant* : 1.408,9392 kg/jam

### 3.3.2 Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

---

#### Spesifikasi alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

---

##### Absorber (AB-01)

---

Kode : AB-01

Fungsi : Mengabsorpsi H<sub>2</sub>O dan HNO<sub>3</sub> dari campuran gas keluaran reaktor 2

Jenis/Tipe : Packed Columns

Material : Kontinyu

Kondisi Operasi : Suhu : 70 °C  
Tekanan : 10,5 atm

##### Spesifikasi

###### a. Shell

Diameter dalam : 472,44 in

Tinggi : 124,471 in

Tebal : 0,625 in

###### b. Head

Jenis : *Torispherical head*

Tebal : 2,75 in

###### c. Spesifikasi Khusus

Jenis packing : *Metal Intalox*

Bahan konstruksi packing : *Carbon Steel SA 283 grade C*

**Harga** : Rp. 47,925,619

---

---

**Blower (BL-01)**

---

Kode	: BL-01
Fungsi	: Mengalirkan gas dari lingkungan ke <i>Filter Bag</i>
Jenis/Tipe	: <i>Blower centrifugal</i>
Jumlah	: 1 Buah
Kapasitas	: 0,16272 cuft/menit
Power	: 20 HP
<b>Harga</b>	: Rp. 20,276,223

---

**Filter Bag (FB-01)**

---

Kode	: FB-01
Fungsi	: Menyaring debu yang terdapat dalam udara sebelum masuk ke <i>Compressor</i>
Jenis/Tipe	: <i>Bag Filter</i>
Jumlah	: 1 Buah
Kapasitas	: 384.665,75 kg/jam
Kecepatan Volumetrik	: 31.599,09 m <sup>3</sup> /jam
Jumlah Bag	: 53 Buah
Pressure Drop	: 0,5963
<b>Harga</b>	: Rp. 1,314,267,934

---

**Compressor (CP-01)**

---

Kode	: CP-01
Fungsi	: Untuk menaikkan tekanan udara dari 1 atm ke 10,5 untuk dialirkan menuju Reaktor-01 (R-01)
Jenis/Tipe	: <i>Centrifugal multistage</i>
Jumlah	: 1 Buah

**a. Kondisi Operasi**

Tekanan masuk	:	1 atm
Tekanan keluar	:	10,5 atm
Suhu masuk	:	30 °C
Suhu keluar	:	302 °C

**b. Spesifikasi**

Jumlah Stage	:	2
Power	:	8.008,38 HP
<b>Harga</b>	:	Rp. 17,008,064,828

---

**Expansion Valve (EXV-01)**

---

Kode	:	EXP-01
Fungsi	:	Menurunkan tekanan keluaran Absorber dari 10.5 atm ke 1 atm
Jenis/Tipe	:	<i>Gate Valve</i>
Jumlah	:	1 Buah
Kapasitas	:	35.305,3807 kg/jam

**a. Spesifikasi**

Bahan Konstruksi	:	<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>
Inside Diameter	:	15,670 in
Outside Diameter	:	16 in
a't	:	1,339 ft <sup>2</sup>
Le	:	86,93251 m
<b>Harga</b>	:	Rp. 5,529,879

**3.3.3 Alat Penyimpanan**

---

**Spesifikasi Tangki Penyimpanan**

---

<b>Parameter</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>
Fungsi :	Penyimpanan bahan baku Amonia (NH <sub>3</sub> )	Penyimpanan Produk Asam Nitrat (HNO <sub>3</sub> )
Lama Penyimpanan :	7 hari	7 hari
Fasa :	Cair	Cair
Jumlah Tangki :	1 buah	1 buah
Jenis Tangki :	<i>Horizontal Silinder Tank, Torispherical roof</i>	<i>Vertical Silinder Tank, Flat bottom, Torispherical roof</i>
<b>a. Kondisi Operasi</b>		
Suhu :	30 °C	30 °C
Tekanan :	10,5 atm	1 atm
<b>b. Spesifikasi</b>		
Bahan Konstruksi :	<i>Carbon Steel 212 Grade B</i>	<i>Carbon Steel SA-285 Grade B</i>
Volume Tangki :	607,671 m <sup>3</sup>	1620,4587 m <sup>3</sup>
Diameter :	12,192 m	13,716 m
Tinggi :	5,486 m	10,973 m
Jumlah Course :	1 course plate	6 course plate
Tebal Shell :	1,5 in	0,630 in
<b>c. Head &amp; Bottom</b>		
Tebal Head :	2,75 in	0,942 in
Tebal Bottom :	2,75 in	0,875 in
<b>Harga</b> :	Rp. 1,034,087,392	Rp. 1,317,954,520

---

### 3.3.4 Alat Transportasi Bahan

<b>Spesifikasi Pompa</b>		
<b>Parameter</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>
Fungsi	Mengalirkan fluida keluaran Tangki 1 ke Vaporizer	Mengalirkan fluida keluaran absorber ke expansion valve
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	1 Buah	1 Buah
Kapasitas	10,1909 gpm	115,49496 gpm
Impeller	Mixed flow impellers	Axial flow impellers
Rate Volumetrik	0,02270 ft <sup>3</sup> /s	0,25732 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	0,68250 ft/s	0,74100 ft/s
<b>a. Spesifikasi Pipa</b>		
IPS	2,5 in	8 in
<i>Sch Number</i>	40	40
Outside Diameter	2,88 in	8,625 in
Inside Diameter	2,469 in	7,981 in
Flow Area	4,79 in <sup>2</sup>	50 in <sup>2</sup>
<b>b. Spesifikasi Daya</b>		
Efisiensi pompa	47 %	41 %
Power pompa	1,21579 HP	3,44710 HP
Power motor	2 HP	5 HP
<b>c. Total Head</b>	0,927 m	0,408 m

<b>Harga</b>	:	Rp. 73,731,721	Rp. 184,329,303
<b>Spesifikasi Pompa</b>			
<b>Parameter</b>		<b>P-03</b>	<b>P-04</b>
Fungsi	:	Mengalirkan fluida keluaran expansion valve ke cooler 2	Mengalirkan fluida keluaran cooler 2 ke Tangki Produk
Jenis	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	:	1 Buah	1 Buah
Kapasitas	:	115,49496 gpm	111,62286 gpm
Impeller	:	Mixed flow impellers	Mixed flow impellers
Rate Volumetrik	:	0,25732 ft <sup>3</sup> /s	0,24869 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran	:	0,74100 ft/s	0,71616 ft/s
<b>a. Spesifikasi Pipa</b>			
IPS	:	8 in	8 in
<i>Sch Number</i>	:	40	40
Outside Diameter	:	8,625 in	8,625 in
Inside Diameter	:	7,981 in	7,981 in
Flow Area	:	50 in <sup>2</sup>	50 in <sup>2</sup>
<b>b. Spesifikasi Daya</b>			
Efisiensi pompa	:	41 %	41 %
Power pompa	:	24,57775 HP	109,03521 HP
Power motor	:	30 HP	125 HP
<b>c. Total Head</b>			
	:	2,910 m	12,909 m
<b>Harga</b>	:	Rp. 184,329,303	Rp. 184,329,303

### 3.3.5 Alat Penukar Panas

<b>Cooler (CL-01)</b>				
Kode	:	CL-01		
Fungsi	:	Menurunkan suhu fluida keluaran reaktor 1 dari 840°C menjadi 70°C		
Jenis/Tipe	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>		
<b>Operating Condition</b>				
Position		<b>Shell</b>		<b>Tube</b>
Fluid	:	Gas (N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, H <sub>2</sub> O)		<i>Dowtherm A</i>
Fluid type	:	Hot		Cold
		In	Out	
Temperature	:	840°C	70°C	15°C      820°C
<b>Mechanical Design</b>				
		Annulus		Tube
Length	:	15 ft		Length : 15 ft
ID	:	3,068 in		ID : 2,07 in
				OD : 2,38 in
				A : 23,6333 ft <sup>2</sup>
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	:	2,23590 psi / 10 psi		$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ : 0,00001 psi / 10 psi
$Rd_{cal}/Rd_{min}$	:	0,0174 / 0,001		
<b>Harga</b>	:	<b>Rp. 12,903,051</b>		
<b>Cooler (CL-02)</b>				
Kode	:	CL-02		
Fungsi	:	Menurunkan suhu fluida keluaran absorber dari 70°C ke 30°C		
Jenis/Tipe	:	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>		

<b>Operating Condition</b>							
Position	<b>Shell</b>		<b>Tube</b>				
Fluid	:	<i>Dowtherm A</i>		Liquid (H <sub>2</sub> O, HNO <sub>3</sub> )			
Fluid type	:	Cold		Hot			
		In	Out	In      Out			
Temperature		15°C	65°C	70°C      30°C			
<b>Mechanical Design</b>							
	<b>Shell</b>		<b>Tube</b>				
ID	:	1,7708 ft		Length	:	16 ft	
Passes	:	1		OD	:	1,5 in	
Baffle spaces	:	23,611 in		Number	:	74 tube	
				A	:	553 ft <sup>2</sup>	
				BWG	:	8	
				Pitch	:	1 in <i>Triangular</i>	
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	:	0,1150 psi / 10 psi		$\Delta P_{allow}$	:	0,0788 psi / 10 psi	
$Rd_{cal}/Rd_{min}$	:	0,0047 / 0,001					
<b>Harga</b>	:	<b>Rp. 449,763,500</b>					
<b>Vaporizer (VP-01)</b>							
Kode	:	VP-01					
Fungsi	:	Menguapkan bahan baku amonia (NH <sub>3</sub> )					
Jenis/Tipe	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>					
<b>Operating Condition</b>							
Position	<b>Shell</b>		<b>Tube</b>				
Fluid	:	Liquid (NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O)		<i>Steam</i>			



R	149,344		119,475		179,213		119,475	kmol
S	1.108,289		6,288		179,213		119,475	kmol
				5%				
		3O <sub>2</sub>	+	4NH <sub>3</sub>	=	6H <sub>2</sub> O	+	2N <sub>2</sub>
M	1.108,289			6,288		179,213		kmol
R	4,716			6,288		9,432		3,144 kmol
S	1.103,573			0		188,645		3,144 kmol

---

**F1. Amoniak masuk ke reaktor 1**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	NH <sub>3</sub>	2137,976	99,5%	17	125,763	0,995276
2	H <sub>2</sub> O	10,744	0,50%	18	0,5969	0,004724
		2.148,720	1	35	126,360	1

---

**F2. Udara masuk ke reaktor 1**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	N <sub>2</sub>	151.395,102	79%	28	5.406,968	0,8113
2	O <sub>2</sub>	40.244,268	21%	32	1.257,633	0,1887
		191.639,370	1	60	6.664,601	1

---

**F3. Komponen keluar reaktor 1**

---

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	N <sub>2</sub>	151.483,136	0,7817	28	5.410,7418	0,7930
2	O <sub>2</sub>	33.314,345	0,1822	32	1.103,573	0,1618
3	NO	3.584,255	0,0185	30	119,475	0,0175
4	H <sub>2</sub> O	3.406,354	0,01758	18	189,242	0,0277
		193.788,090	1	125	6.822,402	1

---

**Reaktor 1**

---

Nomor arus	In	Out
F1	2.148,720	
F2	191.639,370	
F3		193.788,090
Total	193.788,090	193.788,090

96%

	O <sub>2</sub>	+	2NO	=	2NO <sub>2</sub>	
M	1.103,573		119,475			kmol
R	57,348		114,696		114,696	kmol
S	1.046,225		4,779		114,696	kmol

---

**F4. Komponen keluar reaktor 2**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	N <sub>2</sub>	151.483,136	0,7817	28	5.410,112	0,7997
2	O <sub>2</sub>	33.479,206	0,1728	32	1.046,225	0,1547
3	NO	143,370	0,0007	30	4,779	0,0007
4	H <sub>2</sub> O	3.406,354	0,0176	18	189,242	0,0280
5	NO <sub>2</sub>	5.276,023	0,0272	46	114,696	0,0170
		193.788,090	1	171	6.765,054	1

---

**Reaktor 2**

---

Nomor arus	In	Out
F3	193.788,090	
F4		193.788,090
TOTAL	193.788,090	193.788,090

95%

	H <sub>2</sub> O	+	2NO <sub>2</sub>	+	1/2O <sub>2</sub>	=	2HNO <sub>3</sub>	
M	234,283		114,696		1.046,225			kmol
R	54,480		108,961		27,240		108,961	kmol
S	179,802		5,745		1.018,985		108,961	kmol

---

**F5. Komponen masuk absorber**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	H <sub>2</sub> O	810,743	100%	18	45,041	1
		810,743	1	18	45,041	1

---

**F6. Komponen keluar absorber**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	H <sub>2</sub> O	3.236,445	0,32	18	179,802	0,7266
2	HNO <sub>3</sub>	6.864,565	0,68	63	108,961	0,2734
		10.101,010	1	81	288,764	1

---

**F7. Komponen keluar absorber**

---

No	Komponen	F	XF	BM	N	XN
1	N <sub>2</sub>	151.483,136	0,8211	28	5.410,112	0,8401
2	O <sub>2</sub>	32.607,515	0,1767	32	1.018,985	0,1582
3	NO	143,370	0,00078	30	4,779	0,0007
4	NO <sub>2</sub>	263,801	0,00143	46	5,735	0,0009
		184.497,823	1	153	6.439,611	1

---

**Absorber**

---

Nomor arus	In	Out
F4	193.788,090	
F5	810,743	
F6		10.101,010
F7		184.497,823
<b>TOTAL</b>	<b>194.598,833</b>	<b>194.598,833</b>

### 3.5 Neraca Panas

#### 3.5.1 Neraca Panas Vaporizer (VP-01)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Qin	8.591,35	
Qout		543.148,78
Qsteam	534.557,44	
<b>Total</b>	<b>543.148,78</b>	<b>543.148,78</b>

#### 3.5.2 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Qin	141.786,45	
Qout		33.086,20
Qpendingin		108.700,25
<b>Total</b>	<b>141.786,45</b>	<b>141.786,45</b>

#### 3.5.3 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-11.266.471.917.638.800	

Q2	-1.582.486.614.635.250	
Q3		-170.549.918.885.568.000
Qreaksi	15.614.475.562.200.300	
Qpendingin		24.298.592
<b>Total</b>	<b>-170.549.918.861.270.000</b>	<b>-170.549.918.861.270.000</b>

#### 3.5.4 Neraca Panas Cooler (CL-02)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Qin	1.041.627,69	
Qout		115.103,31
Qpendingin		926.524,38
<b>Total</b>	<b>1.041.627,69</b>	<b>1.041.627,69</b>

#### 3.5.5 Neraca Panas Reaktor (R-02)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Qin	-1.359.288.980.122.630	
Qout		-1.615.594.057.568.600
Qreaksi		256.305.071.968.595
Qpendingin		5.477.376
<b>Total</b>	<b>-1.359.288.980.122.630</b>	<b>-1.359.288.980.122.630</b>

#### 3.5.6 Neraca Panas Absorber (AB-01)

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-1.615.594.057.568.600	
Q2	-38.514.862.775.176,5	
Q3		-159.359.247.739.956

Q4		-1.401.572.445.894.700
Qreaksi		1.731.465
Qsteam		-93.177.228.440.588
<b>Total</b>	<b>-1.654.108.920.343.780</b>	<b>-1.654.108.920.343.780</b>

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

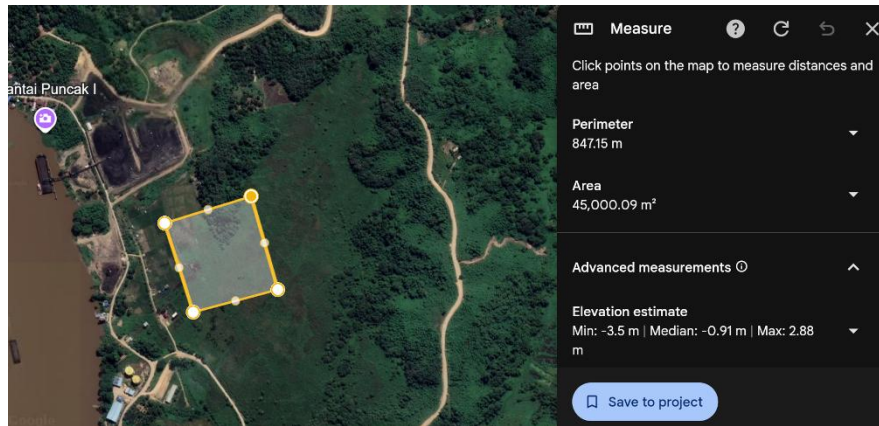
#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Lokasi pabrik memiliki pengaruh penting terhadap profitabilitas dan keberlangsungan pabrik yang akan dibangun. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan saat memilih lokasi yang sesuai. Menurut AIChE (2003) faktor-faktor utama yang perlu dipertimbangkan, yaitu lokasi berkenaan dengan area pemasaran, pasokan bahan baku, fasilitas transportasi, ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan utilitas seperti air, bahan bakar, listrik, ketersediaan lahan yang sesuai, dampak lingkungan, dan pembuangan limbah, pertimbangan masyarakat setempat, iklim, serta pertimbangan politik.

Pada umumnya pendirian suatu pabrik diawali dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, semakin dekat dengan bahan baku maka biaya penanganan dan logistik akan semakin minimum. Kedekatan lokasi pabrik dengan bahan baku akan mempermudah penjagaan kualitas bahan baku dan pengaturan pasokan secara berkelanjutan.

Meskipun bahan baku amonia banyak tersebar di Indonesia namun Produksi konvensional: PKT (Kaltim) sebagai pemimpin produksi amonia nasional, berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomi, dan target pemasaran maka pilihan terbaik untuk lokasi pendirian pabrik asam nitrat dari ammonia dan udara dengan kapasitas 80.000 ton/tahun adalah Kalimantan Timur, tepatnya di Kota Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

Gambar 4.1 Lokasi pabrik di Kota Kutai Kartanegara



Berikut alasan mengapa lokasi ini lebih unggul dibanding wilayah lain:

- a. Ketersediaan Bahan Baku yang Melimpah
  - Amonia ( $\text{NH}_3$ ): Kalimantan Timur, khususnya Bontang, memiliki pabrik amonia berkapasitas besar (PT Pupuk Kaltim) yang menggunakan gas alam dari lapangan gas Badak dan Senoro. Ketersediaan bahan baku utama ini menjamin pasokan stabil dan biaya produksi yang kompetitif.
  - Udara: Sebagai sumber nitrogen dalam proses produksi, udara tersedia bebas di semua lokasi, sehingga tidak menjadi kendala pasokan.
- b. Akses Pasar dan Distribusi yang Strategis
  - Pasar Lokal: Asam nitrat digunakan untuk memproduksi amonium nitrat bagi pupuk pertanian di sentra-sentra seperti Kutai Kartanegara dan Berau.
  - Industri Pertambangan: Kalimantan Timur adalah pusat pertambangan batubara dengan industri bahan peledak di Samarinda dan Balikpapan, sehingga permintaan lokal tinggi.

- Ekspor: Pelabuhan Bontang, Samarinda, dan Balikpapan memudahkan distribusi ke pasar luar daerah dan internasional.
- c. Ketersediaan Energi dan Infrastruktur Penunjang

Tersedia pasokan Listrik dari PLTU di Samarinda, Balikpapan, dan Bontang, serta PLTG berbasis gas di kawasan industri Bontang. Infrastruktur pipa gas alam dari lapangan Badak ke Bontang sudah siap pakai untuk mendukung kebutuhan energi proses produksi.
- d. Tenaga Kerja Terampil dan Berpengalaman

Kota-kota seperti Samarinda dan Balikpapan memiliki tenaga kerja lulusan universitas dan sekolah teknik yang relevan. Dan kawasan industri Bontang memiliki sumber daya manusia berpengalaman di sektor kimia, sehingga pelatihan awal dapat diminimalkan.
- e. Kondisi Geografis dan Dukungan Sosial yang Mendukung

Pemilihan lokasi dapat menghindari daerah rawan banjir dan menggunakan lahan stabil yang jauh dari pemukiman padat, sesuai standar keselamatan industri kimia. Kawasan industri seperti Bontang dan Kaltim Industrial Estate sudah memiliki dukungan masyarakat dan pemerintah daerah untuk pembangunan industri skala besar.
- f. Ketersediaan Sumber Air untuk Proses Produksi

Sungai Mahakam, dengan debit besar ( $\pm 1.500\text{--}2.000\text{ m}^3/\text{detik}$ ), dan Sungai Karangan menyediakan sumber air untuk proses produksi dan pendinginan. Pengelolaan izin pengambilan air dan pembuangan limbah dapat dilakukan melalui koordinasi dengan DLH Kaltim dan BBWS Mahakam.

## 4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Perancangan tata letak pabrik mengacu pada prinsip keamanan, efisiensi aliran material, kemudahan akses transportasi, potensi ekspansi, serta mitigasi dampak lingkungan sebagaimana dijelaskan dalam Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design dan Chemical Engineering Design oleh Sinnott & Towler. Unit proses berisiko tinggi seperti reaktor, absorber, dan tangki penyimpanan asam nitrat pekat dirancang terpisah dari area administrasi dan fasilitas publik. Jalur bahan baku diatur mengalir secara efisien mulai dari penerimaan, penyimpanan, pemrosesan, hingga pengiriman produk jadi. Dengan lokasi di pesisir Sungai Mahakam, pabrik dapat dilengkapi dermaga untuk bongkar-muat amonia cair, udara industri, maupun bahan kimia pendukung, sekaligus distribusi produk. Area kosong juga disediakan untuk ekspansi masa depan.

Kondisi iklim dan lingkungan setempat memerlukan mitigasi risiko khusus, seperti elevasi pondasi peralatan vital untuk menghindari banjir, penggunaan material konstruksi tahan korosi akibat kelembapan tinggi, dan penerapan jarak aman terhadap pemukiman sesuai ketentuan KepMenLH dan standar NFPA. Jarak antarunit proses utama minimal 30 m, tangki amonia minimal 70 m dari batas area publik (mengacu API Standard 2510), dan tangki asam nitrat dipisahkan dari bahan mudah terbakar. Seluruh fasilitas dilengkapi sistem proteksi seperti deluge system untuk pendinginan darurat tangki dan scrubber untuk penanganan kebocoran NO<sub>x</sub>.

Pembagian lahan diatur secara proporsional untuk memenuhi kebutuhan operasional dan keselamatan. Area proses ditempatkan dekat fasilitas utilitas serta ruang kontrol. Ruang kontrol berada di area aman namun tetap dekat proses,

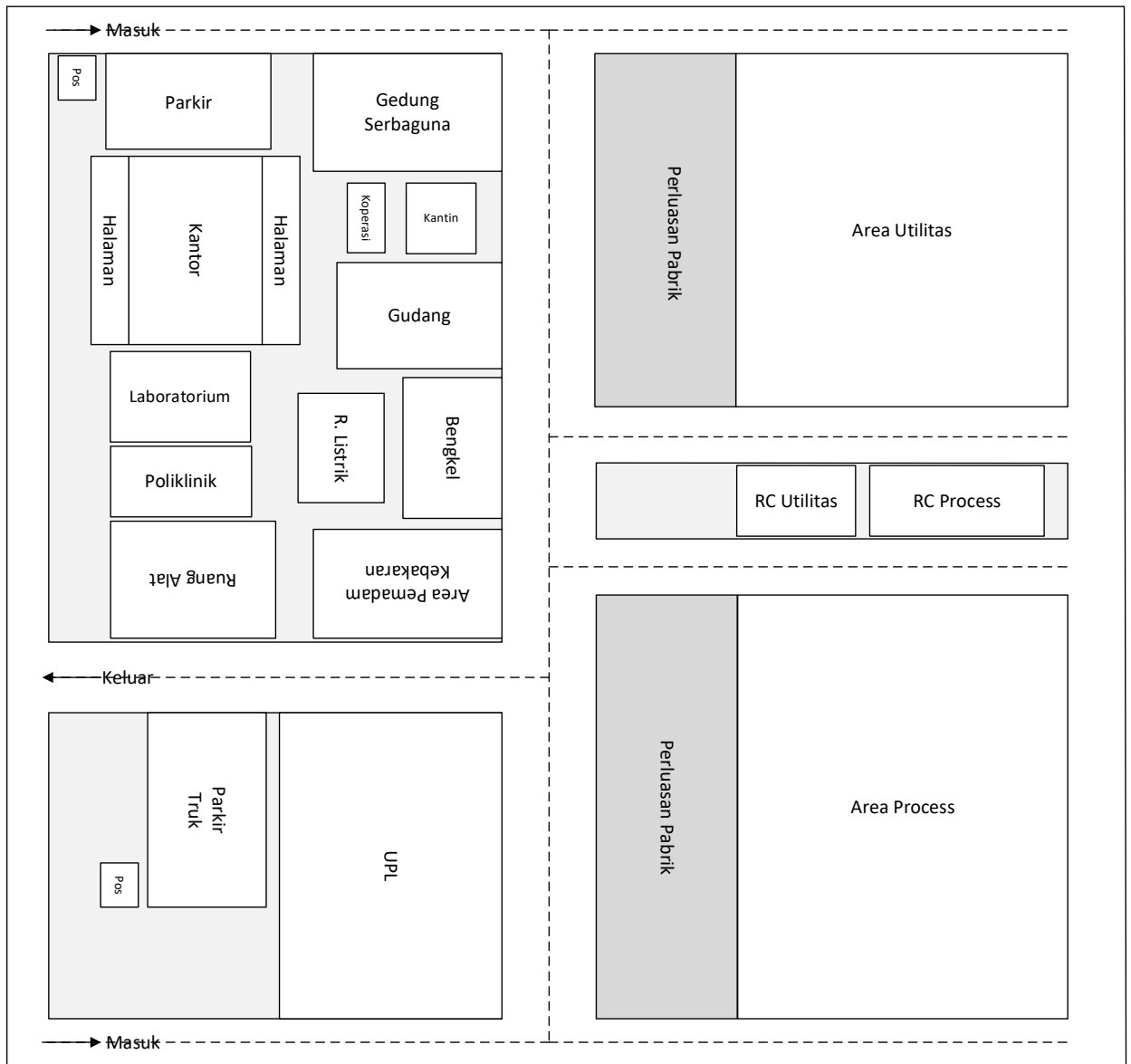
sedangkan fasilitas administrasi dan laboratorium ditempatkan di sisi hulu angin untuk menghindari paparan bahan berbahaya. Fasilitas utilitas ditempatkan dekat proses untuk meminimalkan panjang pipa, dan instalasi pengolahan limbah diletakkan di sisi hilir angin dominan. Jalan dan akses internal minimal selebar 6 m, memfasilitasi lalu lintas truk serta kendaraan pemadam kebakaran, sementara ruang hijau dan buffer zone menempati sedikitnya 10% lahan untuk meredam kebisingan, menurunkan risiko penyebaran kebakaran, serta mengurangi dampak lingkungan.

Dengan luas lahan yang tersedia, pabrik ini memiliki kapasitas ruang yang memadai untuk beroperasi pada skala menengah hingga besar, sebanding dengan pabrik-pabrik asam nitrat di dalam maupun luar negeri. Lahan seluas ±5 ha tidak hanya mencukupi untuk kebutuhan fasilitas utama, tetapi juga memberikan fleksibilitas untuk pengembangan di masa mendatang, seperti integrasi dengan unit ammonium nitrate untuk industri peledak atau pupuk, serta pembangunan fasilitas dermaga yang terhubung langsung ke Sungai Mahakam guna memperkuat rantai pasok dan distribusi.

No	Area	Panjang	Lebar	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Kantor	36	21	756
2.	Gedung Serbaguna	26	21	546
3.	Masjid	11	9	99
4.	Kantin	9	9	81
5.	Koperasi	9	6	54
6.	Area Parkir Utama	21	16	336

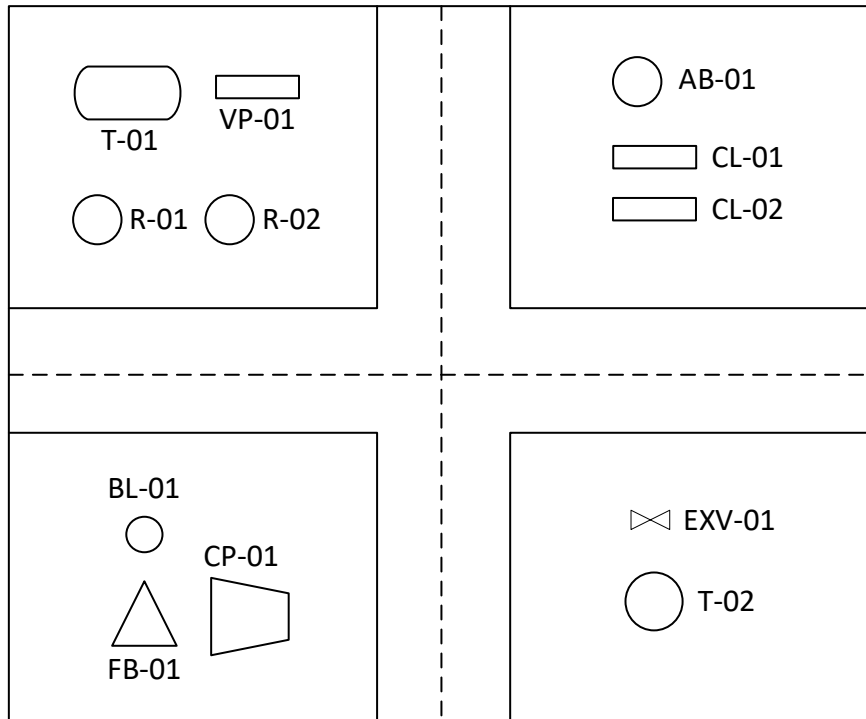
7.	Pos Satpam 1	3,5	3,5	12,25
8.	Pos Satpam 2	3,5	3,5	12,25
9.	Poliklinik	13	9	117
10.	Gudang	26	16	416
11.	Area Proses	151	151	22.801
12.	Ruang Alat	16	16	256
13.	Laboratorium	16	11	176
14.	Ruang <i>Control Process</i>	11	6	66
15.	Ruang <i>Control utilitas</i>	11	6	66
16.	Area Utilitas	71	51	3.621
17.	Area Parkir Truk	21	16	336
18.	Ruang Listrik	13	9	117
19.	Bengkel	21	16	336
20.	Area Pemadam Kebakaran	16	9	144
21.	UPL	41	31	1.271
22.	Halaman Depan Kantor	36	7	252
23.	Halaman Belakang Kantor	36	7	252
24.	Perluasan Pabrik	61	26	1.586
25.	Taman	31	11	341
26.	Jalan			10.949,59
<b>Luas Bangunan</b>				<b>34.050,5</b>
<b>Luas Tanah</b>				<b>45.000,09</b>

Gambar 4.2 Tata letak Pabrik skala 1:1000



### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Gambar 4.3 Tata letak alat proses skala 1:400



Tata letak peralatan proses pada pabrik asam nitrat ini dirancang untuk mengikuti urutan aliran proses sesuai metode Ostwald, dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, kemudahan operasional, dan efisiensi biaya konstruksi. Gambar menunjukkan pembagian area menjadi empat kuadran yang memisahkan fungsi utama proses.

#### 1. Kuadran kiri atas

Berisi tank (T-01), *vaporizer* (VP-01), dan dua reaktor (R-01 dan R-02). Area ini berfungsi sebagai tahap awal proses, di mana amonia dan udara dipersiapkan dan dimurnikan sebelum masuk ke reaktor oksidasi. Penempatan reaktor berdekatan bertujuan meminimalkan panjang pipa dan kehilangan tekanan.

## 2. Kuadran kanan atas

Terdapat absorber (AB-01) dan dua *cooler* (CL-01 dan CL-02). Unit ini menerima gas NO<sub>x</sub> dari reaktor untuk diabsorpsi dengan air menjadi larutan HNO<sub>3</sub>. Pendingin dan absorber disusun berdekatan agar gas hasil pendinginan langsung masuk ke absorber dalam kondisi optimal. Posisi absorber yang terpisah dari reaktor memberikan jarak aman terhadap panas dan risiko ledakan.

## 3. Kuadran kiri bawah

Menampung *blower* (BL-01), *filter bag* (FB-01), dan *compressor* (CP-01). Peralatan ini berfungsi untuk mengatur aliran udara dan gas proses ke tekanan yang sesuai sebelum masuk ke reaktor. Ditempatkan di area terpisah untuk mengurangi kebisingan di dekat area proses utama, sekaligus memudahkan akses perawatan mesin berputar.

## 4. Kuadran kanan bawah

Berisi expansion valve (EXV-01) dan tank (T-02). Peralatan ini digunakan pada tahap akhir proses untuk mengatur tekanan produk cair dan menyimpan asam nitrat sebelum distribusi atau penyimpanan jangka panjang. Pemisahan lokasi penyimpanan produk dari reaktor dan absorber dilakukan untuk meningkatkan keselamatan.

### a. Pertimbangan tata letak

Aliran bahan dibuat linier dari kiri atas → kanan atas → kanan bawah, sehingga perpindahan material minim belokan dan panjang pipa dapat ditekan. Sirkulasi udara dipastikan baik dengan menempatkan blower dan compressor di sisi

bawah sehingga udara segar masuk dari area ini menuju proses. Akses perawatan disediakan ruang bebas di sekitar setiap alat, khususnya reaktor dan absorber, untuk memungkinkan inspeksi dan penggantian komponen. Keamanan diperhitungkan dengan memisahkan area panas bertekanan tinggi (reaktor) dari area penyimpanan produk. Lalu lintas manusia dan kendaraan diatur melalui jalur tengah (garis putus-putus) yang memisahkan empat kuadran, memudahkan transportasi internal dan jalur evakuasi.

Dengan susunan ini, tata letak tidak hanya mendukung kelancaran proses produksi asam nitrat dari amonia dan udara, tetapi juga memaksimalkan keselamatan kerja serta efisiensi operasional.

#### **4.4 Organisasi Perusahaan**

Untuk memastikan seluruh kegiatan dalam perusahaan berjalan secara efisien dan efektif, diperlukan struktur organisasi yang jelas. Struktur ini membantu setiap jabatan memahami peran dan tanggung jawabnya, sehingga tercipta pembagian tugas, kedudukan, wewenang, serta tanggung jawab yang terorganisir di antara personil perusahaan.

##### **4.1.1 Bentuk Organisasi**

Pabrik asam nitrat ini direncanakan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas atau biasa disebut dengan PT merupakan bentuk perusahaan yang modalnya berasal dari penjualan saham, yaitu setiap orang atau kelompok berhak mengambil satu saham atau lebih. Namun, dalam bentuk perusahaan Perseroan terbatas ini pemegang saham hanya memiliki tanggung jawab dalam menyetor seluruh jumlah yang disebutkan dalam setiap saham. Asosiasi

pemegang saham yang tergabung dalam sebuah Perseroan terbatas akan diatur berdasarkan hukum yang berlaku dan dapat dianggap sebagai badan hukum. Selain definisi singkat mengenai Perseroan Terbatas (PT) yang sudah disebutkan, bentuk perusahaan ini memiliki beberapa ciri lainnya, antara lain:

- 1) Didirikan menggunakan akta notaris yang didasarkan pada Undang-Undang Hukum Dagang yang berlaku di Indonesia.
- 2) Total modal yang diperlukan sudah ditentukan dalam akta pendirian yang terdiri dari berbagai saham yang dapat dibeli oleh para pemilik saham.
- 3) Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan.
- 4) Proses jalannya perusahaan dipimpin oleh seorang direktur yang kompeten dan dipilih langsung oleh pemilik perusahaan atau pemegang saham.
- 5) Pembinaan terakai personalia perusahaan akan diserahkan kepada Direktur, tentunya hal ini akan didasarkan pada hukum perburuhan yang berlaku.

Pemilihan bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dilakukan berdasarkan beberapa faktor pertimbangan, yaitu:

- 1) Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan cara menjual saham perusahaan.
- 2) Diatur jelas dalam hukum, sehingga kekayaan perusahaan akan terpisah dari kekayaan pribadi milik pemegang saham, dengan kata lain tanggung jawab dari pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi tetap dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- 3) Jalannya perusahaan dalam jangka panjang lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff, ataupun

karyawan perusahaan. Hal tersebut didasarkan karena pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lain. Pemilik perusahaan merupakan pemegang saham, sementara pengatur perusahaan berisi direksi dan staff yang akan diawasi langsung oleh dewan komisaris perusahaan.

- 4) Manajemen yang efisien, yaitu dewan komisaris yang ahli dan direktur utama yang kompeten dapat dipilih langsung oleh pemegang saham.
- 5) Tersedianya lapangan pekerjaan yang lebih luas, terutama untuk masyarakat sekitar pabrik.
- 6) Kemudahan dalam mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan. Hal ini dapat dilakukan jika dibutuhkan untuk keuntungan perusahaan.
- 7) Kelangsungan perusahaan terjamin karena hidup perusahaan tidak digantungkan pada suatu pihak. Hal tersebut karena kepemilikan dari suatu perusahaan dapat berganti karena alasan satu dan lain hal.

Kemudahan dalam bergerak di pasar global, sehingga kemajuan perusahaan dapat lebih cepat

#### **4.1.2 Struktire Organisasi**

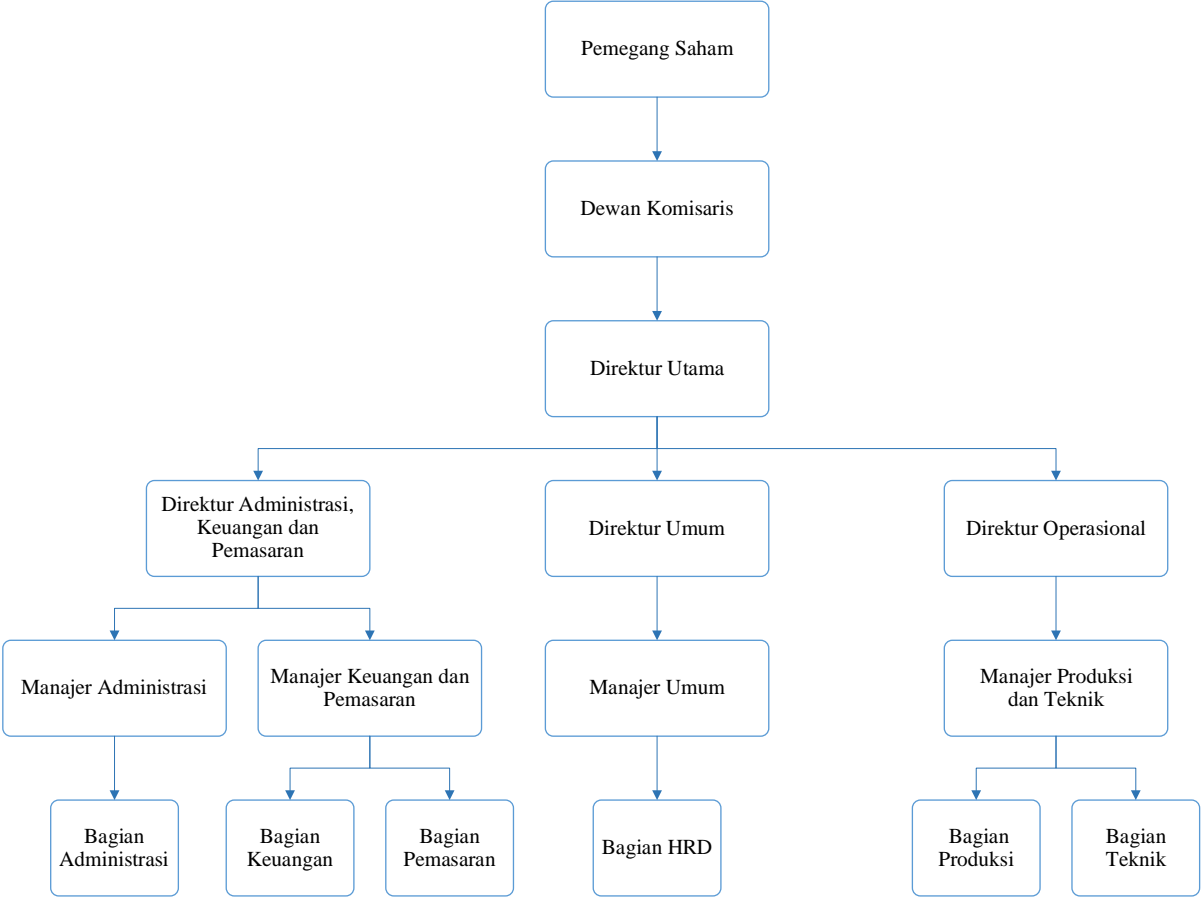
Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Dengan adanya struktur yang baik maka antara jabatan dapat memahami batasan masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu

1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris. Dalam menjalankan tugas perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham.

Gambar 4.4 Struktur organisasi



### **4.1.3 Uraian Tugas, Wewenang dan Tanggung Jawab**

#### **a. Pemegang Saham**

##### **1) Tugas**

- Menanamkan modal ke perusahaan.
- Menetapkan arah umum kebijakan perusahaan melalui RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham).
- Memilih dan mengangkat anggota Dewan Komisaris dan Direksi.
- Menyetujui laporan tahunan dan penggunaan laba bersih.

##### **2) Wewenang**

- Mengubah anggaran dasar perusahaan.
- Menyetujui pembubaran, penggabungan, atau pemisahan perusahaan.
- Menentukan pembagian dividen.
- Memberhentikan atau mengangkat kembali anggota Dewan Komisaris dan Direksi.

##### **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab sebatas modal yang ditanamkan (liabilitas terbatas).
- Menjaga kerahasiaan informasi internal yang diperoleh.
- Mendukung perusahaan untuk tetap mematuhi hukum dan etika bisnis.

#### **b. Dewan Komisaris**

##### **1) Tugas**

- Mengawasi kebijakan pengelolaan perusahaan oleh Direksi.
- Memberi nasihat kepada Direksi dalam menjalankan perusahaan.
- Memantau pelaksanaan rencana bisnis dan kepatuhan terhadap peraturan.
- Menilai kinerja Direksi dan memberikan rekomendasi perbaikan.

## **2) Wewenang**

- Meminta laporan berkala atau sewaktu-waktu dari Direksi.
- Memeriksa dokumen dan aset perusahaan.
- Mengusulkan rapat umum pemegang saham luar biasa (RUPSLB) bila diperlukan.
- Mengangkat komite khusus (misalnya Komite Audit) untuk membantu tugas pengawasan.

## **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab secara pribadi dan tanggung renteng jika lalai atau salah dalam menjalankan tugas yang merugikan perusahaan.
- Memastikan prinsip tata kelola perusahaan dijalankan dengan baik.
- Menjaga kepentingan perusahaan, pemegang saham, dan pemangku kepentingan lainnya.

### **c. Direktur**

#### **1) Tugas**

- Menentukan visi, misi, dan strategi perusahaan.
- Mengambil keputusan strategis terkait investasi, ekspansi, dan kebijakan umum.

- Memimpin rapat manajemen tingkat tinggi.
- Mengawasi pencapaian target perusahaan.

## **2) Wewenang**

- Menyetujui atau menolak rencana kerja dan anggaran dari manajer.
- Menunjuk atau memberhentikan manajer sesuai prosedur.
- Mengadakan kerja sama strategis dengan pihak eksternal.
- Mengambil keputusan akhir dalam konflik internal.

## **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab atas keberhasilan atau kegagalan perusahaan secara keseluruhan.
- Menjamin tercapainya target jangka pendek dan panjang.
- Menjaga hubungan baik dengan pemegang saham, pemerintah, dan mitra bisnis.

### **d. Manajer**

#### **1) Tugas**

- Menerjemahkan visi dan strategi direktur menjadi rencana kerja departemen.
- Mengelola dan mengawasi kepala bagian sesuai fungsi (Produksi, Pemasaran, Keuangan, dll.).
- Menyusun laporan kinerja departemen kepada direktur.
- Mengatur penggunaan sumber daya secara efektif.

#### **2) Wewenang**

- Mengatur dan membagi tugas ke kepala bagian.

- Mengusulkan pengadaan, anggaran, dan perekrutan karyawan.
- Memberikan sanksi atau penghargaan tingkat departemen.
- Mengambil keputusan operasional harian di lingkup departemen.

### **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab atas pencapaian target departemen.
- Menjamin efisiensi dan efektivitas kerja departemen.
- Menjaga koordinasi lintas bagian dalam departemen.

## **e. Kepala Bagian**

### **1) Tugas**

- Mengatur pekerjaan karyawan dalam satu bagian/fungsi tertentu
- Memastikan pelaksanaan pekerjaan sesuai SOP.
- Memberikan pelatihan teknis kepada karyawan.
- Melaporkan kemajuan pekerjaan kepada manajer.

### **2) Wewenang**

- Mengatur jadwal kerja dan pembagian tugas karyawan.
- Mengevaluasi kinerja karyawan di bagiannya.
- Menyampaikan rekomendasi promosi atau sanksi kepada manajer.
- Menyetujui penggunaan peralatan atau bahan untuk pekerjaan.

### **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab atas hasil kerja dan produktivitas bagiannya.
- Menjamin kualitas dan ketepatan waktu pekerjaan.
- Menjaga disiplin dan keselamatan kerja di bagian.

## **f. Karyawan**

### **1) Tugas**

- Melaksanakan pekerjaan sesuai tugas yang diberikan kepala bagian.
- Mematuhi SOP, peraturan, dan jadwal kerja.
- Menjaga kualitas hasil kerja dan keselamatan kerja.
- Melaporkan hasil pekerjaan dan kendala ke atasan langsung.

### **2) Wewenang**

- Menggunakan peralatan dan fasilitas kerja sesuai tugas.
- Mengajukan usulan perbaikan pekerjaan kepada atasan.
- Meminta bimbingan atau pelatihan jika diperlukan.
- Mendapatkan hak-hak sesuai peraturan perusahaan.

### **3) Tanggung Jawab**

- Bertanggung jawab atas kualitas dan kuantitas pekerjaan.
- Menjaga peralatan dan fasilitas kerja.
- Menjaga keselamatan diri dan lingkungan kerja.

## **g. Dokter**

### **1) Tugas**

- Melakukan pemeriksaan kesehatan rutin (pra-kerja, berkala, khusus).
- Menangani kasus kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (PAK).
- Memberikan edukasi kesehatan dan keselamatan kerja kepada karyawan.

- Membuat laporan kesehatan karyawan untuk manajemen dan instansi terkait.

## **2) Wewenang**

- Mengambil keputusan medis terhadap pekerja (misalnya layak/tidak layak bekerja).
- Memberikan rujukan ke rumah sakit bila ada kasus gawat darurat.
- Mengusulkan program promosi kesehatan kerja (K3 medis).

## **3) Tanggung Jawab**

- Menjamin pelayanan medis di lingkungan pabrik.
- Melindungi kerahasiaan data medis karyawan.
- Mendukung implementasi sistem manajemen K3 perusahaan.

## **h. Perawat**

### **1) Tugas**

- Mendampingi dokter dalam pemeriksaan dan tindakan medis.
- Memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan kerja (*First Aid*).
- Mengelola klinik perusahaan (stok obat, peralatan medis).
- Mencatat dan melaporkan kejadian kecelakaan kerja ringan.

### **2) Wewenang**

- Memberikan perawatan dasar tanpa menunggu dokter (sesuai kompetensi).
- Melaporkan segera bila ada potensi kejadian luar biasa (keracunan, paparan bahan kimia).

### **3) Tanggung Jawab**

- Menyediakan pelayanan kesehatan sehari-hari di pabrik.
- Menjaga ketersediaan obat dan alat medis.
- Menyokong upaya kesehatan kerja yang dicanangkan dokter dan manajemen.

#### **i. Satpam**

##### **1) Tugas**

- Menjaga keamanan area pabrik, termasuk pintu masuk/keluar.
- Melakukan pemeriksaan orang, kendaraan, dan barang yang keluar masuk.
- Melakukan patroli rutin untuk mencegah pencurian, sabotase, atau kebocoran informasi.
- Membantu penanganan keadaan darurat (kebakaran, tumpahan bahan kimia, evakuasi).

##### **2) Wewenang**

- Menolak atau menahan orang/ barang yang tidak sesuai prosedur masuk pabrik.
- Menghentikan kegiatan yang berpotensi mengancam keamanan.
- Menggunakan peralatan keamanan (CCTV, alarm, APAR).

##### **3) Tanggung Jawab**

- Menjamin keamanan aset, karyawan, dan informasi perusahaan.
- Menjaga kedisiplinan keluar-masuk pabrik sesuai SOP.
- Melaporkan insiden keamanan kepada atasan.

## **j. Supir**

### **1) Tugas**

- Mengemudikan kendaraan operasional dan distribusi bahan/produk kimia sesuai SOP.
- Memeriksa kondisi kendaraan sebelum dan sesudah dipakai (cek oli, rem, ban).
- Mengantarkan barang/karyawan sesuai jadwal dengan aman.
- Melakukan pencatatan perjalanan (*logbook*).

### **2) Wewenang**

- Menolak mengendarai kendaraan yang tidak layak jalan.
- Mengatur jalur perjalanan sesuai aturan lalu lintas dan SOP perusahaan.

### **3) Tanggung Jawab**

- Menjamin keamanan transportasi bahan kimia berbahaya.
- Menjaga kondisi kendaraan tetap prima.
- Mematuhi peraturan lalu lintas dan peraturan K3 transportasi bahan berbahaya.

## **k. Cleaning Service**

### **1) Tugas**

- Membersihkan area kantor, ruang produksi, gudang, dan fasilitas umum pabrik.
- Melakukan pembersihan khusus bila ada tumpahan bahan kimia sesuai instruksi K3.

- Mengelola sampah domestik dan membantu pemisahan limbah sesuai kategori.
- Menjaga kebersihan toilet, ruang makan, dan area sosial karyawan.

## **2) Wewenang**

- Menggunakan peralatan kebersihan sesuai kebutuhan.
- Melaporkan bila ada kondisi berbahaya (tumpahan, kebocoran, kerusakan fasilitas).

## **3) Tanggung Jawab**

- Menjaga kebersihan lingkungan kerja agar sesuai standar higienitas pabrik.
- Menggunakan APD saat bekerja di area berbahaya.
- Mendukung penerapan 5R/5S (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin).

### **4.1.4 Status Karyawan**

Sistem upah untuk karyawan akan dibuat berdasarkan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian karyawan tersebut. Oleh karena itu, upah setiap orang dapat berbeda. Status karyawan sendiri dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

#### **a. Karyawan Tetap**

Karyawan tetap merupakan golongan karyawan yang akan diangkat dan diberhentikan dengan SK atau Surat Keputusan Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja karyawan tersebut.

#### **b. Karyawan Harian**

Karyawan harian merupakan golongan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa SK atau Surat Keputusan Direksi dan akan mendapat upah harian dan akan dibayarkan tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan golongan karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan. Karyawan jenis ini akan menerima upah borongan tergantung kesepakatan yang sudah dibuat berdasarkan hasil kerja yang sudah dilakukan.

#### 4.1.5 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik asam nitrat dari ammonia dan udara direncanakan untuk beroperasi selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam waktu 24 jam perhari. Sisa hari lainnya dapat digunakan untuk perbaikan dan perawatan alat jika diperlukan, serta shutdown pabrik. Dalam pengaturan jam kerja untuk karyawan, pembagiannya dapat dibagi menjadi dua kelompok sebagai berikut.

a. Karyawan *Non-shift*

Karyawan non-shift merupakan karyawan yang tidak secara langsung menangani jalannya proses produksi. Jenis karyawan ini hanya akan bekerja selama 5 hari dalam satu minggu atau dengan total jam kerja sebanyak 40 jam per minggu. Karyawan jenis ini terdiri dari Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Umum, Kepala Bagian beserta 140 bawahannya yang bekerja di kantor. Perincian jam kerja untuk karyawan non-shift dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Jam kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	08.00 – 17.00 WIB	12.00 – 13.00
Jum'at	08.00 – 17.00 WIB	11.00 – 13.00
Sabtu-Minggu	Libur	

b. Karyawan *Shift*

Berbeda dengan karyawan *non-shift*, karyawan *shift* merupakan karyawan yang bekerja langsung dalam menangani seluruh proses dalam produksi di pabrik atau mengatur beberapa bagian dalam perusahaan yang berkaitan dengan keamanan serta kelancaran proses produksi selama 24 jam penuh. Jajaran karyawan yang termasuk dalam karyawan *shift* antara lain adalah operator produksi, bagian teknik dan gudang, serta beberapa bagian lain yang memang diharuskan untuk selalu siaga dalam menjaga keamanan dan keselamatan pabrik. Jam kerja dari karyawan *shift* akan diatur menjadi 3 *shift* dalam sehari. Lebih jelasnya, pembagian jam kerja karyawan *shift* dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Jam kerja karyawan *shift*

Karyawan <i>Shift</i>	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift</i> 1 (Pagi)	08.00 – 17.00 WIB	12.00 – 13.00
<i>Shift</i> 2 (Sore)	17.00 – 24.00 WIB	18.30 – 19.30
<i>Shift</i> 3 (Malam)	24.00 – 08.00 WIB	04.00 – 05.00

Pembagian karyawan *shift* akan dibagi menjadi empat tim, yaitu (A/B/C/D). Dalam satu hari, akan ada tiga tim yang masuk dan satu tim yang libur. Setiap tim akan bekerja bergiliran selama enam hari dengan dua hari libur setiap minggunya. Jika ada hari libur nasional, maka tim yang bertugas tetap harus bekerja, akan tetapi jam kerjanya dihitung sebagai kerja lembur dengan tambahan insentif tertentu. Masing-masing *shift* akan dikepalai oleh satu orang kepala tim sehingga jalannya pekerjaan dapat lebih terorganisir. Jadwal kerja dari masing-masing tim dari karyawan *shift* dapat dilihat pada:

Tabel 4.3 Jadwal *shift* regu A,B,C,dan D dalam sebulan

Regu	Hari									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	II	II	II		III	III	III		I	I
B		III	III	III		I	I	I		II
C	III		I	I	I		II	II	II	
D	I	I		II	II	II		III	III	III
Regu	Hari									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	I		II	II	II		III	III	III	
B	II	II		III	III	III		I	I	I
C	III	III	III		I	I	I		II	II
D		I	I	I		II	II	II		III

Regu	Hari									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	I	I	I		II	II	II		III	III
B		II	II	II		III	III	III		I
C	II		III	III	III		I	I	I	
D	III	III		I	I	I		II	II	II

#### 4.1.6 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dalam perusahaan ini, tenaga kerja dibagi berdasarkan tingkatan jabatan dan divisi yang mencerminkan struktur organisasi fungsional-hierarkis. Setiap jabatan memiliki persyaratan pendidikan minimal sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Persyaratan ini bertujuan untuk memastikan bahwa karyawan memiliki kualifikasi yang memadai guna menjalankan tugas dan tanggung jawabnya dengan baik. Berikut adalah rincian jumlah tenaga kerja dan tingkat Pendidikan minimal berdasarkan jabatan di pabrik ini:

Tabel 4.4 Spesifikasi tingkat Pendidikan minimal

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan
1	Direktur Utama	1	Teknik Kimia/Teknik industri (S2)
2	Direktur Administrasi, Keuangan, dan Pemasaran	1	Akuntansi/ Ekonomi/ Manajemen (S2)
3	Direktur Operasional	1	Teknik Kimia/ Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S2)
4	Direktur Umum	1	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S2)

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Pendidikan</b>
5	Manajer Produksi dan Teknik	1	Teknik Kimia/ Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
6	Manajer Administrasi dan Keuangan	1	Akuntansi/ Ekonomi (S1)
7	Manajer Umum	1	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1)
8	Manajer Pemasaran	1	Akuntansi/ Ekonomi/ Manajemen (S1)
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Akuntansi/ Ekonomi/ Manajemen (S1)
10	Kepala Bagian Produksi	1	Teknik Kimia/ Teknik Industri /Teknik Instrumentasi Pabrik (S1)
11	Kepala Bagian Teknik	1	Teknik Kimia/ Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
12	Kepala Bagian Administrasi	1	Akuntansi/ Ekonomi/ Manajemen (S1)
13	Kepala Bagian Keuangan	1	Akuntansi/ Ekonomi (S1)
14	Kepala Bagian HRD	1	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1)
15	Karyawan Administrasi	4	D3 / S1
16	Karyawan Analisis Pasar	4	D3 / S1
17	Karyawan Perencanaan	4	D3 / S1
18	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu (QC)	4	Teknik Kimia/Kimia (S1)
19	Karyawan Keselamatan dan Lingkungan (HSE)	4	Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan (S1)
20	Karyawan Research and Development (R&D)	6	Teknik Kimia/ Kimia (S1)

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan
21	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	8	Teknik Mesin (S1)
22	Karyawan Pembelian dan Penjualan	5	D3 / S1
23	Karyawan Hubungan Pelanggan	4	D3 / S1
24	Karyawan Keuangan	4	D3 / S1
25	Karyawan Sumber Daya Manusia	4	D3 / S1
26	Karyawan Pengadaan Peralatan	4	Akuntansi/ Ekonomi/ Manajemen (S1)
27	Karyawan Unit pengolahan limbah	8	Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan (S1)
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	8	Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
29	Operator Proses	8	D3 / S1
30	Operator Utilitas	8	D3 / S1
31	Dokter	2	Sarjana Kedokteran (S1)
32	Perawat	6	Akademi Keperawatan (D3)
33	Satpam	6	SMK / SMA / D1
34	Supir	8	SMK / SMA / D1
35	Cleaning Service	8	SMK / SMA
<b>Total</b>		<b>131</b>	

#### 4.1.7 Gaji Pokok Karyawan

Berikut adalah rincian gaji pokok karyawan berdasarkan jabatan:

Tabel 4.5 Gaji pokok karyawan

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
1	Direktur Utama	1	Rp80.000.000	Rp80.000.000
2	Direktur Administrasi, Keuangan, dan Pemasaran	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
3	Direktur Operasional	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
4	Direktur Umum	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
5	Manajer Produksi dan Teknik	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
6	Manajer Administrasi dan Keuangan	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
7	Manajer Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
8	Manajer Pemasaran	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
11	Kepala Bagian Teknik	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
12	Kepala Bagian Administrasi	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
13	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
14	Kepala Bagian HRD	1	Rp12.500.000	Rp12.500.000
15	Karyawan Administrasi	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
16	Karyawan Analisis Pasar	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
17	Karyawan Perencanaan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
18	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu (QC)	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
19	Karyawan Keselamatan dan Lingkungan (HSE)	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
20	Karyawan Research and Development (R&D)	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
21	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000
22	Karyawan Pembelian dan Penjualan	5	Rp6.500.000	Rp32.500.000
23	Karyawan Hubungan Pelanggan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
24	Karyawan Keuangan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
25	Karyawan Sumber Daya Manusia	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
26	Karyawan Pengadaan Peralatan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
27	Karyawan Unit pengolahan limbah	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000
29	Operator Proses	8	Rp6.500.000	Rp52.000.000
30	Operator Utilitas	8	Rp6.500.000	Rp52.000.000
31	Dokter	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
32	Perawat	6	Rp5.500.000	Rp33.000.000
33	Satpam	6	Rp4.800.000	Rp28.800.000

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
34	Supir	8	Rp4.800.000	Rp38.400.000
35	Cleaning Service	8	Rp4.200.000	Rp33.600.000
<b>Total</b>		<b>131</b>	<b>Rp535.300.000</b>	<b>Rp1.167.300.000</b>

#### **4.1.8 Fasilitas dan Hak Karyawan**

Tersedianya fasilitas untuk karyawan dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas kerja karyawan. Hal tersebut karena penyediaan fasilitas dapat menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam melaksanakan tugas perusahaan. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penyediaan fasilitas dapat bermanfaat terhadap lingkungan perusahaan yang berkaitan dengan kesejahteraan karyawannya. Berikut merupakan berbagai macam fasilitas dan hak karyawan yang dapat diberikan perusahaan untuk menunjang kinerja karyawan:

##### a. Hak Cuti

Hak cuti bagi karyawan dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebagai berikut.

##### 1) Cuti Tahunan

Hak cuti tahunan dari setiap karyawan dapat diajukan maksimal 12 hari dalam kurun waktu satu tahun. Apabila dalam jangka waktu tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diganti atau ditambahkan pada tahun selanjutnya.

##### 2) Cuti Massal

Cuti massal ini diberikan kepada karyawan pada hari raya Idul Fitri, yaitu selama 4 hari kerja.

3) Cuti Hamil

Karyawan Wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti hamil selama 3 bulan. Dalam kurun waktu tersebut, karyawan yang bersangkutan akan tetap menerima gaji dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

4) Hari Libur Nasional

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, untuk karyawan jenis shift hari libur nasional tetap harus masuk bekerja dan dihitung sebagai jam lembur. Namun, untuk karyawan non-shift, hari libur nasional merupakan hari libur kerja.

5) Kerja Lembur

Contoh dari kerja lembur adalah ketika karyawan shift tetap harus bekerja saat hari libur nasional. Untuk kasus lain, kerja lembur dapat dilaksanakan dengan persetujuan kepala bagian apabila ada hal mendesak yang harus segera diselesaikan oleh pekerja yang bersangkutan.

6) Pakaian Kerja

Perusahaan akan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun dengan tujuan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, pakaian kerja akan dilengkapi dengan atribut pengaman untuk memastikan keamanan karyawan selama bekerja di perusahaan.

7) Jamsostek

Jamsostek adalah asuransi yang bertanggung jawab atas kecelakaan kerja yang bertujuan untuk menciptakan rasa aman dan nyaman kepada pada karyawan saat sedang menjalankan tugas karena setiap pekerjaan, terutama di pabrik memiliki risiko yang patut diwaspadai.

#### 8) Tunjangan Hari Raya (THR)

Seperti namanya, tunjangan ini akan diberikan setiap tahun menjelang hari raya Idul Fitri. Besarnya tunjangan yang diberikan akan sesuai dengan jumlah yang disepakati perusahaan.

#### 9) Penyediaan Fasilitas Lainnya

Fasilitas lain yang dapat diberikan perusahaan untuk menjamin kesejahteraan karyawannya antara lain sebagai berikut.

1. Penyediaan poliklinik yang ditangani langsung oleh dokter dan perawat yang kompeten.
2. Penyediaan tempat ibadah yang layak, yaitu dilengkapi dengan air dan listrik yang memadai.
3. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam atau memenuhi kebutuhan pokok yang mendesak.
4. Penyediaan fasilitas kantin.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Utilitas merupakan suatu unit pendukung yang berperan penting untuk keberlangsungan proses produksi dan sarana lain di suatu industri. Unit utilitas pada pabrik asam nitrat dari amonia dan udara dengan kapasitas 80.000 ton/tahun ini terdiri dari beberapa unit yaitu sebagai berikut:

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar

#### **5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)**

##### **1. Unit Penyedia Air**

Air dalam suatu pabrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan proses seperti air bertekanan atau *service water*, air pendingin, pembuatan *steam* pada boiler, dan untuk memenuhi kebutuhan air domestik. Air yang digunakan dapat berasal dari air laut, air sungai, air sumur, maupun air danau. Pada perancangan pabrik asam nitrat ini digunakan air dari sungai Mahakam yang letaknya dekat dengan lokasi pabrik didirikan. Pemilihan air sungai sebagai sumber air berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

- a. Air sungai yang mengalir kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kecil kemungkinan akan mengalami kekeringan dan ketersediaan air nya akan selalu terjaga.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar karena memiliki kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
- c. Letak sungai Mahakam yang dekat dengan pabrik Asam Nitrat sehingga memudahkan pengambilan air sungai untuk diproses di unit utilitas.
- d. Jumlah air dari sungai yang lebih banyak jika dibandingkan dengan air sumur yang terbatas.

Secara keseluruhan, air sungai yang diolah di unit utilitas pada pabrik Asam Nitrat ini digunakan untuk memenuhi beberapa kebutuhan berikut:

**a. Domestic Water**

Air domestik digunakan sebagai air sanitasi untuk keperluan kantor dan rumah tangga perusahaan, seperti air minum, kebutuhan mandi, mencuci, dan lain-lain. Air sanitasi yang digunakan harus bersuhu normal, tidak berwarna, tidak berasa, maupun tidak berbau. Selain itu, air untuk sanitasi tidak boleh mengandung zat organik ataupun zat anorganik dan tidak beracun.

Berdasarkan standar dari *World Health Organization* (WHO), kebutuhan minimum air bersih per orang per hari adalah sekitar 50 hingga 100 liter. Di Indonesia sendiri, Kementerian Pekerjaan Umum dan

Perumahan Rakyat menetapkan rata-rata kebutuhan air domestik sebesar 60-150 liter per orang per hari (Toyaarta, 2025). Untuk pabrik ini, digunakan kebutuhan air untuk satu orang sebesar 60 liter per hari. Jumlah karyawan pada pabrik ini adalah 131 orang dengan total kebutuhan air 13,341 kg/hari atau sebesar 320,176 kg/jam.

**b. Service Water**

*Service water* digunakan untuk keperluan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, mushola, dan taman. Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan *service water* adalah sebesar 144,000 kg/jam.

**c. Steam Water**

*Steam* di pabrik digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. *Steam* yang diolah dari air umpan boiler sudah melalui proses pengolahan secara kimiawi terlebih dahulu sebelum digunakan. Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler untuk menghasilkan *steam*, yaitu:

- a) Terbebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi disebabkan oleh air yang mengandung larutan asam, gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang masuk ke badan air.
- b) Zat yang menyebabkan kerak (*scale reforming*). Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

c) Zat yang dapat menyebabkan *foaming* dan *priming*. *Foaming* adalah terbentuknya gelembung atau busa di permukaan air dan keluar bersama steam. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Kebutuhan steam pada pabrik Asam Nitrat adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Kebutuhan *Steam* di Reaktor 2

Komponen	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
Vaporizer-01	VP-01	268,600

Perancangan steam ditentukan *over design* sebesar 20% sehingga kebutuhan steam menjadi 322,320 kg/jam. Pada saat proses berlangsung, steam mengalami *blowdown* pada unit reboiler sebanyak 10% dan terdapat *steam trap* sebesar 5% sehingga diperlukan adanya *make up water*. Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh kebutuhan *make up water* setelah *over design* 20% untuk *steam* yaitu sebesar 58,076 kg/jam. Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan *steam* sebesar 380,338 kg/jam.

#### **d. Air Proses**

Air Proses digunakan dalam proses produksi industri, bukan untuk konsumsi manusia. Air ini digunakan sebagai bagian dari proses teknis atau kimiawi untuk menghasilkan produk atau menjaga peralatan industri.

Kualitas, kuantitas, dan sifat kimia air proses sangat penting karena dapat mempengaruhi efisiensi, hasil, dan keamanan proses industri.

Kebutuhan air proses pada pabrik Asam Nitrat adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses di Absorber

<b>Komponen</b>	<b>Kode</b>	<b>Kebutuhan Air (kg/jam)</b>
Absorber-01	AB-01	2.331,105

Perancangan Air Proses ditentukan *over design* sebesar 20% sehingga kebutuhan Air Proses menjadi 2.797,326 kg/jam.

## **2. Unit Pengolahan Air**

Air sungai tidak dapat langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan air selama proses produksi maupun penunjang sarana. Air yang akan digunakan membutuhkan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

### **a. Penghisap**

Air dari sungai di pompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (screen) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening, air akan ditampung di dalam bak penampungan awal.

### **b. Screening/Penyaring**

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih

terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap, pompa perlu dipasang saringan (*screen*) untuk meminimalisir alat penyaring pada proses selanjutnya menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

### **c. Penggumpalan (Koagulasi)**

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, perlu ditambahkan CaOH yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

### **d. Pengendapan**

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

### **e. Sand Filter**

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat *sand filter* untuk dilakukan proses filtrasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  dan lain-lain dengan menggunakan resin. Sand Filter akan dicuci (*back wash, rinse*) jika sudah dianggap kotor.

#### **f. Penampungan Sementara**

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air sementara. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan air domestik, *service water*, air pendingin, dan *steam water*.

#### **g. Klorinasi**

Klorinasi air adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) atau hipoklorit pada air. Tujuan dari proses klorinasi ini adalah untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air sehingga air aman untuk digunakan dalam keseharian.

#### **h. Demineralisasi**

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan boiler. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation exchanger. Di dalam kation exchanger, mineral-mineral sadah seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh

suatu resin berjenis hydrogen- zeolite. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan ke dalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin *kation exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat  $H_2SO_4$ . Air keluaran dari *kation exchanger* adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan. Air yang telah melewati *kation exchanger* akan disubjekkan ke dalam *anion exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ , dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas  $CO_2$  yang bisa menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan adalah *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat  $NaOH$ . Air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan boiler perlu dilakukan proses lebih lanjut.

#### **i. Deaerasi**

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan sebagai air umpan boiler akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas  $O_2$  yang berpotensi untuk

menyebabkan korosi pada boiler. Korosi pada boiler memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya. Selain perpendekan umur boiler, pengikisan di dalam boiler juga berpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa  $N_2H_4$  (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat  $O_2$  dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan sebagai boiler feed water. Di dalam boiler akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi steam. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam boiler, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan make up water agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

#### **j. Boiler**

Boiler adalah alat untuk menghasilkan steam. Steam akan digunakan untuk pemanas pada alat pabrik selama proses produksi. Proses yang terjadi di dalam boiler adalah air yang keluar dari deaerator akan dipanaskan pada tekanan dan suhu tertentu menggunakan bahan bakar.

Selama pengoperasian boiler, air yang diuapkan akan meninggalkan zat padat terlarut (*Total Dissolved Solids/TDS*) yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi di dalam sistem boiler. Jika konsentrasi TDS dan *suspended solids* terlalu tinggi, dapat menyebabkan pembentukan endapan dan kerak

yang berpotensi menyebabkan *fouling* pada boiler. Untuk mencegah hal tersebut, dilakukan proses *blowdown*.

### 3. Spesifikasi Alat Utilitas

#### 2.3.1 Alat Pengolahan Air

<b>Screening / Saringan (FU-01)</b>		
Fungsi	:	Menyaring benda-benda kasar terapung atau melayang di air agar tidak terbawa ke dalam unit pengolahan
Material	:	<i>Aluminium</i>
Kapasitas	:	147.497,8394 kg/jam
Spesifikasi		
Panjang	:	10 ft
Lebar	:	8 ft
Harga	:	Rp. 444.233.621

<b>Bak Pengendapan Awal (BU-01)</b>		
Fungsi	:	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai
Waktu Tinggal	:	4 jam
Turbidity	:	200 ppm
Spesifikasi		
Volume	:	692,295 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	5,57 m
Panjang	:	11,15 m
Lebar	:	11,15 m
Harga	:	Rp. 671.480.990

<b>Bak Flokulator (BU-02)</b>		
Fungsi	:	Mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran .
Waktu Pengendapan	:	1 jam
Turbidity	:	200
Spesifikasi		
Volume	:	173,039 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	3,51 m
Panjang	:	7,02 m
Lebar	:	7,02 m
Spesifikasi Pengaduk		
Jenis	:	Marine propeller 3 blade
Jumlah baffle	:	4 buah
Jumlah Impeller	:	1 buah
Power	:	2 HP
Harga	:	Rp. 174.199.329

<b>Tangki Larutan Ulum = Tawas (TU-01)</b>		
Fungsi	:	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu
Konsentrasi	:	425 ppm
Volume	:	5,9316 m <sup>3</sup>
Kebutuhan Alum	:	0,0147 kg/jam

<b>Tangki Larutan Ulum = Tawas (TU-01)</b>		
Densitas Larutan	:	1 kg/m <sup>3</sup>
Volume Larutan	:	1.566,958 gallon
Harga	:	Rp. 44.239.033

<b>Bak Pengendap (BU-03)</b>		
Fungsi	:	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Turbidity	:	200 ppm
Waktu Tinggal	:	4 jam
Spesifikasi		
Volume	:	692,295 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	5,57 m
Panjang	:	11,15 m
Lebar	:	11,15 m
Harga	:	Rp. 671.480.990

<b>Bak Saringan Pasir / Sand Filter (BU-04)</b>		
Fungsi	:	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Material	:	Spheres
Kecepatan Penyaringan	:	0,26736 ft <sup>3</sup> /ft <sup>2</sup> .min
Ukuran	:	28 mesh
Diameter Partikel	:	0.0394 in

<b>Bak Saringan Pasir / Sand Filter (BU-04)</b>		
Porositas	:	0,3781 – 0,468
Spericity	:	1
Spesifikasi		
Luas Permukaan	:	30,167 m <sup>2</sup>
Volume	:	1,466 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	0,72 m
Panjang	:	1,43 m
Lebar	:	1,43 m
Harga	:	Rp. 3.531.837

<b>Bak Penampung Sementara (BU-05)</b>		
Fungsi	:	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter
Material	:	Beton
Densitas air	:	1.022,87527 kg/m <sup>3</sup>
Spesifikasi		
Volume	:	346,078 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	4,42 m
Panjang	:	8,85 m
Lebar	:	8,85 m
Harga	:	Rp. 341.041.535

**b. Domestik Water**

<b>Tangki Kloronasi / Karbon Aktif (TU-04)</b>		
Fungsi	:	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Bentuk	:	Silinder
Densitas Kaporit	:	2.350 kg/m <sup>3</sup>
Spesifikasi		
Volume	:	99,2283 gallon
Diameter	:	0,78 m
Tinggi	:	0,78 m
Harga	:	Rp. 86.634.773

<b>Tangki Kaporit (TU-03)</b>		
Fungsi	:	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)
Bentuk	:	Silinder tegak
Kadar Kaporit	:	0,75
Spesifikasi		
Volume	:	0,2185 gallon
Diameter	:	0,102 m
Tinggi	:	0,102 m
Harga	:	Rp. 1.843.293

<b>Tangki Air Bersih (TU-05)</b>		
Fungsi	:	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Bentuk	:	Silinder tegak
Kapasitas	:	0,69 m <sup>3</sup> /jam
Spesifikasi		
Volume	:	5279,2977 gallon
Diameter	:	2,94 m
Tinggi	:	2,94 m
Harga	:	Rp. 628.562.925

<b>Tangki Air Bertekanan (TU-02)</b>		
Fungsi	:	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Bentuk	:	Silinder tegak
Velocity	:	5 gal/min.ft <sup>2</sup>
Waktu Tinggal	:	24 jam
Spesifikasi		
Volume	:	1.071.073,036 gallon
Diameter	:	17,29 m
Tinggi	:	17,29 m
Harga	:	Rp. 164.053.080

### c. Pengolahan Steam

<b>Tangki Kation Exchange (TU-08)</b>		
Fungsi	:	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg.
Bentuk	:	Silinder tegak
Velocity	:	5 gal/min.ft <sup>2</sup>
Waktu Operasi	:	14 jam
Tebal Standar	:	0,25 in
Spesifikasi		
Luas Permukaan	:	2,735 ft <sup>2</sup>
Tinggi bed	:	1,52 m
Volume	:	1.951,1659 m <sup>3</sup>
Diameter	:	0,57 m
Tinggi	:	1,52 m
Harga	:	Rp. 186.172.596

<b>Tangki Anion Exchange (TU-09)</b>		
Fungsi	:	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion seperti Cl, SO <sub>4</sub> , dan NO <sub>3</sub> .
Bentuk	:	Silinder tegak
Velocity	:	5 gal/min.ft <sup>2</sup>
Waktu Operasi	:	14 jam
Tebal Standar	:	0,25 in
Spesifikasi		

<b>Tangki Anion Exchange (TU-09)</b>		
Luas Permukaan	:	2,735 ft <sup>2</sup>
Tinggi bed	:	1,52 m
Volume	:	1.951,1659 m <sup>3</sup>
Diameter	:	0,57 m
Tinggi	:	1,52 m
Harga	:	Rp. 186.172.596

<b>Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (TU-06)</b>		
Fungsi	:	Menampung larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yang akan digunakan untuk meregenerasi Kation exchanger.
Bentuk	:	Silinder
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yang dibutuhkan	:	72,93 kg
Spesifikasi		
Volume	:	567,3376 gallon
Diameter	:	1,40 m
Tinggi	:	1,40 m
Harga	:	Rp. 119.814.047

<b>Tangki NaOH (TU-07)</b>		
Fungsi	:	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion exchanger.
Bentuk	:	Silinder
NaOH yang dibutuhkan	:	6,4626 kg

<b>Tangki NaOH (TU-07)</b>		
Spesifikasi		
Volume	:	86,567 gallon
Diameter	:	0,75 m
Tinggi	:	0,75 m
Harga	:	Rp. 35.022.568

<b>Tangki Deaerator (DE-01)</b>		
Fungsi	:	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler.
Bentuk	:	Silinder
Pelarut yang dibutuhkan	:	0,00112 m <sup>3</sup> /jam
Waktu Tinggal	:	1 jam
Spesifikasi		
Volume	:	3.146,2071 gallon
Diameter	:	2,48 m
Tinggi	:	2,48 m
Harga	:	Rp. 171.426.252

<b>Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (TU-11)</b>		
Fungsi	:	Menyimpan larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Bentuk	:	Silinder
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> yang dibutuhkan	:	0,0000029 kg/jam
Waktu Tinggal	:	4 bulan atau 2.880 jam

<b>Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (TU-11)</b>		
Spesifikasi		
Volume	:	1.023,9311 gallon
Diameter	:	1,7 m
Tinggi	:	1,7 m
Harga	:	Rp. 359.442.142

<b>Bak Umpan Boiler (BU-06)</b>		
Fungsi	:	Mencampur Kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam alam boiler
Waktu Tinggal	:	1 jam
Spesifikasi		
Volume	:	11,9096 m <sup>3</sup>
Tinggi	:	1,44 m
Panjang	:	2,88 m
Lebar	:	2,88 m
Harga	:	Rp. 14.868.565

<b>Tangki Air Demin (TU-10)</b>		
Fungsi	:	Menampung air bebas mineral sebagai air umpan boiler.
Bentuk	:	Silinder
Waktu Tinggal	:	24 jam
Spesifikasi		

<b>Tangki Air Demin (TU-10)</b>		
Volume	:	75.508,9705 gallon
Diameter	:	7,14 m
Tinggi	:	7,14 m
Harga	:	Rp. 1.052.520.323

<b>Tangki Bahan Bakar (TU-12)</b>		
Fungsi	:	Menampung bahan bakar boiler
Bahan Bakar	:	Solar
Kebutuhan Bahan Bakar	:	1.882,44 kg/jam
Waktu Tinggal	:	3 Hari
Spesifikasi		
Volume	:	194,3651 m <sup>3</sup>
Diameter	:	7,3 m
Tinggi	:	14,6 m
Harga	:	Rp. 473.726.310

<b>Parameter</b>		<b>PU-01</b>	<b>PU-02</b>	<b>PU-03</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari sungai menuju screening	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan larutan alum dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>

<b>Parameter</b>		<b>PU-01</b>	<b>PU-02</b>	<b>PU-03</b>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Kapasitas	:	50 gpm	50 gpm	0,102 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,553 ft/s	0,553 ft/s	0,562 ft/s
Pump Head	:	1,7151 m	1,9151 m	1,9151 m
Power	:	25 HP	25 HP	0,05 HP
Harga	:	Rp. 143.776.857	Rp. 143.776.857	Rp. 29.492.689

<b>Parameter</b>		<b>PU-04</b>	<b>PU-05</b>	<b>PU-06</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari Bak Flokulator (BU-02) menuju ke Bak Pengendap (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap (BU-03) menuju Bak saringan pasir (BU-04)	Mengalirkan air dari bak saringan pasir (BU-04) menuju bak penampungan sementara (BU-05)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Kapasitas	:	50 gpm	50 gpm	50 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,553 ft/s	0,553 ft/s	0,553 ft/s
Pump Head	:	1,2151 m	0,1034 m	0,79718 m
Power	:	15 HP	2 HP	10 HP
Harga	:	Rp. 143.776.857	Rp. 143.776.857	Rp. 143.776.857

<b>Parameter</b>		<b>PU-07</b>	<b>PU-08</b>	<b>PU-09</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU-05) menuju tangki air bertekanan (TU-02)	Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU-05) menuju tangki klorinasi (TU-04)	Mengalirkan air dari tangki kaporit (TU-03) menuju tangki klorinasi (TU-04)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Kapasitas	:	50 gpm	50 gpm	0,00002 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,553 ft/s	0,553 ft/s	0,0001 ft/s
Pump Head	:	1,39263 m	0,38040 m	1,93510 m
Power	:	25 HP	5 HP	1 HP
Harga	:	Rp. 143.776.857	Rp. 143.776.857	Rp. 29.492.689

<b>Parameter</b>		<b>PU-10</b>	<b>PU-11</b>	<b>PU-12</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari Tangki klorinasi (TU-04) menuju tangki air bersih (TU-05)	Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU-05) menuju kation exchanger (TU-08)	Mengalirkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (TU-06) menuju tangki kation exchange (TU-08)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>

<b>Parameter</b>		<b>PU-10</b>	<b>PU-11</b>	<b>PU-12</b>
Kapasitas	:	2 gpm	16 gpm	2 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,479 ft/s	0,713 ft/s	1,776 ft/s
Pump Head	:	2,4518 m	3,9400 m	1,050 m
Power	:	10 HP	20 HP	0,250 HP
Harga	:	Rp. 77.418.307	Rp. 77.418.307	Rp. 29.492.689

<b>Parameter</b>		<b>PU-13</b>	<b>PU-14</b>	<b>PU-15</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari tangki kation exchange (TU-08) menuju tangki anion exchange (TU-09)	Mengalirkan air dari Tangki NaOH (TU-07) menuju tangki anion exchange (TU-09)	Mengalirkan air dari tangki anion exchange (TU-09) menuju Tangki Air Demin (TU-10)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Kapasitas	:	16 gpm	0,02 gpm	16 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,713 ft/s	0,099 ft/s	0,713 ft/s
Pump Head	:	1,0411 m	1,358 m	6,6579 m
Power	:	5 HP	5 HP	30 HP
Harga	:	Rp. 77.418.307	Rp. 29.492.689	Rp. 77.418.307

<b>Parameter</b>		<b>PU-16</b>	<b>PU-17</b>	<b>PU-18</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-10) menuju tangki deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari tangki deaerator (DE-01) menuju Bak umpan boiler (BU-06)	Mengalirkan N2H4 dari Tangki N2H4 (TU-11) menuju Bak Umpan Boiler (BU-06)
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Kapasitas	:	16 gpm	16 gpm	0,0000000089 gpm
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0, 713 ft/s	0,713 ft/s	0,000000049 ft/s
Pump Head	:	1,79267 m	0,9557 m	0,9717 m
Power	:	10 HP	5 HP	0,05 HP
Harga	:	Rp. 77.418.307	Rp. 77.418.307	Rp. 29.492.689

<b>Parameter</b>		<b>PU-19</b>	<b>PU-20</b>	<b>PU-21</b>
Fungsi	:	Mengalirkan air dari Bak Umpan Boiler (BU-06) menuju Boiler (BO-01)	Mengalirkan air dari Bak Umpan Boiler (BU-06) menuju Absorber (AB-01)	Mengalirkan air dari tangki boiler (BO-01) menuju sistem pemanas di R-02
Jenis Pompa	:	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Material	:	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Kapasitas	:	2 gpm	14 gpm	2 gpm

Parameter		PU-19	PU-20	PU-21
Viskositas	:	0,81503 cP	0,81503 cP	0,81503 cP
Kecepatan Aliran	:	0,729 ft/s	0,628 ft/s	0,729 ft/s
Pump Head	:	0,53500 m	2,6771 m	0,5225 m
Power	:	3 HP	15 HP	3 HP
Harga	:	Rp. 29.492.689	Rp. 77.418.307	Rp. 29.492.689

## 5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit pembangkit *steam* ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan steam (uap air) dalam proses produksi asam nitrat. *Steam* yang dihasilkan berperan penting sebagai media pemanas dalam peralatan proses, yaitu di reaktor. Dalam pabrik ini, steam utama yang dibangkitkan adalah steam saturated dengan kapasitas 456,4055 kg/jam.

Boiler (BO-01)		
Fungsi	:	Membuat saturated steam
Kebutuhan Steam		
Vaporizer-01	:	380,338 kg/jam
Waktu Tinggal	:	0,333 jam
Kondisi Operasi		
Tin	:	86 °F
Tout	:	290 °F
Densitas	:	857,34696 kg/m <sup>3</sup>
Efisiensi Pembakaran	:	80%

<b>Boiler (BO-01)</b>		
Volume	:	0,016617 m <sup>3</sup> /jam
Harga	:	Rp. 2.976.918.251

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk memastikan pasokan energi listrik yang kontinu, stabil, dan mencukupi bagi seluruh aktivitas di pabrik asam nitrat. Energi listrik sangat krusial untuk menunjang operasi peralatan proses utama, sistem kontrol otomatis, unit-unit utilitas, serta fasilitas pendukung seperti penerangan, kantor, laboratorium, dan perumahan karyawan shift.

Kebutuhan listrik di pabrik asam nitrat ini dipenuhi oleh PLN. Selain itu, pabrik ini juga menggunakan generator sebagai penghasil listrik cadangan apabila terdapat gangguan pasokan listrik dari PLN, sehingga pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun terdapat gangguan. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu:

<b>Spesifikasi Generator</b>		
Tipe	:	AC Generator
Kapasitas	:	68.400.000 kj/jam
Tegangan	:	220/360
Efisiensi	:	80%
Frekuensi	:	50 Hz

Kebutuhan listrik pada pabrik asam nitrat adalah sebagai berikut:

1) Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5.3 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	2	1.491,4
Pompa-02	P-02	5	3.728,5
Pompa-03	P-03	30	22.371
Pompa-04	P-04	125	93.212,5
Compressor-01	CP-01	10000	7.457.000
Blower-01	CP-02	20	14.914
Expansion valve-01	BC-01	150	108.793,49
Total		10.332	7.701.511

2) Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5.4 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Flokulator	BU-02	2	1.491,4
Compressor Udara	CPU-01	7,5	5.592,75
Pompa-01	PU-01	25	18.642,5
Pompa-02	PU-02	25	18.642,5
Pompa-03	PU-03	0,05	37,285
Pompa-04	PU-04	15	11.185,5

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-05	PU-05	2	1.118,55
Pompa-06	PU-06	10	7457
Pompa-07	PU-07	25,0	18.642,5
Pompa-08	PU-08	5,0	3.728,5
Pompa-09	PU-09	1,00	745,7
Pompa-10	PU-10	10	7.457
Pompa-11	PU-11	20	14.914
Pompa-12	PU-12	0,25	186,425
Pompa-13	PU-13	5	3.728,5
Pompa-14	PU-14	5	3.728,5
Pompa-15	PU-15	30	22.371
Pompa-16	PU-16	10	7.457
Pompa-17	PU-17	5	3.728,5
Pompa-18	PU-18	0,05	37,285
Pompa-19	PU-19	3	2.237,1
Pompa-20	PU-20	15	11.185,5
Pompa-21	PU-21	3	2.237,1
<b>Total</b>		<b>147,05</b>	<b>109.655,19</b>

Sehingga total kebutuhan listrik untuk alat proses dan alat utilitas adalah 7.811,17 kW, kemudian dengan over design 10% maka menjadi 8.592,283 kW.

### 3) Kebutuhan Listrik Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk keperluan sistem penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

$$\begin{aligned} P &= 15\% \times 7.811,17 \text{ kW} \\ &= 1.171,674911 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Over Design } 10\% = 1.288,8424 \text{ kW}$$

### 4) Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Power yang dibutuhkan untuk peralatan kantor seperti AC, computer, dan peralatan penunjang lainnya diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

$$\begin{aligned} P &= 15\% \times 7.811,17 \text{ kW} \\ &= 1.171,674911 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Over Design } 10\% = 1.288,8424 \text{ kW}$$

Kebutuhan Listrik Bengkel, Laboratorium, dan Lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga

$$\begin{aligned} P &= 15\% \times 7.811,17 \text{ kW} \\ &= 1.171,674911 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Over Design } 10\% = 1.288,8424 \text{ kW}$$

### 5) Kebutuhan Listrik Instrumentasi

Power yang dibutuhkan untuk alat control 25% dari total kebutuhan listrik, sehingga

$$P = 25\% \times 7.811,17 \text{ kW}$$

$$= 1.952,7915 \text{ kW}$$

$$\text{Over Design } 10\% = 2.148,071 \text{ Kw}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan listrik untuk menjalankan pabrik asam nitrat sebesar 14.606,881 kW seperti pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Total kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Power plant	8.471,662
2	Utilitas	120,621
3	Penerangan	1.288,842
4	Peralatan kantor	1.288,842
5	Bengkel laboratorium	1.288,842
6	Instrumentasi	2.148,071
<b>Total</b>		<b>14.606,881</b>

#### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam operasional pabrik ini, udara tekan digunakan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang dibutuhkan adalah sebesar 6,1 bar. Pada pabrik ini, terdapat 17 alat kontrol yang membutuhkan udara tekan untuk menjalankan fungsinya. Proses penyediaan udara tekan dimulai dari pengambilan udara lingkungan yang kemudian dikompresi menggunakan *compressor* yang dilengkapi dengan filter udara, hingga mencapai tekanan yang diinginkan yaitu 6,1 bar. Setelah

dikompresi, udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang memerlukannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan mencapai 31,775 m<sup>3</sup>/jam. Agar udara yang digunakan dalam kondisi kering, maka setelah keluar dari blower, udara terlebih dahulu dilewatkan melalui sebuah tangki udara atau bejana pengering yang berisi silica gel. Proses ini memastikan tidak adanya kandungan uap air yang dapat mengganggu kinerja sistem kontrol pneumatis

<b>Compressor Utilitas (CPU-01)</b>		
Fungsi	:	Mengompres udara menjadi udara bertekan.
Flow Udara	:	31,775 m <sup>3</sup> /jam
Suhu	:	24 °C
Tekanan	:	88,497 psi
Power	:	7,5 HP
Harga	:	Rp. 132.717.098

<b>Tangki Silica gel (TU-13)</b>		
Fungsi	:	Menampung udara kering.
Kebutuhan Udara	:	31,775 m <sup>3</sup> /jam
Kandungan max	:	0,79438 kg/jam
Massa Jenis	:	2330 kg/m <sup>3</sup>
Regenerasi	:	1 hari / 24 jam
Spesifikasi	:	
Volume	:	0,0007928 m <sup>3</sup>

<b>Tangki Silica gel (TU-13)</b>		
Diameter	:	0,25 m
Harga	:	Rp. 40.552.447

### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit ini bertujuan untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan pada generator dan boiler penghasil *steam*. Kebutuhan bahan bakar untuk generator cadangan berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan agar generator dapat beroperasi secara optimal. Pada sistem ini, bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan bahan bakar pada alat boiler adalah 14,26 kg/jam, sedangkan kebutuhan bahan bakar untuk menjalankan generator sebesar 1.868,1837 kg/jam.

### **5.6 Unit Pengolahan Dowtherm**

#### **1. Unit *Pre-treatment***

*Pre-treatment* dilakukan sebelum Dowtherm A digunakan dalam proses utama. Tujuannya adalah untuk memastikan Dowtherm A berada dalam kondisi optimal, bebas dari kontaminan yang dapat mengganggu efisiensi atau menyebabkan kerusakan pada peralatan.

##### **a. Filtrasi Karbon (*Carbon Filtration*)**

Filtrasi karbon bertujuan untuk menghilangkan kontaminan organik, produk degradasi, atau partikel-partikel kecil yang terbentuk selama sirkulasi atau penyimpanan. Karbon aktif memiliki pori-pori yang sangat luas yang bisa menyerap zat-zat organik ini. Dowtherm A dilewatkan

melalui kolom atau filter yang berisi media karbon aktif. Saat fluida mengalir, molekul kontaminan akan menempel (teradsorpsi) pada permukaan karbon, meninggalkan fluida yang lebih murni.

#### **b. Deaerator (*Deaeration*)**

Proses deaerasi dilakukan untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen, dari Dowtherm A. Kehadiran oksigen dapat menyebabkan degradasi termal (oksidasi) pada fluida saat dipanaskan, menghasilkan zat-zat asam dan lumpur yang dapat merusak sistem. Dowtherm A dipanaskan atau divakumkan dalam tangki deaerator. Pemanasan akan mengurangi kelarutan gas dalam cairan, membuat gas-gas tersebut keluar dari larutan. Vakum akan membantu menghisap gas-gas ini dari permukaan fluida.

### **2. Unit Utama**

#### **a. Heat Exchanger (*Cooler*)**

Setelah mentransfer panas ke berbagai alat proses, Dowtherm A perlu didinginkan kembali agar bisa digunakan lagi. Heat Exchanger atau pendingin (*cooler*) adalah perangkat yang digunakan untuk tugas ini. Dowtherm A yang panas mengalir melalui satu sisi penukar panas, sementara fluida pendingin seperti air mengalir di sisi lainnya. Panas dari Dowtherm A akan berpindah ke fluida pendingin, menurunkan suhunya sebelum fluida ini kembali disirkulasikan ke alat proses.

### **3. Unit Post-treatment/Reuse**

Langkah ini dilakukan untuk memurnikan kembali Dowtherm A yang telah digunakan agar bisa dipakai berulang kali. Ini adalah bagian penting dari pengelolaan biaya dan keberlanjutan.

**a. Distilasi Vakum (*Vacuum Distillation*)**

Distilasi vakum bertujuan untuk memisahkan Dowtherm A dari produk degradasi atau kontaminan yang memiliki titik didih berbeda. Dowtherm A dipanaskan di bawah tekanan vakum. Vakum akan menurunkan titik didih Dowtherm A, memungkinkannya menguap pada suhu yang lebih rendah dari biasanya. Produk degradasi yang memiliki titik didih lebih tinggi akan tetap dalam bentuk cairan, sementara uap Dowtherm A yang murni akan dikumpulkan dan dikondensasi kembali menjadi cairan.

**b. *Carbon Polish***

Mirip dengan filtrasi karbon di awal, proses ini dilakukan untuk menyempurnakan kemurnian Dowtherm A dengan menyerap sisa-sisa kontaminan organik yang mungkin lolos dari proses distilasi. Dowtherm A yang telah didistilasi dilewatkan melalui filter karbon sekali lagi untuk penyerapan akhir.

**c. *Reconditioning***

*Reconditioning* dilakukan untuk menyesuaikan komposisi dan kualitas Dowtherm A yang telah dimurnikan agar memenuhi standar yang ditetapkan pabrik. Biasanya melibatkan penambahan zat aditif atau pencampuran dengan Dowtherm A baru untuk mengembalikan sifat-sifat fisiknya, seperti viskositas atau stabilitas termal, ke tingkat yang optimal.

#### 4. Penanganan Limbah

Langkah terakhir ini penting untuk membuang Dowtherm A yang tidak lagi bisa digunakan atau produk degradasi yang terbentuk dari proses pemurnian.

##### a. Pengelola Limbah Berizin (*Licensed Waste Handler*)

Sisa produk degradasi, lumpur, atau Dowtherm A yang tidak dapat didaur ulang akan diserahkan kepada perusahaan pengelola limbah khusus yang memiliki izin dan fasilitas untuk memproses limbah kimia berbahaya. Metode yang digunakan bisa berupa insinerasi (pembakaran terkontrol) atau metode lain yang sesuai untuk menonaktifkan zat berbahaya.

Tabel 5.6 Rangkuman unit operasi *refrigerant/coolent*

<b>Jenis Fluida</b>	<b>Unit Pre-treatment</b>	<b>Unit Utama</b>	<b>Unit Post-treatment/Reuse</b>	<b>Penanganan Limba</b>
<b>Dowtherm-A</b>	Filtrasi karbon, deaerator	Reaktor, Heat Exchanger (Cooler)	Distilasi vakum, <i>carbon polish</i> , <i>reconditioning</i>	Pengelola limbah Berizin

## BAB VI

### EVALUASI EKONOMI

Evaluasi Ekonomi merupakan bagian penting dalam studi kelayakan suatu proyek pendirian pabrik. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah proyek tersebut layak dijalankan dari sisi investasi dan operasional. Dalam konteks pendirian pabrik Asam Nitrat dari Amonia dan Udara, evaluasi ekonomi diperlukan untuk memastikan bahwa biaya yang dikeluarkan selama masa konstruksi dan operasional akan menghasilkan keuntungan yang memadai bagi investor serta memiliki risiko yang dapat diterima.

Pabrik Asam Nitrat dari Ampnia dan Udara memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan yang tinggi, mengingat Asam Nitrat adalah salah satu bahan baku utama dalam industri petrokimia, sedangkan Amonia merupakan bahan baku terbarukan. Faktor-faktor yang akan ditinjau dalam evaluasi ini mengacu pada metode dari Aries dan Newton, yang meliputi:

- a. *Capital Investment*, yang terdiri dari:
  - 1) *Fixed Capital Investment* (modal tetap)
  - 2) *Working Capital Investment* (modal kerja)
- b. *Manufacturing Cost*, yang terdiri dari:
  - 1) *Direct Manufacturing Cost* (biaya produksi langsung)
  - 2) *Indirect Manufacturing Cost* (biaya produksi tidak langsung)
  - 3) *Fixed Manufacturing Cost* (biaya tetap)
- c. *General Expense* (biaya umum)

Setelah meninjau komponen-komponen biaya tersebut, dilakukan analisis kelayakan finansial melalui indikator ekonomi seperti ROI (*Return on Investment*), POT (*Payout Time*), BEP (*Break Even Point*), DCFRR (*Discounted Cash Flow Rate of Return*), serta analisis risiko pabrik (*risk assessment*) untuk menilai tingkat risiko dari proyek ini.

### 1. Penaksiran Harga Alat

Penaksiran harga alat dilakukan untuk memperkirakan biaya pengadaan peralatan utama dan pendukung proses produksi. Penilaian harga dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi ekonomi tahun 2028, karena pabrik mulai dipersiapkan sejak tahun tersebut, walaupun operasionalnya direncanakan mulai tahun 2028. Oleh karena itu, semua harga alat diasumsikan mengikuti nilai pasar tahun 2028. Sumber harga peralatan didapatkan dari situs Matche Equipment Cost Index, namun harga yang tersedia adalah harga tahun 2014. Untuk menyesuaikan dengan harga tahun 2028, dilakukan eskalasi harga menggunakan Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).

Tabel 6.1 Index harga

Tahun	Chemical Engineering Plant Index
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7

Tahun	Chemical Engineering Plant Index
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	394,4

$$Ex = \frac{Nx}{Ny} \times Ey$$

Dengan :

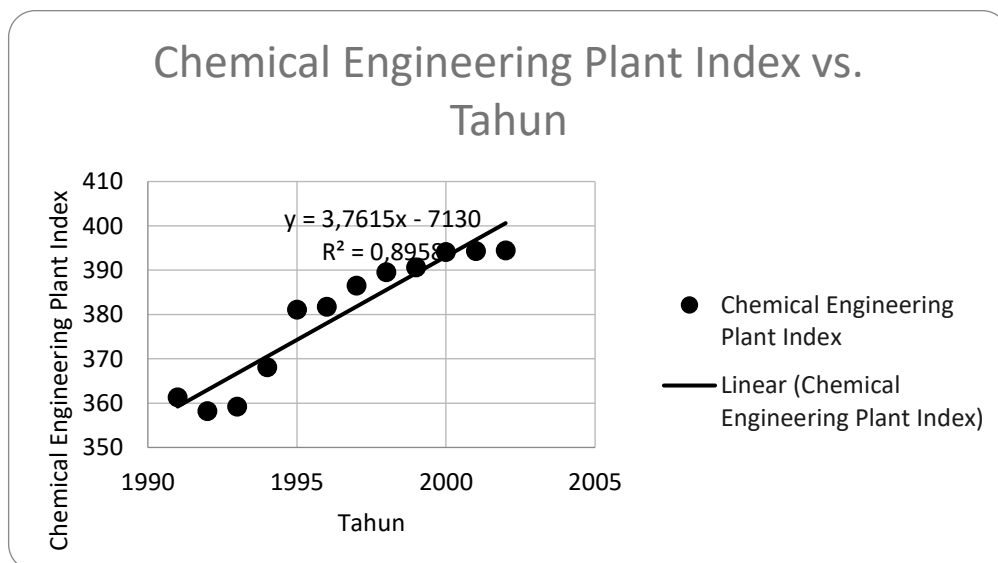
Ex : Harga alat pada tahun 2028

Ey : Harga alat pada tahun referensi 2014

Nx : CEPCI tahun 2028

Ny : CEPCI tahun 2014

Gambar 6.1 Grafik *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*



Persamaan regresi linear dari grafik CEPCI untuk memproyeksikan indeks adalah:

$$Y = 3,761 \times -7130$$

Tabel 6.2 Harga alat proses

Nama alat	Kode alat	Jumlah	EY	EX
			2014	2028
Reaktor-01	R-01	1	\$16.700,00	\$18.673,34
Reaktor-02	R-02	1	\$13.600,00	\$15.207,03
Absorber-01	ABS-02	1	\$2.600,00	\$2.907,23
Vaporizer-01	VP-01	1	\$2.900,00	\$3.242,68
Compressor-01	CP-01	1	\$922.700,00	\$1.031.729,74
Cooler-01	CL-01	1	\$700,00	\$782,71
Cooler-02	CL-02	1	\$24.400,00	\$27.283,20
Expansion Valva-01	EXV-01	1	\$300,00	\$335,45
Blower-01	BL-01	1	\$1.100,00	\$1.229,98
Filter Bag-01	FB-01	1	\$71.300,00	\$79.725,08
Tangki-01	T-01	1	\$56.100,00	\$62.728,99
Tangki-02	T-02	1	\$71.500,00	\$79.948,71
Pompa-01	P-01	2	\$2.000,00	\$4.472,66
Pompa-02	P-02	2	\$5.000,00	\$11.181,64
Pompa-03	P-03	2	\$5.000,00	\$11.181,64
Pompa-04	P-04	2	\$5.000,00	\$11.181,64
<b>Total</b>			\$1.198.200,00	\$1.356.556,33

Tabel 6.3 Harga alat utilitas

Nama alat	Kode alat	Jumlah	EY	EX
			2014	2028
Screening/Saringan	FU-01	1	\$24.100,00	\$26.947,75
Bak Pengendapan Awal	BU-01	1	\$36.428,34	\$40.732,85
Bak Flokulator	BU-02	1	\$9.450,44	\$10.567,14
Bak Pengendapan I	BU-03	1	\$36.428,34	\$40.732,85
Bak Saringan Pasir	BU-04	1	\$191,60	\$214,25
Bak Penampungan Sementara	BU-05	1	\$18.501,75	\$20.687,99
Bak Umpan Boiler	BU-06	1	\$806,63	\$901,95
Tangki Larutan Alum	TU-01	1	\$2.400,00	\$2.683,59
Tangki Air Bertekanan	TU-02	1	\$8.900,00	\$9.951,66
Tangki Lautan Kaporit	TU-03	1	\$100,00	\$111,82
Tangki Klorinasi	TU-04	1	\$4.700,00	\$5.255,37
Tangki Air Bersih	TU-05	1	\$34.100,00	\$38.129,39
Tangki Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	TU-06	1	\$6.500,00	\$7.268,06
Tangki Larutan NaOH	TU-07	1	\$1.900,00	\$2.124,51
Tangki Kation Exchanger	TU-08	1	\$10.100,00	\$11.293,45
Tangki Anion Exchanger	TU-09	1	\$10.100,00	\$11.293,45
Tangki Air Demin	TU-10	1	\$57.100,00	\$63.847,15
Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	TU-11	1	\$19.500,00	\$21.804,19
Tangki Bahan Bakar	TU-12	1	\$25.700,00	\$28.736,81
Tangki Silika gel	TU-13	1	\$2.200,00	\$2.459,96
Deaerator	DE-01	1	\$9.300,00	\$10.398,92

Nama alat	Kode alat	Jumlah	EY	EX
			2014	2028
Boiler	BO-01	1	\$161.500,00	\$180.583,45
Pompa-01	PU-01	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-02	PU-02	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-03	PU-03	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-04	PU-04	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-05	PU-05	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-06	PU-06	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-07	PU-07	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-08	PU-08	2	\$3.900,00	\$8.721,68
Pompa-09	PU-09	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-10	PU-10	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-11	PU-11	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-12	PU-12	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-13	PU-13	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-14	PU-14	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-15	PU-15	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-16	PU-16	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-17	PU-17	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-18	PU-18	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-19	PU-19	2	\$800,00	\$1.789,06
Pompa-20	PU-20	2	\$2.100,00	\$4.696,29
Pompa-21	PU-21	2	\$800,00	\$1.789,06

Nama alat	Kode alat	Jumlah	EY	EX
			2014	2028
Compressor Udara	CPU-01	1	\$7.200,00	\$8.050,78
<b>Total</b>			\$534.807,10	\$651.226,54

## 2. Dasar Perhitungan

Dasar-dasar perhitungan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Kapasitas Produksi : 80.000 ton/tahun
2. Hari Operasi : 330 hari/tahun
3. Umur Alat : 10 tahun
4. Nilai Tukar : Rp. 16,485 / USD
5. Tahun Pendirian Pabrik : 2029
6. UMR Kota Kutai Kartanegara (2029) : ± Rp. 4.197.629,57

## 3. Analisis Keuangan

### a. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya biaya pengeluaran pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan biaya untuk memulai dan menjalankan proses produksinya. *Capital Investment* terbagi menjadi dua, yaitu *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI).

#### 1) *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah total biaya yang dikeluarkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang dapat menunjang selama pabrik

beroperasi. *Fixed Capital Investment* terdiri dari *Physical Plant Cost* dan *Direct Plant Cost*.

Tabel 6.4 *Physical plant cost* (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp31.390.507.060	\$1.904.186,05
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp7.847.626.765	\$476.046,51
3	Instalasi cost	Rp6.270.694.128	\$380.387,88
4	Pemipaan	Rp15.997.728.724	\$970.441,54
5	Instrumentasi	Rp8.062.047.635	\$489.053,54
6	Insulasi	Rp1.381,986,829	\$83.832,99
7	Listrik	Rp3.139.050.706	\$190.418,61
8	Bangunan	Rp14.204.750.000	\$861.677,28
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp45.000.090.000	\$2.729.759,78
<b>Total</b>		<b>Rp133.294.481.847</b>	<b>\$8.085.804,18</b>

Tabel 6.5 *Direct plant cost* (DPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	Rp26.658.896.369	\$1.617.160,84
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp159.953.378.217	\$9.702.965,01
<b>Total</b>		<b>Rp186.612.274.586</b>	<b>\$11.320.125,85</b>

Tabel 6.6 *Fixed capital investment* (FCI)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp159.953.378.217	\$9.702.965,01
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp15.995.337.822	\$970.296,50

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
3	<i>Contingency</i>	Rp39.988.344.554	\$2.425.741,25
<b>Total</b>		<b>Rp215.937.060.593</b>	<b>\$13.099.002,77</b>

## 2) Working Capital Investment

Working Capital Investment merupakan dana yang digunakan untuk membiayai operasional sehari-hari pabrik selama periode tertentu, khususnya hingga pabrik menghasilkan pendapatan yang stabil. Dana modal tersebut meliputi kebutuhan pembelian bahan baku, gaji pekerja, biaya utilitas pabrik, dan kebutuhan operasional lainnya untuk menjalankan pabrik. Modal tersebut dapat bersumber dari uang pribadi, peminjaman bank, atau dana dari investor. Terdapat ciri-ciri investasi yang baik, yaitu:

1. Dapat menghasilkan keuntungan bagi pabrik secara maksimal
2. Memiliki waktu pengembalian modal yang relatif cepat
3. Didukung oleh legalitas atau hukum yang kuat, teknologi yang memadai serta selalu memenuhi standar keamanan dan keberlanjutan.

Tabel 6.7 *Working capital investment (WCI)*

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp1.128.167.024	\$68.435,97
2	<i>Inprocess Inventory</i>	Rp7.513.875.583	\$455.800,76
3	<i>Product Inventory</i>	Rp32.202.323.928	\$1.953.431,84
4	<i>Extended Credit</i>	Rp6.247.835.747	\$379.001,26

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
5	<i>Available Cash</i>	Rp32.202.323.928	\$1.953.431,84
<b>Total</b>		<b>Rp79.294.526.209</b>	<b>\$4.810.101,68</b>

### ***b. Manufacturing Cost***

*Manufacturing Cost* adalah biaya yang dikeluarkan selama proses pembuatan produk dari awal proses hingga akhir. *Manufacturing Cost* meliputi jumlah total dari *Direct Manufacturing Cost*, *Indirect Manufacturing Cost*, dan *Fixed Manufacturing Cost*.

#### 1) *Direct Manufacturing Cost*

*Direct Manufacturing Cost* merupakan biaya yang secara langsung digunakan dalam proses produksi, seperti biaya bahan baku dan tenaga kerja yang terlibat langsung dalam pembuatan produk. Harga bahan baku amonia adalah 91.95 \$/ton dan harga produk asam nitrat adalah 132.10 \$/ton (Chemproequip, 2025).

Total kebutuhan amonia pada pabrik ini dibutuhkan 14.232.874,3 kg/tahun, sehingga harga amonia sebesar \$1.613.133,66 kg/tahun.

Tabel 6.8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Time of Expenses (DMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp26.592.508.413	\$1.613.133,66
2	<i>Labor</i>	Rp14.007.600.000	\$849.717,93
3	<i>Supervision</i>	Rp1.400.760.000	\$84.971,79
4	<i>Maintenance</i>	Rp12.956.223.636	\$785.940,17

5	<i>Plant Supplies</i>	Rp1.943.433.545	\$117.891,02
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp2.061.785.797	\$375.211,25
7	<i>Utilities</i>	Rp242.253.233.359	\$14.695.373,57
<b>Total</b>		<b>Rp301.215.544.750</b>	<b>\$18.522.239,39</b>

### 2) *Indirect Manufacturing Cost*

*Indirect manufacturing cost* mencakup biaya-biaya tidak langsung dalam produksi, seperti biaya perawatan dan perbaikan alat, biaya kebersihan, serta overhead pabrik

Tabel 6.9 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Time of Expenses (IMC)</i>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.101.140.000	\$127.457,69
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.400.760.000	\$84.971,79
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp7.003.800.000	\$424.858,96
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp10.308.928.983	\$625.352,08
<b>Total</b>		<b>Rp20.814.628.983</b>	<b>\$1.262.640,52</b>

### 3) *Fixed Manufacturing Cost*

*Fixed manufacturing cost* merupakan biaya tetap yang tidak terpengaruh oleh fluktuasi produksi dalam jangka pendek, seperti biaya penyusutan peralatan, pajak properti pabrik, dan premi asuransi.

Tabel 6.10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Time of Expenses (FMC)</i>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp21.593.706.059	\$1.309.900,28
2	<i>Property Taxes</i>	Rp4.318.741.212	\$261.980,06

3	<i>Insurance</i>	Rp2.159.370.606	\$130.990,03
<b>Total</b>		<b>Rp28.071.817.877</b>	<b>\$1.702.870,36</b>

Tabel 6.11 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Time of Expenses</i>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp301.215.544.750	\$18.522.239,39
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp20.814.628.983	\$1.262.640,52
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp28.071.817.877	\$1.702.870,36
<b>Total</b>		<b>Rp350.101.991.610</b>	<b>\$21.487.750,27</b>

**c. *General Expense***

*General Expenses* merupakan jenis biaya yang berkaitan dengan aktivitas perusahaan secara keseluruhan, namun tidak termasuk dalam kategori biaya produksi (*manufacturing cost*). Biaya ini dikeluarkan untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan secara menyeluruh, mencakup fungsi-fungsi yang tidak secara langsung berhubungan dengan proses manufaktur.

Tabel 6.12 *General Expense (GE)*

No	<i>Time of Expenses</i>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	Rp10.626.766.896	\$644.632,51
2	<i>Sales Expense</i>	Rp17.711.278.160	\$1.074.387,51
3	<i>Research</i>	Rp12.397.894.712	\$752.071,26
4	<i>Finance</i>	Rp5.904.631.736	\$358.182,09
<b>Total</b>		<b>Rp46.640.571.504</b>	<b>\$2.829.273,37</b>

Tabel 6.13 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Time of Expenses</i>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp350.101.991.610	\$21.487.750,27
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp46.640.571.504	\$2.829.273,37
<b>Total</b>		<b>Rp396.742.563.114</b>	<b>\$24.317.023,64</b>

#### 4. Analisis Keuntungan

##### a. Keuntungan sebelum Pajak

Diketahui:

Total penjualan = Rp. 206.178.579.658

Total Production Cost = Rp. 396.742.563.114

Keuntungan yang diperoleh pabrik sebelum dikenakan pajak adalah:

Keuntungan = Total penjualan – Total Production Cost

= Rp. 206.178.579.658 – Rp. 396.742.563.114

= -Rp. 190.563.983.457

##### b. Keuntungan setelah Pajak

Keuntungan yang diperoleh pabrik setelah dikenakan pajak adalah:

Tarif pajak = 25% keuntungan

= 25% x -Rp. 190.563.983.457

= -Rp. 47.640.995.864

Keuntungan setelah pajak = Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak

= -Rp. 184.788.453.501 – -Rp. 47.640.995.864

= -Rp. 142.922.987.592

#### 5. Analisis Resiko

Analisis risiko pabrik bertujuan untuk mengevaluasi tingkat potensi bahaya dalam operasional suatu pabrik, apakah pabrik tersebut termasuk berisiko tinggi (high risk) atau rendah (low risk). Analisis berikut mempertimbangkan kemungkinan terjadinya berbagai kejadian yang tidak diinginkan dan menentukan langkah mitigasi yang sesuai. Parameter yang digunakan untuk menentukan risiko pabrik asam nitrat menurut Chemical Book (2025) dijelaskan pada Tabel 6.14.

Tabel 6.14 Analisis Risiko Pabrik

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risiko	
			Low	High
1.	Kondisi	Suhu tertinggi : 840 °C		✓
	Operasi	Tekanan tertinggi : 10,5 atm		✓
<b>Bahan Baku yang digunakan</b>				
2.	Amonia	Toksisitas: Toxic by inhalation		✓
		Explosion limit: lower 14,8%		✓
		Flammability: gas mudah terbakar		✓
		Stabilitas: Bereaksi dengan air membentuk alkalis korosif		✓
3.	Udara	Toksisitas: -		
		Explosion limit: lower 4,6%	✓	
		Flammability: gas tidak mudah terbakar	✓	

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risiko	
			Low	High
		Stabilitas: Stabil	✓	
<b>Sifat Produk yang dihasilkan</b>				
4.	Asam Nitrat	Toksisitas: irritant		✓
		Explosion limit: -		
		Flammability: gas tidak mudah terbakar	✓	
		Stabilitas: bereaksi dengan membentuk panas, dan gas yang toxic, korosif, mudah terbakar.		✓
5.	Regulasi Pemerintah	<p style="text-align: center;">PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR P.17/MENLHK/SETJEN/K UM.1/4/2019 TENTANG BAKU MUTU EMISI BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN INDUSTRI PUPUK DAN INDUSTRI AMONIUM NITRAT Menetapkan Baku Mutu Emisi atau Nilai Ambang Batas (NAB) Untuk : NO<sub>x</sub> gas = 600 mg/Nm<sup>3</sup></p>		✓

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risiko	
			Low	High
	Keberadaan Pabrik	Hanya terdapat 1 pabrik Asam Nitrat yang didirikan di Indonesia, yaitu: PT. Multi Nitrotama Kimia		✓

Berdasarkan pertimbangan pada Tabel 6.14, secara keseluruhan pabrik Asam Nitrat dapat digolongkan sebagai pabrik yang memiliki risiko tinggi (high risk). Meskipun tergolong pabrik yang high risk, maka harus memperhatikan keselamatan proses produksi dan harus menghindari suhu yang terlalu tinggi untuk keamanan proses.

## 6. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi potensi perolehan keuntungan maksimum yang dapat diraih dari operasional suatu pabrik. Hasil dari analisis ini dapat digunakan untuk menentukan apakah pabrik asam nitrat ini dapat dikategorikan sebagai proyek yang potensial dan menguntungkan dari segi ekonomi ataupun sebaliknya. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan suatu pabrik, antara lain:

### a. *Return of Investment (ROI)*

*Return of Investment* adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, di mana perhitungannya didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Pabrik dengan risiko yang rendah memiliki nilai ROI sebelum pajak minimal 11%, sedangkan pabrik

dengan risiko yang tinggi memiliki nilai ROI sebelum pajak minimal 44%.

Persentase ROI dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\%ROI = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan}} \times 100\% \quad (6.1)$$

ROI sebelum pajak = -88%

ROI setelah pajak = -66%

**b. Pay Out Time (POT)**

*Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang berselang sebelum diperoleh suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment oleh profit sebelum dikurangi depresiasi. Pabrik dengan tingkat risiko rendah memiliki batas maksimum POT yaitu 5 tahun, sedangkan untuk pabrik dengan risiko tingkat tinggi nilai POT maksimum yang dianjurkan adalah 2 tahun. Nilai POT dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Dresiation}} \quad (6.2)$$

POT sebelum pajak = -1,3 tahun

POT setelah pajak = -1,8 tahun

**c. Break Even Point (BEP)**

*Break Even Point* adalah titik impas produksi atau suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini total pendapatan suatu pabrik sama dengan total biaya yang dikeluarkan. BEP merupakan nilai yang penting untuk menentukan batas minimum produksi dan penjualan yang harus dicapai agar investasi tidak mengalami kerugian. Hasil dari analisis BEP dapat menjadi acuan bagi

suatu pabrik untuk menentukan harga jual minimum setiap unit dan jumlah unit produk yang harus dijual agar pabrik tersebut mendapatkan keuntungan. Secara umum, nilai BEP untuk pabrik kimia berkisar antara 40 – 60% dari total kapasitas produksi maksimum. Untuk menentukan nilai BEP dapat menggunakan persamaan berikut:

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 \times Ra)}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)} \times 100\% \quad (6.3)$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost*

Ra : *Annual Regulated Expenses*

Va : *Annual Variable Value*

Sa : *Annual Sales Value*

Tabel 6.15 Fa (*Fixed Cost*)

<b>Fa (<i>Fixed Cost</i>)</b>		
Depresiasi	Rp21.593.706.059	\$1.309.900,28
Property Taxes	Rp4.318.741.212	\$261.980,06
Asuransi	Rp2.159.370.606	\$130.990,03
<b>Total</b>	<b>Rp28.071.817.877</b>	<b>\$1.702.870,36</b>

Tabel 6.16 Ra (*Regulated Cost*)

<b>Ra (<i>Regulated Cost</i>)</b>		
Gaji Karyawan	Rp14.007.600.000	\$849.717,93
<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.101.140.000	\$127.457,69
<i>Supervision</i>	Rp1.400.760.000	\$84.971,79
<i>Plant Overhead</i>	Rp7.003.800.000	\$424.858,96

Laboratorium	Rp1.400.760.000	\$84.971,79
<i>General Expense</i>	Rp46.640.571.504	\$2.829.273,37
<i>Maintenance</i>	Rp12.956.223.636	\$785.940,17
<i>Plant Supplies</i>	Rp1.943.433.545	\$117.891,02
<b>Total</b>	<b>Rp87.454.288.685</b>	<b>\$5.305.082,72</b>

Tabel 6.17 Va (*Variable Cost*)

<b>Va (<i>Variable Cost</i>)</b>		
<i>Raw Material</i>	Rp26.592.508.413	\$1.613.133,66
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp10.308.928.983	\$625.352,08
<i>Utilities</i>	Rp242.253.233.359	\$14.695.373,57
<i>Royalty and Patent</i>	Rp2.061.785.797	\$375.211,25
<b>Total</b>	<b>Rp281.216.456.552</b>	<b>\$17.309.070,56</b>

Tabel 6.18 Sa (*Annual sales value*)

<b>Sa (<i>Annual sales value</i>)</b>	
<i>Annual Sales</i>	Rp. 206.178.579.658

Berdasarkan data-data diatas, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 6.3 sehingga didapatkan nilai BEP untuk pabrik asam nitrat ini sebesar -40%.

d. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* adalah suatu kondisi kritis dimana aktivitas produksi suatu industri harus dihentikan karena pengoperasian pabrik tidak lagi menghasilkan keuntungan secara ekonomi. Penyebabnya antara lain

variabel cost yang meningkat terlalu tinggi atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi yang tidak menghasilkan profit.

Pada kondisi shut down point, biaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan operasional pabrik lebih tinggi jika dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk menghentikan operasional pabrik dan membayar *fixed cost*. Titik ini merupakan gambaran persentase kapasitas minimum yang harus dicapai suatu pabrik agar tetap dapat layak beroperasi. Nilai SDP tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)} \times 100\% \quad (6.4)$$

Berdasarkan Persamaan 6.4 maka persentase SDP pabrik asam nitrat sebesar -19%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate* adalah salah satu cara untuk menganalisa kelayakan ekonomi pabrik dimana DCFR didefinisikan sebagai jumlah uang dari keuntungan yang tidak digunakan untuk pinjaman modal dan bunganya. Discounted cash flow rate merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. Rated of return based on discounted cash flow adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik. Secara umum, suatu pabrik dapat dinyatakan

layak secara ekonomi apabila nilai DCFR lebih dari batas minimum yaitu sebesar 1,5 kali suku bunga bank.

$$(FCI+WCI)(1+i)^n = CF \sum_{n=0}^{n-1} (1+i)^n (1+i)^n WCI+SV \quad (6.5)$$

Keterangan:

FCI : Fixed capital investment

WCI : Working capital investment

CF : Cash Flow

SV : Salvage value = depresiasi

n : Umur pabrik

i : Interest atau nilai DCFR

Untuk menghitung nilai DCFR digunakan data-data sebagai berikut:

FCI = Rp. 215.937.060.593

WCI = Rp. 79.294.526.209

Cash Flow = Keuntungan setelah pajak + depreciation + finance

= -Rp. 115.424.649.797

Umur pabrik = 10 tahun

Menurut Bank Indonesia (2025) suku bunga deposit bank saat ini sebesar 5.75%. Berdasarkan data tersebut, diperoleh hasil perhitungan DCFR sebagai berikut :

Suku bunga minimum = 1.5 x bunga sekarang

= 1.5 x 5.75%

= 8.63%

Dengan melakukan *trial and error* untuk menentukan nilai DCFR maka diperoleh nilai DCFR sebesar -718078513%.

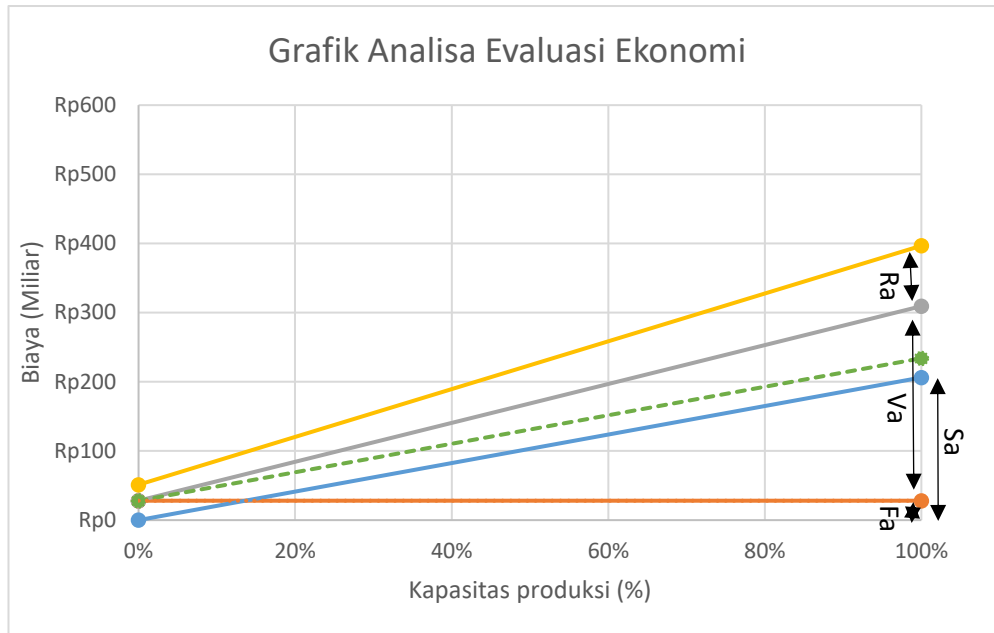
f. Hasil Analisis

Setelah dilakukan perhitungan terhadap parameter-parameter kelayakan ekonomi seperti ROI, POT, BEP, SDP, dan DCFR, kemudian diperoleh grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase kapasitas produksi (%) terhadap biaya (milyar/tahun) yang ditunjukkan pada Gambar 6. 2 berikut. Grafik evaluasi ekonomi tersebut mencakup biaya tetap (Fa), biaya variabel (Va), total biaya (Ra), pendapatan penjualan (Sa), serta dua indikator utama kelayakan ekonomi, yaitu Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP). Grafik tersebut juga memberikan gambaran sejauh mana pabrik mampu beroperasi secara finansial dengan aman.

Tabel 6.19 Rangkuman analisa kelayakan pabrik

<b>Kriteria</b>	<b>Terhitung</b>	<b>Persyaratan</b>	<b>Layak/Tidak</b>
ROI sebelum pajak	-88%	<i>ROI before taxes</i>	Layak
ROI setelah pajak	-66%	minimum low risk 11 %, high risk 44%	Layak
POT sebelum pajak	-1,3	<i>POT before taxes</i>	Layak
POT setelah pajak	-1,8	maksimum, low risk 5 th, high risk 2th	Layak
BEP	-40%	kisaran 40-60%	Layak
SDP	-19%	> 20%	Layak
DCFRR	-718078513%	> 1,5 bunga bank = minimum	Layak

Gambar 6.2 Grafik Analisa evaluasi ekonomi



## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan pabrik asam nitrat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik asam nitrat dari amonia bertujuan untuk mendukung kemandirian industri petrokimia nasional, mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku berbasis fosil, serta menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan nilai tambah asam nitrat domestik melalui konversi menjadi produk turunan yang bernilai tinggi.
- b. Pabrik asam nitrat ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan direncanakan akan didirikan di daerah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, utilitas yang memadai (air, listrik, uap), akses terhadap pelabuhan dan jalan utama, serta kedekatan dengan kawasan industri kimia lainnya. Total luas lahan yang digunakan yaitu  $\pm 4,5$  hektar.
- c. Proses utama dalam pabrik ini adalah reaksi Oksidasi ammonia menjadi asam nitrat menggunakan katalis Pt-Rh dalam reaktor fixed bed multitube, yang dioperasikan pada suhu  $840^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 10,5 atm.
- d. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini tergolong belum layak untuk didirikan, dengan hasil perhitungan sebagai berikut:
  - 1) Return on Investment (ROI)
    - a) ROI sebelum pajak : -88%

- b) ROI setelah pajak : -66%
- 2) Pay Out Time (POT)
  - a) POT sebelum pajak : -1,3 tahun
  - b) POT setelah pajak : -1,8 tahun
- 3) Break Even Point (BEP) : -40%
- 4) Shut Down Point (SDP) : -19%
- 5) Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) : -718078513%
- 6) Berdasarkan parameter-parameter kelayakan di atas, disimpulkan bahwa pendirian pabrik asam nitrat dari amonia dan udara berdasarkan analisis ekonomi, dengan kapasitas 80.000 ton/tahun belum layak untuk dikaji lebih lanjut.

## 7.2 Saran

Perancangan pabrik kimia merupakan proses yang kompleks dan memerlukan pemahaman menyeluruh terhadap konsep dasar teknik kimia, dengan beberapa saran sebagai berikut:

- a. Pemanfaatan perangkat lunak simulasi proses seperti Aspen Plus, Aspen HYSYS, atau sejenisnya sangat disarankan untuk agar hasil perhitungannya dapat dibandingkan dan diambil data dengan pendekatan terbaik.
- b. Penambahan sistem pemulihan panas (heat integration) secara menyeluruh pada unit-unit proses dapat meningkatkan efisiensi energi, menurunkan konsumsi utilitas, serta berdampak positif pada biaya operasi dan jejak karbon pabrik secara keseluruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2024). Data Impor dan Ekspor Asam Nitrat. <https://www.bps.go.id/id/exim>, diakses pada 20 Mei 2024.
- Brown, G. G. (1950). Unit Operations. John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc.
- Chemproequip. (2025). *Product*. <https://chemproequip.com/product/ammonia-solution/>
- Chopey, N. P. (2004). Handbook of Chemical Engineering Calculations (3 ed.). McGraw-Hill.
- Coulson, J. a. (2005). Chemical Engineering, An Introducing. Oxford: Pergamon Press.
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Processes and Unit Operations (3rd ed.). Pretince-Hall International, Inc.
- Gibson, H. W. (1969). Chemistry of formic acid and its simple derivatives. Chemical Reviews, 69(5), 673–692.
- IMARC Group. (2024). Indonesia Nitric Acid Market: Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2024-2033.
- Indeks harga [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci) diakses pada tanggal 15 Juli 2025.
- Kevin H. R. Rouwenhorst, et al., From the Birkeland–Eyde process towards energy-efficient plasma-based NO<sub>x</sub> synthesis: a techno-economic analysis, Energy & Environmental Science, 2021.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2019).  
Peraturan Menteri LHK Nomor 17 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi  
Industri Kimia, Petrokimia, dan Pupuk. Jakarta: KLHK.
- Kern, D. Q. (1950). Process Heat Transfer. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Kirk, R. F., & Othmer, D. F. (1954). Encyclopedia of Chemical Technology (Vol.  
23). John Willey & Sons Inc.
- Mc Cabe, W. L. (1976). Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. .  
Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Meshal F. Alhasan, Khaled M. Alanezi, Sabah A.S. Alali, Meshari A. Al-Ebrahim,  
Sara Bunian, Amro A. Nour. (2024). Karakteristik termal-hidrolik asam  
nitrat: Analisis eksperimental dan Numerik
- Mordor Intelligence. (2024). Indonesia Nitric Acid Market - Growth, Trends, and  
Forecasts (2024–2033).
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun  
2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan  
Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara. (n.d.). Peraturan Daerah dan Ketentuan  
Lingkungan Hidup Daerah. Kutai Kartanegara: Dinas Lingkungan Hidup.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1958). Plant Design and Economics for  
Chemical Engineers (4th ed.). McGraw-Hill.
- Perry, R. a. (2000). Perry's Chemical Engineer's Handbook 7ed. New York: Mc  
Graw Hill Book Co., Inc.

- Perry, R. a. (2008). Perry's Chemical Engineer's Handbook 8 ed. New York: McGraw Hill Book Co., Inc.
- Rase, H. F. (1977). Chemical Reactor Design for Process Plants Principles & Techniques (Vol. 1). John Wiley and Sons.
- Smith, J. M., Ness, H. C. V., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (2017). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (8 ed.). McGraw-Hill Education.
- UGM. (2020). Pra-rancangan Pabrik Asam Nitrat dari Amonia dan Udara Kapasitas 60.000 Ton/Tahun. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- ULM. (2022). Studi Kelayakan Pabrik Asam Nitrat dari Amonia Kapasitas 23.000 Ton/Tahun. Jurnal Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.
- Walas, S. M. (1990). Chemical Process Equipment Selection and Design. Butterworth-Heinemann.
- Walas, S. M., Penney, W. R., Fair, J. R., & Couper, J. R. (2012). Chemical Process Equipment Selection and Design (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook. McGraw-Hill Book.

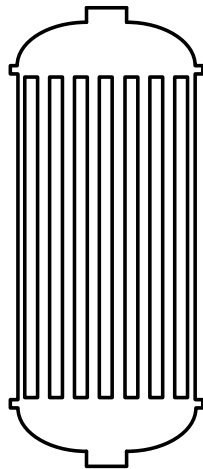
## **LAMPIRAN A. PERANCANGAN REAKTOR**

## PERHITUNGAN REAKTOR

Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitube*  
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi klorinasi antara ammonia dan udara

### Kondisi Operasi

Suhu : 250 °C  
Tekanan : 10,5 atm  
Kondisi Proses : Non-adiabatis, Isothermal  
Bahan Material : *Carbon Steel SA 285 Grade C*  
Gambar Reaktor :

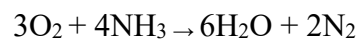
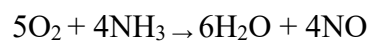


### Neraca Massa Reaktor

F1. Amonia Masuk Reaktor				
Komponen	F (kg/jam)	XF	N (kmol/jam)	XN
NH3	1.788,09	99,5%	105,18	0,995
H2O	8,99	0,50%	0,499	0,0047
<b>Total</b>	<b>1.797,08</b>	<b>1</b>	<b>105,68</b>	<b>1</b>

F2. Udara Masuk Reaktor				
Komponen	F (kg/jam)	XF	N (kmol/jam)	XN
N2	126,619,14	79%	4.522,11	0,811
O2	33.658,25	21%	1.051,82	0,189
<b>Total</b>	<b>160.277,395</b>	<b>1</b>	<b>5.573,93</b>	<b>1</b>

### Reaksi yang Terjadi di Dalam Reaktor



#### 1. Menentukan Jenis Reaktor

Dipilih reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Reaksi berlangsung pada fase gas dengan katalis padat.
- Efisiensi penggunaan katalis karena posisi katalis tetap di dalam reaktor tanpa pergerakan, sehingga tidak ada kehilangan katalis akibat pengangkutan
- Perawatan, perbaikan, dan operasional mudah.
- Multitube membantu mengurangi risiko hotspot (zona dengan suhu sangat tinggi) di dalam reaktor yang dapat merusak katalis atau menyebabkan pembentukan produk samping
- Lebih sederhana dalam operasi dibandingkan dengan reaktor jenis lain seperti fluidized bed dan biaya produksi lebih murah.

#### 2. Data-Data Fisis Umpan Reaktor

##### a. Menentukan Densitas Umpan

Komponen	Yi*BM (gr/mol)	Yi*Z
NH3	0,314826806	0,01854054
H2O	0,001582044	0,0000878
N2	22,29361809	0,79833846
O2	5,926151643	0,18556186
Total	28,53617858	1.00252862

Keterangan:

R = Konstanta gas 8.314 J/mol.K

T = Temperature 1113.15 K

P = Tekanan 1063912.5 Pa

Z = 1.002528621

$$\rho \text{ campuran} = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1063912,5 \cdot \left(\frac{28,536179}{1000}\right)}{8,314 \cdot 1113,15 \cdot 1,002528621} = 3,272210506$$

### b. Menentukan Viskositas Umpan Gas

$$\mu = A + BT + CT^2$$

Komponen	Yi	$\eta$ gas (mikropoise)	$\mu$ gas (kg/s.m)	Yi* $\mu$ gas (kg/s.m)
NH <sub>3</sub>	0.018519224	395.1132599	3.95113E-05	7.31719E-07
H <sub>2</sub> O	8.78913E-05	420.6418827	4.20642E-05	3.69708E-09
N <sub>2</sub>	0.796200646	1795.585937	1.7956.E-04	0.000142965
O <sub>2</sub>	0.185192239	529.7956698	5.29796E-05	9.8114E-06
Total	1	3141.13675	0.000314114	0.000153511

μ gas	0.000153511	kg/s.m
	0.001535115	gr/cm.s
	0.371358108	lb/ft.jam
	0.552641361	kg/m.jam

**c. Menentukan Kapasitas Panas Umpan Gas**

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Komponen	Yi	Cp (J/mol.K)	Cp (KJ/kmol.K)	Yi*Cp (KJ/Kmol.K)
NH <sub>3</sub>	0.018519224	5.92E+01	5.92E+01	1.10E+00
H <sub>2</sub> O	8.78913E-05	4.27E+01	4.27E+01	3.75E-03
N <sub>2</sub>	0.796200646	7.18E+01	7.18E+01	5.71E+01
O <sub>2</sub>	0.185192239	3.54E+01	3.54E+01	6.56E+00
Total	1	2.09E+02	2.09E+02	6.48E+01

Cp Campuran	6.48E+01	KJ/Kmol.K
	2.10E+08	KJ/Jam.K
	1.83E+03	KJ/Kg.K

**d. Menentukan Konduktivitas Panas Umpan Gas**

$$K_{gas} = A + BT + CT^2$$

Komponen	Yi	Kgas (W/m.K)	Yi*Kgas (W/m.K)
NH <sub>3</sub>	0.018519224	2.14E-01	3.96E-03
H <sub>2</sub> O	8.78913E-05	1.14E-01	1.01E-05
N <sub>2</sub>	0.796200646	7.40E-02	5.89E-02

Komponen	Yi	Kgas (W/m.K)	Yi*Kgas (W/m.K)
O <sub>2</sub>	0.185192239	8.06E-02	1.49E-02
NO	0	0.00E+00	0.00E+00
Total	1	4.83E-01	7.78E-02

K Campuran	0.077784947	W/m.K
	0.280025809	KJ/jam.m.K
	0.066883044	Kkal/jam.m.K
	0.000185786	Kal/detik.cm.K

### 3. Mekanikal Desain Reaktor

#### a. Menentukan Jenis Ukuran dan Jumlah Tube

##### 1) Menentukan Ukuran Tube

Diameter pipa reaktor ditentukan dengan mempertimbangkan efektivitas perpindahan panas. Mengingat reaksi yang berlangsung bersifat endotermis dan terdapat perbedaan suhu masuk dan keluar yang cukup besar, maka dipilih nilai  $hw/h$  yang paling tinggi, karena rasio perpindahan panas yang lebih besar memungkinkan distribusi panas yang lebih merata di sepanjang reaktor, sehingga dapat mengurangi gradien suhu yang ekstrem dan meningkatkan efisiensi reaksi. Pengaruh rasio  $D_p/D_t$  terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butiran katalis dibandingkan dengan pipa kosong telah diteliti oleh Colburn (Smith, halaman 571), yaitu:

Dp/Dt	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
hw/h	5.5	7	7.8	7.5	7	6.6

Dimana :

hw : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp : diameter katalisator

Dt : diameter tube

Dipilih :

$D_p/D_t = 0,15$

Sehingga :

$D_p = 0,00299 \text{ in}$

$D_t = 0,019457 \text{ in}$

Berdasarkan hasil perhitungan, dipilih ukuran pipa standar yang dapat memberikan koefisien perpindahan panas yang optimal. Mengacu pada Tabel 11 Kern (Dimensions of Steel Pipe, halaman 844), spesifikasi pipa yang digunakan adalah sebagai berikut :

Nominal pipe size : 1 in

Outside diameter (OD) : 1,32 in

Schedule number : 40

Inside diameter (ID) : 1,049 in

Flow area per pipe : 0,864 in<sup>2</sup>

Surface per lin ft : Outside = 0,344 ft<sup>2</sup>/ft

: Inside = 0,274 ft<sup>2</sup>/ft

Weight per lin ft : 1.64 lb steel

## 2) Menentukan Berat Katalis

Neraca Massa pada elemen volume : (rate of mass input) - (rate of mass output) - (rate of mass reaction) = (rate of mass accumulation)

$$(F_{A|W} + F_{B|W}) - (F_{A|W+\Delta W} + F_{B|W+\Delta W}) - (r_A) \cdot \frac{\Delta W}{\rho} = 0$$

$$\lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{F_{A|W+\Delta W} - F_{A|W}}{\Delta W} + \lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{F_{B|W+\Delta W} - F_{B|W}}{\Delta W} + = -(-r_A)$$

$$\frac{dF_A}{dw} + \frac{dF_B}{dw} = \frac{-(-r_A)}{\rho}$$

$$dF_A = F_{A0} - F_{B0} \cdot X_B$$

$$dF_B = F_{B0} - F_{B0} \cdot X_B$$

$$dF_A = -F_{B0} \cdot dX_B$$

$$dF_B = -F_{B0} \cdot dX_B$$

$$\frac{-F_{B0} \cdot X_B + (-F_{B0}) \cdot X_B}{dw} = \frac{-(-r_A)}{\rho}$$

$$\frac{-2F_{B0} \cdot dX_B}{dw} = \frac{(-r_A)}{\rho}$$

$$\frac{dX_B}{dw} = \frac{(-r_A)}{-2F_{B0} \cdot \rho}$$

$$\frac{dX_B}{dw} = \frac{k \cdot \rho_A \cdot \rho_B}{2F_{B0} \cdot \rho}$$

Integrasi Numerik

$$\frac{dx}{dw} = \frac{k_A}{2F_{B0} \cdot \rho}$$

$$\frac{dx}{dw} = \frac{k \cdot \rho_A \cdot \rho_B^2}{2F_{B0} \cdot \rho}$$

$$\rho_A = \frac{F_{A0} \cdot F_{B0} \cdot x}{F_T} \rho$$

$$\rho_A = \frac{F_{B0} (1 - x)}{F_T} \rho$$

Reaksi 1 :

$$\frac{dx}{dw} = \frac{k \cdot \rho_A \cdot \rho_B}{2F_{B0} \cdot \rho}$$

Reaksi 2 :

$$\frac{dx}{dw} = \frac{k \cdot \rho_A \cdot \rho_B^2}{2F_{B0} \cdot \rho}$$

Dengan :

$F_{A0}$  : Laju molar umpan awal (etanol) = 1.670,4839 kmol

$F_T$  : Laju molar total umpan = 1.844,9137 kmol

$K$  : Konstanta laju reaksi kinetik = 0,1533384 mol/g katalis·jam

$KA'$  : Konstanta kesetimbangan adsorpsi etanol = 9,013511atm<sup>-1</sup>

Perhitungan berat katalis dilakukan menggunakan metode integrasi numerik runge kutta 4, dengan  $\Delta W$  0,05. Hasil perhitungan berat katalis dapat dilihat dalam tabel integrasi numerik di bawah ini :

W	P	X
0	1063.9125	0
1	1063.4132	0.272813
2	1062.9141	0.470233

W	P	X
3	1062.4152	0.613525
4	1061.9166	0.717761
5	1061.4182	0.793714
6	1060.92	0.849128
7	1060.4221	0.889598
8	1059.9244	0.919177
9	1059.427	0.940808
9.5	1059.1783	0.949338

Data		
P	10.639125	bar
	1063.9125	Kpa
$\phi$	0.4401	
1- $\phi$	0.5599	
gc	9.8	kg/m.s2
Dp	0.003	m
$\mu$	0.00031411	Kg/m.s
Volumetric		
Flow	13758024.2	cm3/s
	13.7580242	m3/s
Cross Sectional	0.05572987	m2
u	246.869822	m
$\rho$ total	1.27424544	kg/m3
G	314.572746	kg/m2/s

$$\frac{dP}{dz} = -137,06581$$

W	:	9.5	kg
ID	:	0.0266446	Diameter dalam tube
$\rho_{katalis}$	:	8799.173761	kg/m <sup>3</sup>
$\pi$	:	3.14	

### 3) Menentukan Volume Katalis

$$V_{katalis} = \frac{W_{katalis}}{\rho_{katalis}}$$

$$V_{katalis} = \frac{9,5}{8799,174} = 0,001079647 \text{ m}^3$$

### 4) Menentukan Panjang Katalis

$$Z = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot ID^2 \cdot \rho_{katalis}}$$

$$Z = \frac{4 \cdot 9,5}{3,14 \cdot 0,0266446^2 \cdot 8799,174} = 1,93729 \text{ m}$$

### 5) Menghitung Banyak Tube

$$N_t = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot ID^2 \cdot H \cdot \rho}$$

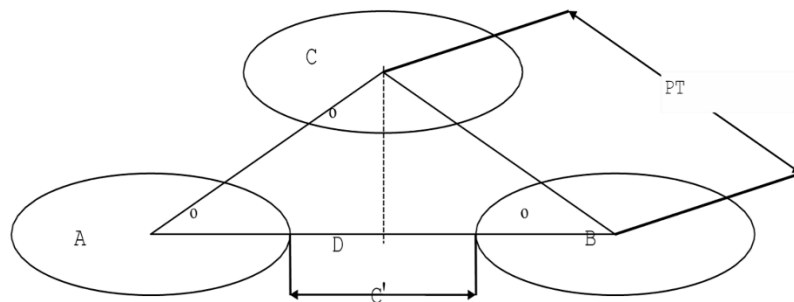
$$N_t = \frac{4 \cdot 9,5}{3,14 \cdot 0,0266446^2 \cdot 1,93729 \cdot 8799,174} = 2689,06$$

$$N_t = 2690 \text{ tube}$$

### b. Menentukan Diameter Dalam reactor

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch dengan pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Struktur lebih kuat, karena jarak antar tube lebih rapat, sehingga meningkatkan stabilitas mekanis.
- 2) Lebih mudah dibersihkan, terutama dalam sistem yang rentan terhadap fouling, karena memungkinkan akses yang lebih baik untuk pembersihan mekanis atau kimia.
- 3) Meningkatkan turbulensi aliran fluida dalam shell, yang berkontribusi pada peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi ( $h_o$ ), sehingga efisiensi perpindahan panas menjadi lebih optimal.



Jarak antar pusat pipa (PT)

$$PT = 1,25 \times ODt$$

$$PT = 1,25 \times 1,32 = 1,65 \text{ in}$$

Jarak antar pipa (clearance)

$$C' = PT - ODt$$

$$C' = 1,65 - 1,32 = 0,33 \text{ in}$$

Diameter dalam reaktor (IDs)

$$IDs = \sqrt{\frac{4 \cdot Nt \cdot PT^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot 2690 \cdot 1,65^2 \cdot 0,866}{3,14}} = 89,884 \text{ in} = 2,283 \text{ m}$$

**c. Menentukan Tebal Shell**

**1) Menentukan Tekanan Desain**

*Tekanan Operasi* = 154,3077 psi

Max Over Desain 20%

*Tekanan Desain* = 1,2 . 154,3077 = 185,1693 psi

**2) Menentukan Bahan Konstruksi Shell**

Dipilih material bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Alasan pemilihan :

- Ekonomis dan mudah difabrikasi, Carbon Steel SA 285 Grade C lebih murah dibanding material lain serta mudah dibentuk dan dilas, sehingga mengurangi biaya produksi dan perawatan.
- Kompatibel dengan lingkungan proses, material ini mampu menahan suhu -20 ke 650 dan tekanan sedang serta tidak mudah terkorosi dalam kondisi reaksi katalitik dehidrasi etanol.
- Ketersediaan luas, mudah diperoleh di pasaran dan telah memenuhi standar internasional, sehingga cocok untuk aplikasi industri kimia dan konstruksi peralatan proses.

**3) Menentukan Tebal Dinding Shell**

$$t_s = \frac{P \cdot ID_s}{SE - 0,6P} + C$$

Berdasarkan data yang diperoleh dari buku Brownell & Young serta Carl Branen, diperoleh:

P : Tekanan design = 170,4693 psig

E : Efisiensi pengelasan = 0,8

C : Faktor korosi = 0,125 in

IDs : Diameter dalam shell = 89,8844 in

ts : Tebal shell yang dihitung = 0,8893 in

Tebal dinding standar yang dipilih = 1 in

**e. Menentukan Diameter Luar Reaktor**

Perhitungan diameter luar shell:

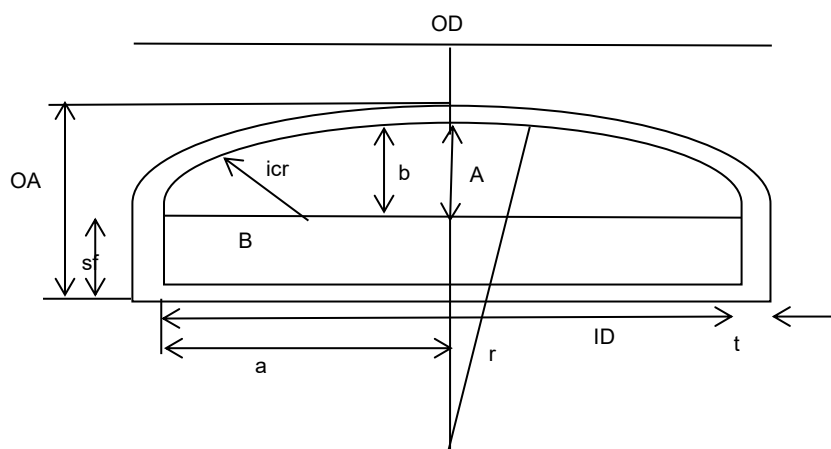
$$ODs = IDs + 2ts$$

$$ODs = 89,8844 + 2 \times 1 = 91,8844 \text{ in}$$

Dipilih diameter luar standar = 96 in (Brownell, 1959, tabel 5.7, halaman 90)

**f. Menentukan Dimensi Head Reaktor**

**1) Menentukan Bentuk Head**



Pada perancangan reaktor ini, dipilih bentuk Torispherical Dished Head sebagai kepala reaktor. Pemilihan bentuk ini didasarkan pada pertimbangan teknis dan ekonomis, dengan alasan sebagai berikut :

- Ketahanan terhadap Tekanan– Torispherical head dapat digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dengan biaya yang relatif ekonomis (Coulson, hal. 818).
- Kesesuaian dengan Rentang Tekanan – Berdasarkan referensi dari Brownell dan Young (1959), bentuk ini cocok digunakan untuk bejana dengan tekanan operasi dalam rentang 15 – 200 psig, sehingga sesuai dengan spesifikasi proses dalam perancangan ini.

## **2) Menentukan bahan Konstruksi Head**

Dipilih material bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283 Grade C

Alasan pemilihan :

- Ekonomis dan mudah difabrikasi, Carbon Steel SA 285 Grade C lebih murah dibanding material lain serta mudah dibentuk dan dilas, sehingga mengurangi biaya produksi dan perawatan.
- Kompatibel dengan lingkungan proses, material ini mampu menahan suhu -20 ke 650 dan tekanan sedang serta tidak mudah terkorosi dalam kondisi reaksi katalitik dehidrasi etanol.

- Ketersediaan luas, mudah diperoleh di pasaran dan telah memenuhi standar internasional, sehingga cocok untuk aplikasi industri kimia dan konstruksi peralatan proses.

### 3) Menentukan Tebal Head

$$th = \frac{P \cdot IDs}{2SE - 0,2P} + C$$

Berdasarkan data yang diperoleh dari buku Brownell & Young serta Carl Branan, diperoleh:

P : Tekanan design	= 170,4693 psig
E : Efisiensi pengelasan	= 0,8
C : Faktor korosi	= 0,125 in
IDs : Diameter dalam shell	= 89,8844 in
th : Tebal <i>head</i> yang dihitung	= 0,8828 in
Tebal <i>head</i> standar yang dipilih	= 1 in

### 4) Menentukan Tinggi Head

Berdasarkan buku referensi oleh Brownell & Young, tebal head reaktor dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$a = \frac{IDs}{2}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AB = a - icr$$

$$BC = r - icr$$

$$OA = th + b + sf$$

$$OA = th + (r - \sqrt{((r - icr)^2 - (\frac{IDs}{2} - icr)^2)}) + sf$$

Diketahui parameter sebagai berikut :

$$IDs = 89,8844 \text{ in}$$

$$th = 1 \text{ in}$$

$$icr = 5,875 \text{ in}$$

$$r = 84 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 5.6 Brownell (halaman 88), untuk  $th = 1 \text{ in}$ , diperoleh  $sf$  dalam rentang 1,5–4 in. Dalam perancangan ini, dipilih nilai  $sf = 4 \text{ in}$  untuk perhitungan lebih lanjut. Hasil perhitungan tinggi head : Tinggi head = 21,9695 in = 1,8308 ft = 0,5580 m

#### g. Menentukan Tinggi Total Reaktor

$$\text{Tinggi total reaktor} = Z + \text{tinggi head reaktor}$$

$$\text{Tinggi total reaktor} = 76,2711 + 21,9695$$

$$\text{Tinggi total reaktor} = 98,2406 \text{ in}$$

#### h. Menentukan Volume Reaktor

##### 1) Volume Head

$$VH = 0,000049 \times IDs^3$$

$$VH = 0,000049 \times 89,8844^3 = 35,5836 \text{ in}^3$$

##### 2) Volume Shell

$$VS = \frac{\pi}{4} \times IDs^2 \times Z$$

$$VS = \frac{3,14}{4} \times 89,8844^2 \times 76,2711 = 483.725,1771 \text{ in}^3$$

### 3) Volume Reaktor

$$VR = \text{Volume head} + \text{Volume shell}$$

$$VR = 35,5836 + 483725,1771 = 483.760,7607 \text{ in}^3 = 7,9274 \text{ m}^3$$

#### i. Menentukan Kebutuhan Pemanas Reaktor

##### 1) Menentukan Q Pemanas

Berikut merupakan neraca panas proses dehidrasi etanol di dalam reaktor :

$$T1 = 1.113,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K}$$

Q1			
Komponen	N (kmol/jam)	int Cp dT	Q
O2	1051,820405	-6830761092427,53	-7184733895451340,00
N2	4522,112215	-902617588371,96	-4081738022187500,00
Total			-11266471917638800,00

Q2			
Komponen	N (kmol/jam)	int Cp dT	Q
NH3	105,1820405	-15027506933743,80	-1580623842205390,00
H2O	0,499188913	-3731598158469,01	-1862772429861,00
Total			-1582486614635250,00

Q3			
Komponen	N (kmol/jam)	int Cp dT	Q
O2	922,972405	-98968682698859,70	-91345363087354700,00
N2	4524,741766	-13077733652339,80	-59173367666393500,00
NH3	0	-217728675436280,00	0,00
NO	99,92293843	-114829029077550,00	-11474054002479200,00
H2O	158,2722496	-54065915859491,30	-8557134129340680,00
NO2	0	-251363286448596,00	0,00
HNO3	0	-37438182254069,30	0,00
Total	5705,909359	-787471505427185,00	-170549918885568000,00

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-11.266.471.917.638.800	0
Q2	-1.582.486.614.635.250	0
Q3	0	-170.549.918.885.568.000
Total	-170.549.918.885.568.000	-170.549.918.885.568.000

Dalam perhitungan neraca panas, prinsip utama yang digunakan adalah keseimbangan energi, yaitu:

$$Q_{input} = Q_{output}$$

Namun, dalam proses ini terdapat kebutuhan pemanasan tambahan karena energi yang diperlukan oleh sistem untuk mencapai kondisi operasi yang diinginkan lebih kecil dibandingkan energi yang dilepaskan. Oleh karena itu, perbedaan antara kalor masuk dan kalor

keluar menghasilkan kebutuhan kalor pemanas yang harus disuplai ke sistem. Dari hasil perhitungan, diperoleh.

$$Q \text{ pemanas} = Q \text{ input} - Q \text{ output}$$

$$Q \text{ pendingin} = 24.298.592$$

Artinya, sebanyak 24.298.592 kkal harus diberikan ke sistem untuk menyeimbangkan energi dan memastikan proses berlangsung sesuai dengan kebutuhan reaksi atau perubahan fase yang terjadi.

## 2) Menentukan Massa Pemanas yang Dibutuhkan

Untuk menentukan jumlah pendingin yang diperlukan dalam proses pendinginan, dilakukan perhitungan berdasarkan data dari produk Dowtherm A yang digunakan. Data Input :

T (C)	T (K)	Specific heat (kj/kg.K)
15	288,15	1,558
820	1093,15	3,967

Diketahui kebutuhan energi pendinginan total untuk proses ini adalah:

$$Q_{\text{pendingin}} = 24.298.592 \text{ kJ/jam}$$

Jumlah dowtherm yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$m \text{ pendingin} = \frac{Q \text{ pendingin}}{\Delta H}$$

$$m_{\text{pendingin}} = \frac{24.298.592}{3.887,59} = 6.250,299623 \text{ kg/jam}$$

**j. Menentukan Pressure Drop Reaktor**

Digunakan untuk menghitung *pressure drop* dalam *fixed bed reactor* dengan menggunakan tekanan masuk atm dikurangkan tekanan keluar atm, maka nilai *pressure drop* reaktor sebesar 0,0467 atm.

**k. Menentukan Harga Reaktor**

Kami menggunakan fitur estimasi biaya pada Matche untuk memperoleh perkiraan harga awal reaktor berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Dalam proses ini, kami memasukkan beberapa parameter utama, yaitu jenis reaktor yang dipilih adalah jacketed, non-agitated, dengan volume sebesar 2.094,198 gal, material konstruksi carbon steel, serta tekanan operasi atmosferik.

Setelah memasukkan spesifikasi tersebut, website Matche memberikan hasil estimasi harga reaktor pada tahun 2014 sebesar \$16.700 untuk spesifikasi yang serupa. Estimasi ini kemudian menjadi dasar dalam perhitungan eskalasi harga reaktor hingga tahun 2028 dengan mempertimbangkan indeks biaya industri kimia dan faktor inflasi lainnya. Untuk memperkirakan harga reaktor fixed-bed multitube pada tahun 2028, kami menggunakan Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) sebagai acuan inflasi harga peralatan industri.

$$\text{Harga di 2014} = \$16.700$$

CEPCI 2014  $\approx$  445,661

Perhitungan CEPCI 2028 (dengan menggunakan persamaan regresi linier)

$\approx$  498,322

Rumus eskalasi biaya peralatan:

$\text{Harga}_{2028} = \text{Harga}_{2014} (\text{CEPCI}_{2028}/\text{CEPCI}_{2014})$

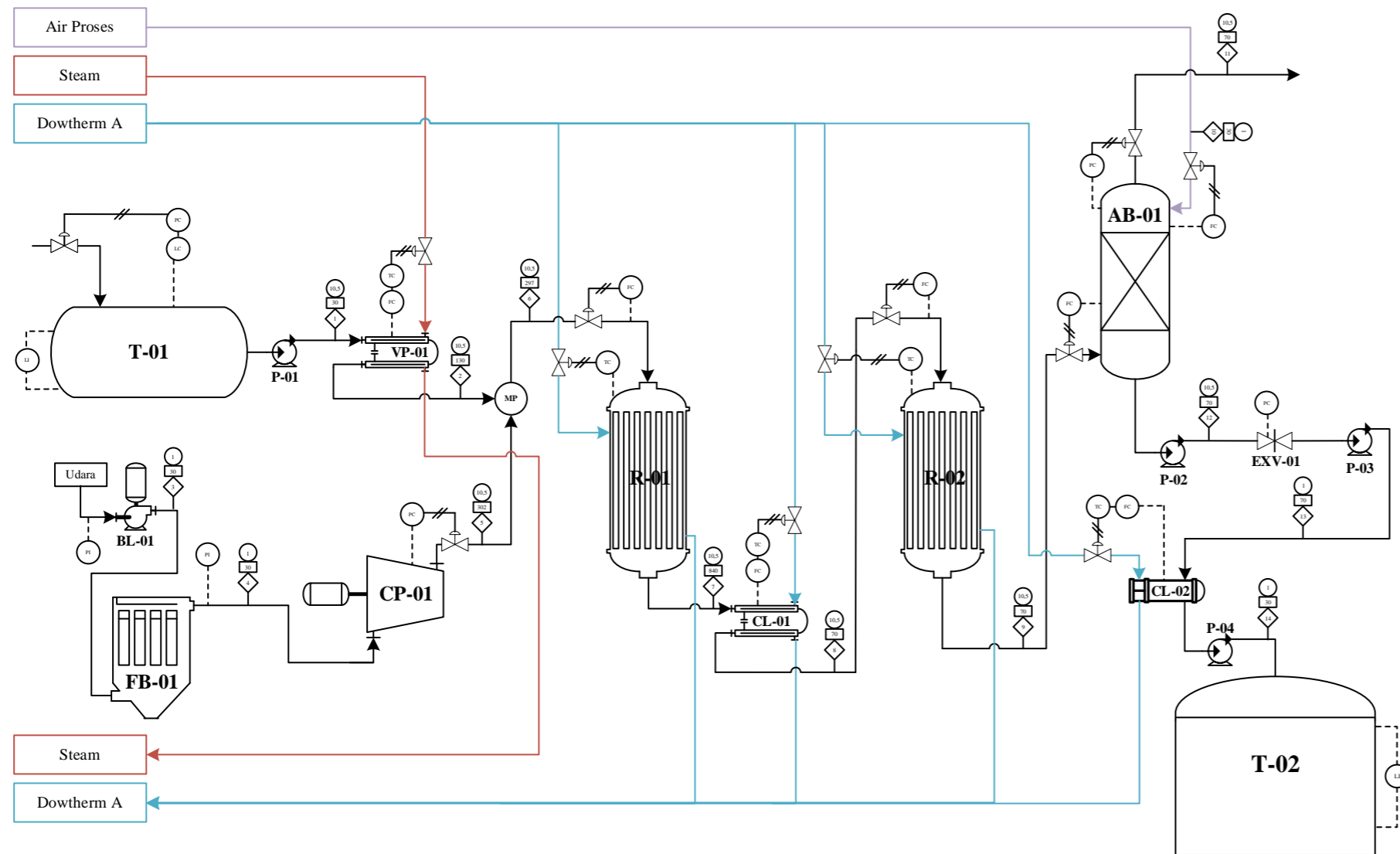
$\text{Harga}_{2028} = 16.700 (498,322/445,661)$

$\text{Harga}_{2028} \approx 18.673,34 \text{ USD}$

Berdasarkan analisis historis, terdapat kecenderungan depresiasi Rupiah terhadap Dolar AS. Berdasarkan data per Juli 2025, kurs dolar AS terhadap rupiah adalah sekitar Rp16.485 per dolar AS. Sehingga, estimasi harga reaktor dalam Rupiah adalah :  $18.673,34 \times 16.580 = \text{Rp}.307.829.937$

**LAMPIRAN B. PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT DARI AMONIA DAN UDARA**  
**DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN SIMBOL	
○	: Tekanan, atm
□	: Suhu, °C
◇	: Nomor Arus
⊗	: Control Valve
≠	: Arus Sinyal Pneumatik
-----	: Arus Sinyal Listrik
→	: Arus Proses
→ (red)	: Arus Steam
→ (blue)	: Arus DOWTHERM-A
→ (purple)	: Arus Air Proses

KETERANGAN ALAT	
AB	: Absorber
BL	: Blower
CP	: Compressor
CL	: Cooler
EXV	: Expansion Valve
FB	: Filter Bag
MP	: Mixing Point
R	: Reaktor
T	: Tangki
VP	: Vaporizer

KETERANGAN INSTRUMEN	
FC	: Flow Control
PC	: Pressure Control
TC	: Temperature Control
LI	: Level Indicator
PI	: Pressure Indicator

Komponen	Nomor Arus													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NH3	2.137,98	2.137,98	-	-	-	2.137,98	-	-	-	-	-	-	-	-
N2	-	-	151.395,10	151.395,10	151.395,10	151.395,10	151.483,14	151.483,14	151.483,14	-	151.483,14	-	-	-
O2	-	-	40.244,27	40.244,27	40.244,27	40.244,27	35.314,34	35.314,34	33.479,21	-	32.607,51	-	-	-
H2O	10,74	10,74	-	-	-	10,74	3.406,35	3.406,35	3.406,35	810,74	-	3.236,44	3.236,44	3.236,44
NO	-	-	-	-	-	-	3.584,26	3.584,26	143,37	-	143,37	-	-	-
NO2	-	-	-	-	-	-	-	-	5.276,02	-	263,80	-	-	-
HNO3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.864,57	6.864,57	6.864,57
<b>TOTAL</b>	<b>1.797,08</b>	<b>1.797,08</b>	<b>160.277,4</b>	<b>160.277,4</b>	<b>160.277,4</b>	<b>162.074,48</b>	<b>162.074,48</b>	<b>162.074,48</b>	<b>162.074,48</b>	<b>2.331,1</b>	<b>154.304,57</b>	<b>10.101,01</b>	<b>10.101,01</b>	<b>10.101,01</b>



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INSUDTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

Dikerjakan oleh:

1. Nashira Berliana Wulansari (21521083)
2. Wyenda Yulista (21521070)

Dosen pembimbing:

1. Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

**LAMPIRAN C. KARTU KONSULTASI BIMBINGAN**

## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Nashira Berliana Wulansari  
No. Mahasiswa 1 : 21521083  
Nama Mahasiswa 2 : Wyenda Yulista  
No. Mahasiswa 2 : 21521070  
Judul Pra rancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Asam Nitrat dari Amonia dan Udara  
Mulai Masa Bimbingan : September 2024  
Selesai Masa Bimbingan : Agustus 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	26 September 2024	Mencari data ekonomi dan tinjauan kinetika reaksi	tyj
2.	5 Oktober 2024	Menghitung kapasitas pabrik serta mencari sifat kimia, fisika, dan keselamatan bahan	tyj tyj
3.	10 Januari 2025	Luaran 1	tyj
4.	14 Januari 2025	Luaran 2 dan luaran 4	tyj tyj
5.	8 Februari 2025	Merancang reaktor	tyj
6.	26 April 2025	Merancang reaktor	tyj tyj
7.	10 Mei 2025	Merancang alat pemisah	tyj
8.	12 Mei 2025	Merancang alat pemisah	tyj tyj
9.	18 Mei 2025	Neraca panas	tyj
10.	17 Juni 2025	Merancang alat transportasi bahan	tyj tyj
11.	3 Juli 2025	Merancang alat penukar panas	tyj
12.	19 Juli 2025	Merancang alat penyimpanan bahan	tyj tyj
13.	30 Juli 2025	Utilitas dan lokasi pabrik	tyj
14.	10 Agustus 2025	Evaluasi ekonomi dan utilitas	tyj
15.	12 Agustus 2025	PEFD	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Pembimbing,

(Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.)