

# **PRA RENCANA PABRIK**

**AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM SULFIT  
DAN NATRIUM KLORIDA DENGAN PROSES KRISTALISASI  
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**DIDIT PRIYATNO**

**07.14.014**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

SECRETARY GENERAL

THE UNITED STATES OF AMERICA  
DEPARTMENT OF COMMERCE  
BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH  
WASHINGTON, D. C.

AMERICAN TRADE DEVELOPMENT  
ACT

1974

1974

1974

1974

AMERICAN TRADE DEVELOPMENT

ACT

1974

1974

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM SULFIT DAN  
NATRIUM KLORIDA DENGAN PROSES KRISTALISASI  
KAPASITAS PRODUKSI 50.000/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR**

**SKRIPSI**

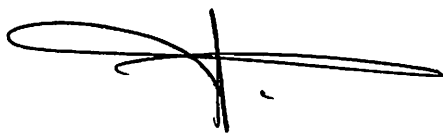
**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda  
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)  
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun Oleh:**

**DIDIT PRIYATNO                      0714014**

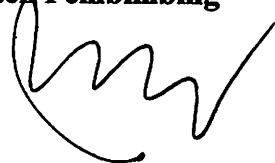
**Malang, 14 Agustus 2012**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Jimmy, ST, MT  
NIP. Y. 1039900330**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing**



**Ir. Harimbi Setyawati, MT  
NIP.196303071992032002**

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


Nama : DIDIT PRIYATNO  
NIM : 0714014  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI  
AMONIUM SULFIT DAN NATRIUM KLORIDA  
DENGAN PROSES KRISTALISASI


Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 28 Juli 2012  
Nilai : B<sup>+</sup>


Ketua,

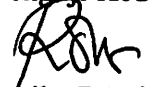
Sekretaris,

  
Jimmy, ST, MT  
NIP Y 1039900330

  
M. Istnaeny Hudha, ST, MT  
NIP Y 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,  
  
Elvianto, ST, MT  
NIP/ NIP Y 1030000351

Penguji Kedua,  
  
Rini Kartika Dewi, ST, MT  
NIP/ NIP Y 1030100370

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DIDIT PRIYATNO  
NIM : 0714014  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**PRA RENCANA PABRIK  
AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM SULFIT DAN NATRIUM KLORIDA  
DENGAN PROSES KRISTALISASI  
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN  
PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR**

adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber lainnya.

Malang, 14 Agustus 2012

Yang membuat pernyataan,



DIDIT PRIYATNO

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ *Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida Dari Ammonium Sulfit dan Natrium Klorida* “ dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.

Dengan terselesainya Skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Nur Cahyono, MT., selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Jimmy, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
4. Ir. Harimbi Setyawati, MT., selaku dosen pembimbing Skripsi .
5. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Penyusun berharap Skripsi ini dapat berguna bagi penyusun secara pribadi maupun pembaca sekalian khususnya di bidang ilmu Teknik Kimia.

Malang, 14 Agustus 2012

**Penyusun**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
ABSTRAKSI .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES .....	II – 1
BAB III NERACA MASSA .....	III – 1
BAB IV NERACA PANAS .....	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	V – 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA .....	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA .....	VII – 1
BAB VIII UTILITAS .....	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....	IX – 1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN .....	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI .....	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN .....	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIXS	
APPENDIKS A .....	APP.A – 1
APPENDIKS B .....	APP.B – 1
APPENDIKS C .....	APP.C – 1
APPENDIKS D .....	APP.D – 1
APPENDIKS E .....	APP.E – 1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 9.1. Peta Kota Cilegon .....	IX - 6
Gambar 9.2. Gambar Tata Pabrik Ammonium Klorida .....	IX - 8
Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik Ammonium Klorida .....	IX - 11
Gambar 10.1. Gambar Struktur Organisasi Pabrik Ammonium Klorida .	X - 8
Gambar 11.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida	XI - 8



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.5.1.	Data Ekspor impor Ammonium Klorida .....	I - 6
Tabel 1.5.2.	Data Kebutuhan Ammonium Klorida .....	I - 7
Tabel 1.5.3.	Prosentase Kebutuhan Ammonium Klorida .....	I - 7
Tabel 2.2.1.	Perbandingan proses produksi Ammonium Klorida .....	II - 4
Tabel 7.1.1.	Instrumentasi Peralatan Pabrik .....	VII - 4
Tabel 7.2.2.1.	Alat Keselamatan Kerja .....	VII - 10
Tabel 10.6.1.	Jadwal Kerja Karyawan Pabrik .....	X - 11
Tabel 10.8.1.	Jabatan dan Tingkatan Pendidikan Tenaga Kerja .....	X - 13
Tabel 10.9.1.	Daftar Gaji Karyawan .....	X - 16
Tabel 11.1.	Cash Flow Untuk NPV Selama 10 Tahun .....	XI - 10
Tabel 11.2.	Cash flow Untuk IRR .....	XI - 11
Tabel E.1.1.	Indeks Harga Tahun 1982-2010 .....	E - 1
Tabel E.1.2.	Peralatan Yang di Desain .....	E - 2
Tabel E.2.1.	Daftar Harga Peralatan Pabrik .....	E - 4
Tabel E.2.2.	Daftar Harga Peralatan Utilitas .....	E - 5
Tabel E.5.1.	Daftar Gaji Pegawai .....	E - 7

## ABSTRAKSI

Ammonium Klorida atau lebih dikenal dengan Sal-Amonia mempunyai rumus kimia  $\text{NH}_4\text{Cl}$  merupakan kristal putih yang mempunyai sifat larut dalam air, gliserol dan sedikit larut dalam alkohol. Secara komersial Ammonium Klorida dipasarkan dengan kemurnian ( 99 – 100 ) %.

Ammonium Klorida sering digunakan sebagai bahan baku dalam industri pupuk, bahan pelapis logam timah dan galvanic, pembersih logam dalam industri soldering dan dalam bidang farmasi.

Bahan baku yang terdiri dari ammonium sulfit dan natrium klorida dilarutkan terlebih dahulu dengan air, setelah itu dipanaskan hingga suhu  $100^\circ\text{C}$ . Larutan ammonium sulfit dan natrium klorida yang telah dipanaskan direaksikan didalam raktor dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm selama 1 jam. Kemudian hasil reaksi yang berupa ammonium klorida dan natrium sulfit dipisahkan dengan menggunakan alat Rotary Drum Vacuum filter. Larutan ammonium klorida yang sudah terpisah dari natrium sulfit dialirkan menuju evaporator untuk mengurangi kandungan airnya, kemudian larutan dipampatkan dan dikristalkan dalam kristalizer untuk pembentukan kristal-kristal ammonium klorida. Kristal yang keluar dari kristalizer menuju centrifuge, kemudian dikeringkan dan diayak sesuai ukuran yang dikehendaki.

Pabrik Ammonium Klorida ini direncanakan berdiri di daerah Citangkil, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten, pada tahun 2015 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berbentuk garis dan staf. Dari hasil perhitungan ekonomi didapatkan  $\text{BEP} = 57,92\%$ ;  $\text{POT} = 2,43$  tahun;  $\text{ROI}_{\text{BT}} = 52\%$ ;  $\text{ROI}_{\text{AT}} = 31\%$ ;  $\text{IRR} = 24,61\%$ ; dan  $\text{TCI} = \text{Rp. } 121.848.333.264,-$

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Amonium klorida atau lebih dikenal dengan sal-amoniac mempunyai rumus kimia  $\text{NH}_4\text{Cl}$  merupakan kristal putih yang mempunyai sifat larut dalam air, gliserol dan sedikit larut dalam alkohol. Secara komersial amonium klorida dipasarkan dengan kemurnian 99 – 100 %.

Penggunaan amonium klorida sangat luas, tidak hanya untuk industri tetapi juga sebagai bahan penunjang dalam beberapa proses. Kegunaan di bidang industri antara lain sebagai bahan baku dalam industri pupuk, industri obat-obatan, dan sebagai bahan baku industri pembuatan baterai kering. Sedangkan kegunaan lainnya adalah sebagai bahan pelapis logam timah dan galvanis, bahan penunjang dalam industri farmasi, pembuatan berbagai senyawa amoniak, elektroplating, bahan pencuci, pembersih logam dalam industri soldering, alat pengasam dalam industri pelapisan seng, serta sebagai bahan untuk memperlambat melelehnya salju. Selain itu, di beberapa negara amonium klorida juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan.

Di Indonesia, amonium klorida yang diproduksi masih sebagai co-product, sehingga sebagian besar kebutuhan masih harus impor. Salah satu pabrik penghasil amonium klorida di Indonesia adalah Petrona Inti Chemindo yang berlokasi di Tangerang. Tetapi terdapat beberapa distributor yang memasarkan produk amonium klorida, hampir semua distributor tersebut mengimpor amonium klorida dari negara China. Impor amonium klorida dalam beberapa tahun ini menunjukkan fluktuasi.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka pendirian pabrik amonium klorida ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan amonium klorida di Indonesia. Selain bertujuan untuk mengurangi jumlah impor amonium klorida itu sendiri, pendirian pabrik ini juga dimaksudkan untuk merangsang industri-industri lain yang menggunakan amonium klorida sebagai bahan baku dan bahan pembantu. Hal ini secara tidak langsung dapat menambah devisa Negara, pemecahan terhadap masalah tenaga kerja dan memperkuat perekonomian Negara.

## 1.2. Sejarah Amonium Klorida di Indonesia

Beberapa bentuk komersial yang dipasarkan, tergantung pada tujuan penggunaannya. Saat ini terdapat dua proses penting yang dapat dilakukan dalam skala besar, kedua proses tersebut adalah *Double Decomposition* dan *Direct Neutralization* (Netralisasi Langsung).

Proses *Double Decomposition* ini berdasarkan reaksi antara natrium klorida dengan garam amonium. Yang termasuk dalam proses ini terdapat tiga macam, yaitu proses soda - amonia, proses amonium sulfat - natrium klorida dan proses amonium sulfit - natrium klorida.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

Proses soda - amonia juga disebut proses Solvay, metode modern dalam pembuatan natrium karbonat atau yang juga dikenal sebagai soda abu. Proses ini dirancang dan dikomersialkan pertama kali oleh Ernest Solvay, yang membangun pabrik pada tahun 1865 di Couillet, Belgia. Kemudian pada tahun 1870-an dikembangkan oleh ahli kimia Inggris kelahiran Jerman, Ludwig Mond.

Dalam proses soda - amonia, pada kondisi terkontrol natrium klorida ditambahkan dengan amonia dan karbon dioksida yang menghasilkan natrium bikarbonat dan amonium klorida. Beberapa tahun setelah diperkenalkan, proses soda-amonia menghadapi persaingan yang ketat dari proses Leblanc yang lebih tua, tetapi pada akhirnya proses soda - ammonia menang karena menghasilkan soda abu lebih murah.

(<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/20997/ammonia-soda-process>)

Proses amonium sulfat – natrium klorida, amonium sulfat banyak tersedia dan sering digunakan dalam pembuatan amonium klorida pada proses *Double Decomposition* dengan natrium klorida.

Proses amonium sulfit – natrium klorida, pabrik besar yang berada di Kanada telah menghasilkan amonium klorida dengan reaksi/ proses ini. Sebenarnya pada pabrik ini tidak mereaksikan amonium sulfit dan natrium klorida, tetapi natrium klorida direaksikan dengan sulfur dioksida dan amonia.

Pada proses *Direct Neutralization*, metode logis untuk pembuatan amonium klorida adalah menetralkan asam klorida dengan amonia. Karena alasan ekonomi, lebih

banyak pabrik menggunakan proses *Double Decomposition*, karena ketersediaan dari produk samping garam amonium itu sendiri.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

### 1.3. Kegunaan Amonium Klorida

Beberapa kegunaan amonium klorida adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sumber nitrogen dalam beberapa macam pupuk  
Misalnya, kloroamonium fosfat yang hasil panen utamanya adalah beras dan gandum di Asia
2. Pembuatan petasan, sebagai salah satu bahan di dalam petasan
3. Pelapis dalam industri logam timah dan galvani
4. Pembersih logam dalam industri soldering
5. Dalam bidang farmasi digunakan sebagai *expectorant* (untuk mengeluarkan dahak) dalam obat batuk
6. Di beberapa negara-negara, amonium klorida yang juga dikenal sebagai sal-amoniac, digunakan sebagai bahan tambahan makanan (E number: 510)
7. Di laboratorium, larutan amonium klorida dengan amonia digunakan sebagai larutan buffer
8. Digunakan di dalam industri tekstil dan kulit, untuk pencelupan, penyamakan dan pencetakan tekstil.

### 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

#### A. Bahan Baku

##### 1. Amonium Sulfit

Kemurnian amonium sulfit yang digunakan adalah 90%, dengan komposisi sebagai berikut :

Komponen	Komposisi ( % )
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	90
$\text{NH}_4\text{HSO}_3$	5
$\text{NH}_4\text{HSO}_4$	0,5
$\text{H}_2\text{O}$	4,5
<b>Total</b>	<b>100</b>

- Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$
Berat molekul	: 116.14 g/mol
Titik leleh	: 60 °C
Titik didih	: 150 °C
Berat jenis	: 1.41 (Air = 1)
Kondisi fisik	: Kristal dan berwarna putih
Bau	: Tidak berbau

- Sifat-sifat kimia

- Berbahaya untuk mata dan kulit
- Penambahan NaCl pada  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  akan membentuk  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$

([http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/AM/ammonium\\_sulphite.html](http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/AM/ammonium_sulphite.html))

## 2. Natrium Klorida

Kemurnian Natrium klorida yang digunakan adalah 99% dengan komposisi sebagai berikut :

Komponen	Komposisi ( % )
NaCl	99
MgCl <sub>2</sub>	0,14
CaCl <sub>2</sub>	0,07
MgSO <sub>4</sub>	0,05
H <sub>2</sub> O	0,74
<b>Total</b>	<b>100</b>

- Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: NaCl
Berat molekul	: 58.44 g/mol
Titik leleh	: 801 °C
Titik didih	: 1461 °C
Berat jenis	: 2.165 (Air = 1)
Tekanan uap	: 1 mm Hg (865 °C)
Kondisi fisik	: Kristal dan berwarna putih
Bau	: Tidak berbau

- Sifat-sifat kimia

- Tidak dapat terbakar
- Larut dalam air, gliserol, dan sedikit dalam alcohol
- Bersifat higroskopis

(Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7<sup>th</sup> edition, 1987)

### Air (bahan baku pembantu)

- Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: H <sub>2</sub> O
Berat molekul	: 18 g/mol
Titik didih	: 100,0 °C
Titik leleh	: 0,00 °C
Densitas (25 °C)	: 0,99708 g/mL
Viskositas (25 °C)	: 0,2838 Kg/mL
Kondisi fisik	: Merupakan larutan jernih tidak berwarna



- Sifat-sifat kimia

- pH : 7,0
- Merupakan larutan yang bersifat melarutkan

(Kirk-Othmer, 3<sup>th</sup> edition, Vol 24, 1978)

### B. Sifat Produk

#### 1. Amonium Klorida

- Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: NH <sub>4</sub> Cl
Berat molekul	: 53,5 g/mol
Titik leleh	: 328 °C
Titik didih	: 520 °C
Berat jenis	: 1,53 (Air = 1)
Kelarutan dalam air	: 29,4 g/100 mL (0 °C) 77,3 g/100 mL (100 °C)
Kondisi fisik	: Kristal dan berwarna putih
Bau	: Tidak berbau

- Sifat kimia
  - Bersifat higroskopis
  - Termasuk pengoksidasi yang kuat

(Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7<sup>th</sup> edition, 1987)

## 2. Natrium Sulfit

- Sifat-sifat fisika

Rumus kimia	: $\text{Na}_2\text{SO}_3$
Berat molekul	: 142,05 g/mol
Titik leleh	: 884 °C
Berat jenis	: 2.165 (Air = 1)
Kelarutan dalam air	: 27 g/100 mL (20°C)
Bau	: Tidak berbau
Rasa	: Pahit keasinan

- Sifat kimia
  - Larut dalam air dan gliserol
  - Tidak larut dalam alkohol
  - Tidak dapat terbakar

(Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7<sup>th</sup> edition, 1987)

## 1.5. Perkiraan Kapasitas Produksi

Untuk mendirikan Pabrik Amonium Klorida pada tahun 2015 diperlukan data lengkap tentang nilai import amonium klorida.

Tabel 1.5.1 Data Ekspor-Import Amonium Klorida di Indonesia

Tahun	Ekspor (Kg/tahun)	Impor (Kg/tahun)	Produksi (Kg/tahun)
2006	258.731.546	41.832.268	425.000.000
2007	327.172.270	41.904.433	425.000.000
2008	342.773.530	44.967.791	425.000.000
2009	355.053.970	49.332.171	475.000.000
2010	378.999.101	45.677.203	475.000.000
2011	398.846.798	55.350.501	450.000.000

*Biro Pusat Statistik, Departemen Perindustrian*



Dari tabel 1.5.1 dapat diproyeksikan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan pada tahun 2015

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana :

$M_1$  = Jumlah impor (Kg)

$M_2$  = Jumlah produksi (Kg)

$M_3$  = Kapasitas produksi (ton/tahun)

$M_4$  = Jumlah ekspor (Kg)

$M_5$  = Jumlah konsumsi (Kg)

P = Data besarnya impor, ekspor, produksi dan konsumsi pada tahun 2011

i = Rata-rata kenaikan impor, ekspor, produksi dan konsumsi tiap tahun

n = Selisih tahun 2011 dan 2015 (4 tahun)

Tabel 1.5.2 Data Kebutuhan Amonium Klorida di Indonesia tahun 2006 - 2011

Tahun	Ekspor (Kg/tahun)	Impor (Kg/tahun)	Produksi (Kg/tahun)	Konsumsi (Kg/tahun)
2006	258.731.546	41.832.268	425.000.000	208.100.722
2007	327.172.270	41.904.433	425.000.000	139.732.163
2008	342.773.530	44.967.791	425.000.000	127.194.261
2009	355.053.970	49.332.171	475.000.000	169.278.201
2010	378.999.101	45.677.203	475.000.000	141.678.102
2011	398.846.798	55.350.501	450.000.000	106.503.703
<b>Rata-rata</b>	<b>343.596.203</b>	<b>46.510.728</b>	<b>445.833.333</b>	<b>148.747.859</b>

Tabel 1.5.3 Prosentase Kebutuhan Amonium Klorida di Indonesia tahun 2006 - 2011

Tahun	Ekspor (%)	Impor (%)	Produksi (%)	Konsumsi (%)
2006	—	—	—	—
2007	20,92	0,17	0,00	-48,93
2008	4,55	6,81	0,00	-9,86
2009	3,46	8,85	10,53	24,86
2010	6,32	-8,00	0,00	-19,48
2011	4,98	17,48	-5,56	-33,03
<b>Rata-rata</b>	<b>6,70</b>	<b>4,22</b>	<b>0,83</b>	<b>-14,41</b>

- Untuk kenaikan rata-rata impor 4,22 % maka perkiraan impor amonium klorida pada tahun 2015 adalah :

$$\begin{aligned} M_1 &= P (1 + i)^n \\ &= 55.350.501 (1 + 0,0422)^4 \\ &= 65.296.131 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Untuk kenaikan rata-rata produksi 0,83 % maka perkiraan produksi amonium klorida pada tahun 2015 adalah :

$$\begin{aligned} M_2 &= P (1 + i)^n \\ &= 450.000.000 (1 + 0,0083)^4 \\ &= 465.098.620 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Untuk kenaikan rata-rata ekspor 6,70 % maka perkiraan ekspor amonium klorida pada tahun 2015 adalah :

$$\begin{aligned} M_4 &= P (1 + i)^n \\ &= 398.846.798 (1 + 0,0670)^4 \\ &= 517.043.600 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Untuk kenaikan rata-rata konsumsi -14,41 % maka perkiraan konsumsi amonium klorida pada tahun 2015 adalah :

$$\begin{aligned} M_5 &= P (1 + i)^n \\ &= 106.503.703 (1 - 0,14,41)^4 \\ &= 57.167.776 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Sehingga kapasitas pabrik amonium klorida yang mungkin didirikan pada tahun 2015 adalah :

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 + M_3 &= M_4 + M_5 \\ M_3 &= (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \\ &= (517.043.600 + 57.167.776) - (65.296.131 + 465.098.620) \\ &= 43.816.625 \text{ Kg} \\ M_3 &= 43.817 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari peluang kapasitas di atas disesuaikan dengan orientasi penetapan kapasitas karena pabrik amonium klorida tergantung bahan baku maka ditetapkan kapasitas pabrik baru amonium klorida yaitu 50.000 ton/tahun.

## BAB II

### SELEKSI PROSES DAN URAIAN PROSES

Terdapat beberapa macam proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk amonium klorida, untuk itu seleksi proses sangat diperlukan untuk mendapatkan produk yang paling optimal dan juga penggunaan proses yang efektif dan efisien. Untuk menghasilkan produk amonium klorida lebih baik menggunakan metode *Double Decomposition*.

#### 2.1. Macam – Macam Proses

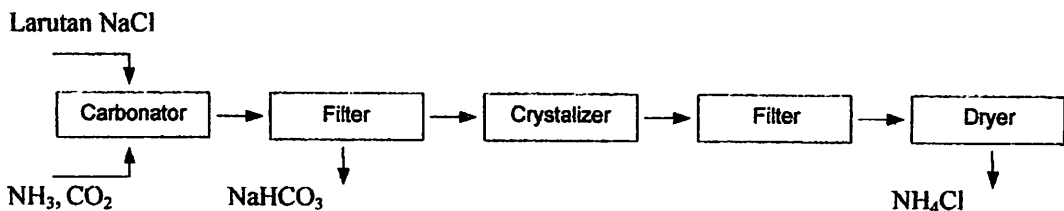
Terdapat beberapa macam cara dalam proses pembuatan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , yaitu:

1. Metode *Double-Decomposition*
  - A. Proses Soda – Amonia
  - B. Proses Amonium Sulfat – Natrium Klorida
  - C. Proses Amonium Sulfit – Natrium Klorida
2. *Direct Neutralization* : Proses  $\text{NH}_3 - \text{HCl}$

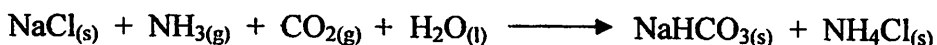
##### 2.1.1. Metode *Double-Decomposition*

Semua tipe dari proses ini adalah berdasarkan reaksi antara natrium klorida (sumber klorin yang paling murah) dengan garam amonium.

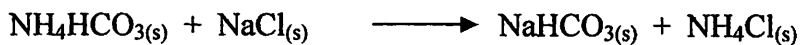
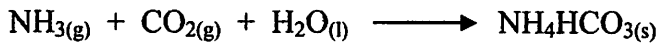
##### A. Proses Soda – Amonia



Dalam proses amonia-soda atau proses Solvay dihasilkan produk samping yaitu amonium klorida, produk utama dari proses ini adalah natrium karbonat. Metode ini terdiri dari reaksi amonia, karbon dioksida dan natrium klorida, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut ini:



Alternatif dari reaksi di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

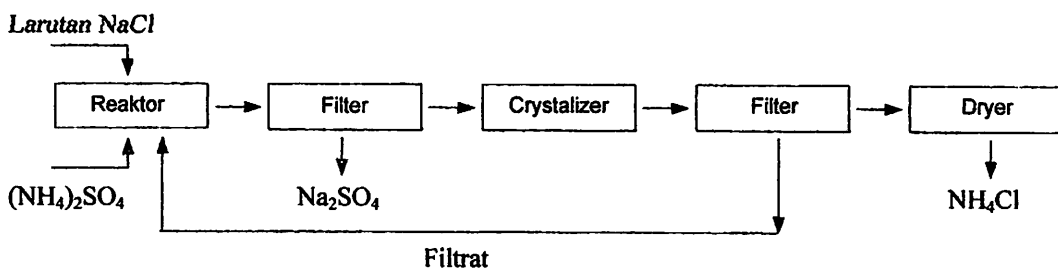


Natrium bikarbonat mengendap dari larutan dan dipisahkan dengan filtrasi. Amonium klorida diambil dari filtrat dengan cara kristalisasi, kemudian dilakukan pencucian dan pengeringan. Pada proses ini dimana amonium klorida sebagai produk samping, tingginya tingkat kristalisasi tergantung dari permintaan natrium karbonat dan amonium klorida. Sebagai pertimbangan ekonomi, sebagian dari amonia juga dapat dihasilkan dari penyulingan dengan kapur dan dikembalikan ke proses amoniasi. Amonium klorida juga diperoleh dalam proses ini dari cairan (liquor) kalsium klorida.

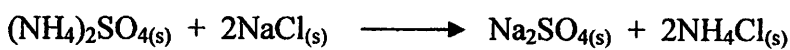
Pada proses ini, natrium karbonat sebagai produk akhir didapat dari perlakuan dengan amonia dan karbon dioksida. Kalsium karbonat dapat dihilangkan dengan filtrasi sedangkan amonium klorida tetap dalam larutan.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

## B. Proses Amonium Sulfat – Natrium Klorida



Ketersediaan amonium sulfat sangat banyak dan sering digunakan dalam pembuatan amonium klorida pada proses Double Decomposition dengan natrium klorida. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:

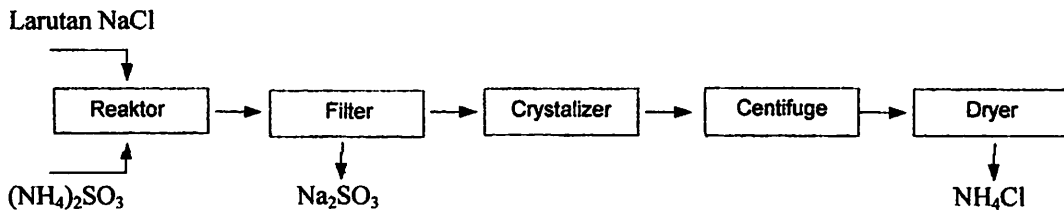


Proses ini diawali dengan melarutkan amonium sulfat dan natrium klorida, natrium klorida yang digunakan sekitar 5% berlebih. Campuran ini dijaga temperaturnya agar tetap panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi agar tidak terbentuk endapan dari  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  karena kelarutannya yang rendah. Karena campuran ini berbentuk pasta, selama proses berlangsung suhu harus tetap panas untuk menghindari terbentuknya kerak. Kemudian  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yg berupa *cake* dicuci secara agar terbebas dari amonium klorida, filtrat amonium klorida masuk ke dalam tangki kristalisasi. Tangki

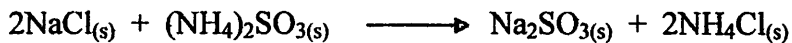
yang digunakan harus tahan terhadap asam atau mungkin yang berlapis timah. Kristal amonium klorida dicuci dengan air agar bebas dari  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kemudian dikeringkan. Sehingga diperoleh produk amonium klorida dengan kemurnian yang tinggi.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

### C. Proses Amonium Sulfit – Natrium Klorida



Sebuah pabrik di Kanada telah menghasilkan amonium klorida dengan menggunakan reaksi amonium sulfit dan natrium klorida. Sebenarnya di pabrik ini tidak menggunakan amonium sulfit langsung, tetapi natrium klorida direaksikan dengan sulfur dioksida dan amonia. Reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu:

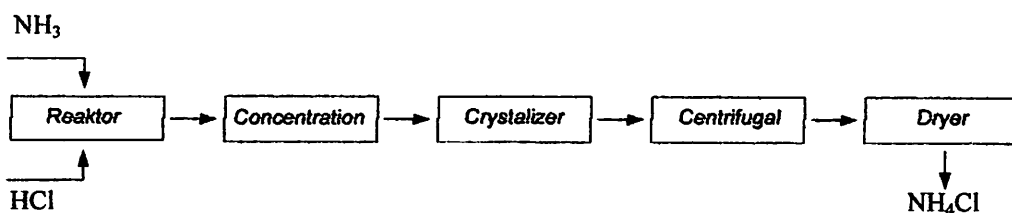


Proses ini mungkin memiliki keuntungan dimana bahan baku yang diperlukan sudah tersedia dan sangat mudah didapatkan.

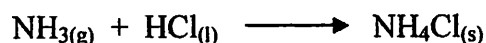
Prosedur pada proses ini adalah dengan menambahkan amonia dan sulfur dioksida secara bersamaan ke dalam larutan garam, sedikit excess sulfur dioksida. Reaksi dibiarkan mencapai kesetimbangan pada suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$  ketika natrium sulfit mengendap. Kemudian natrium sulfit dicentrifugasi, dicuci dengan air lalu dikeringkan, dan *mother liquor* amonium klorida masuk ke tangki kristalisasi.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang terbentuk dicuci dan dikeringkan, akhirnya diperoleh produk yang sangat murni dengan kemurnian (yang telah dianalisa) lebih dari 99%.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

#### 2.1.2. Direct Neutralization : Proses $\text{NH}_3$ – $\text{HCl}$



Metode yang paling logis untuk menghasilkan amonium klorida adalah proses netralisasi asam klorida dengan amonia. Tetapi untuk alasan ekonomi, lebih banyak menggunakan proses Double Decomposition karena ketersediaan dari produk sampingnya. Reaksi yang terjadi dalam produksi langsung dari amonium klorida ditunjukkan seperti di bawah ini:



Proses langsung lebih ekonomis dikarenakan kelebihan asam klorida yang tersedia. Reaksi yang terjadi sangat eksotermis, panas dari reaksi digunakan untuk menghilangkan kandungan airnya. Kristalizer yang digunakan batch atau kontinyu, untuk lingkungan yang korosif menggunakan bahan *non-metallics* atau bahan baja yang sesuai.

(Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 2)

## 2.2. Seleksi Proses Pembuatan Amonium Klorida

Untuk memilih proses manakah yang akan dipakai, perlu dilakukan seleksi proses agar mendapatkan proses pembuatan amonium klorida yang efektif dan efisien. Seleksi proses yang dilakukan adalah melakukan studi perbandingan dari keempat macam proses yang ada, aspek studi meliputi aspek teknis maupun aspek ekonomis.

Tabel 2.2.1 Perbandingan proses produksi Amonium Klorida.

Deskripsi	Macam Proses			
	Soda + Amonia	Amonium Sulfat + Natrium Klorida	Amonium Sulfit + Natrium Klorida	Amonia + Asam Klorida
Bahan Baku	Amonia, CO <sub>2</sub> , NaCl	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , NaCl	Amonia, HCl
Suhu Operasi	-	100°C	100°C	-
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Kemurnian (%)	-	95%	99%	-
Investasi	Tinggi	129 M	125 M	Tinggi

Dari tabel perbandingan diatas, maka telah ditentukan proses yang akan dipilih dalam pembuatan amonium klorida. Proses yang dipilih adalah proses amonium sulfit dan natrium klorida.

Pertimbangan dari proses yang dipilih tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku cukup banyak tersedia dan mudah didapat
2. Pada proses pemurnian, proses amonium sulfit dan natrium klorida lebih sederhana dibandingkan proses lainnya
3. Kemurnian produk sangat tinggi, mencapai 99%
4. Dibandingkan dengan proses lainnya, investasi pada proses amonium sulfit dan natrium klorida relatif lebih kecil.

### **2.3. Uraian Proses Terpilih**

Pada proses pembuatan amonium klorida dari amonium sulfit dan natrium klorida ini, terdiri atas lima tahapan utama:

1. Persiapan bahan baku.
2. Reaksi pembentukan produk.
3. Proses pemisahan amonium klorida.
4. Proses pemurnian amonium klorida.
5. Penanganan produk

#### **2.3.1. Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku Amonium Sulfit dengan kemurnian 90% dari gudang bahan baku (F-111A) dimasukkan bin penampung (F-113A) dengan menggunakan belt conveyor (J-112A). Dari bin penampung ini Amonium Sulfit dimasukkan ke dalam tangki pelarut (M-114A) dan dilarutkan dengan menambahkan air proses, konsentrasi Amonium Sufit dalam larutan yang dihasilkan adalah 53%. Dengan bantuan pompa centrifugal (L-115A) larutan Amonium Sulfit dialirkan menuju heater (E-116A) untuk dilakukan proses pemanasan. Di dalam heater ini larutan dipanaskan dari suhu 30 °C sampai suhu 100 °C, pemanas yang digunakan adalah steam dengan suhu 120 °C.

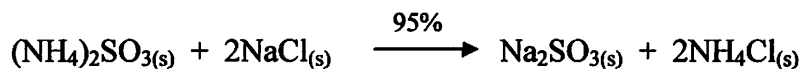
Bahan baku yang lain adalah Natrium Klorida dengan kemurnian 99%, dari gudang bahan baku (F-111B) Natrium Klorida tersebut dimasukkan dalam bin penampung (F-113B) dengan menggunakan belt conveyor (J-112B). Dari bin penampung ini, Natrium Klorida juga dimasukkan ke dalam tangki pelarut (M-114B).

Di dalam tangki pelarut, Natrium Klorida dilarutkan dengan menggunakan air proses sehingga konsentrasi Natrium Klorida di dalam larutan yang dihasilkan adalah 26%. Larutan Natrium Klorida tersebut kemudian dialirkan menuju heater (E-116B) dengan bantuan pompa centrifugal (L-115B). Di dalam heater ini larutan Natrium Klorida juga mengalami pemanasan dari suhu 30 °C sampai suhu 100 °C, pemanas yang digunakan adalah steam dengan suhu 120 °C.

### 2.3.2. Reaksi Pembentukan Produk

Larutan Amonium Sulfit dan Natrium Klorida yang sudah melalui proses pemanasan sampai suhu 100 °C dimasukkan ke dalam reaktor (R-110), reaktor beroperasi secara mixed.

Reaksi di dalam reaktor sesuai dengan persamaan reaksi di bawah ini :



Tekanan operasi di dalam Reaktor adalah 1 atm. Sedangkan suhu larutan di dalam reaktor dijaga konstan pada 100 °C, untuk penstabil suhu digunakan coil pemanas.

### 2.3.3. Proses Pemisahan Amonium Klorida

Keluar dari reaktor didapatkan hasil reaksi yaitu Natrium Sulfit dan Amonium Klorida yang berupa *slurry*, dengan menggunakan pompa Centrifugal (L-121), *slurry* tersebut dialirkan menuju Rotary Drum Vacuum Filter (H-122) untuk memisahkan Natrium Sulfit sebagai cake dan larutan Amonium Klorida sebagai filtratnya. Filtrat tersebut dialirkan menuju Evaporator (V-120A) dengan bantuan pompa Centrifugal (L-123). Karena air yang diuapkan dalam jumlah yang banyak, yaitu 73% dari kandungan air pada filtrat Amonium Klorida maka proses evaporasi dilakukan dalam dua buah evaporator (V-120A dan V-120B). Konsentrasi Amonium Klorida dalam larutan sebelum masuk Evaporator adalah 19% dan diharapkan konsentrasi Amonium Klorida setelah melalui proses Evaporasi adalah 70%. Untuk membuat kondisi vacum pada evaporator digunakan jet ejector (G-125), sedangkan uap yang keluar dari evaporator (V-120B) diembunkan dalam barometrik kondensor (E-124) dengan menggunakan air pendingin. Prinsip kerja di dalam evaporator ini terdapat suatu kolom zat cair dimana umpan masuk akan bercampur dengan zat cair di dalam kolam. Sedangkan kondisi operasi di dalam evaporator pada suhu 70°C dan tekanan 0,8 atm. Cake Natrium Sulfit hasil pemisahan dari RDVF dialirkan sebagai produk samping.



(L-131). Di dalam kristalizer tersebut terjadi proses pembentukan kristal Amonium Klorida. Suhu larutan Amonium Klorida masuk Kristalizer adalah 104 °C, dan didinginkan secara tiba-tiba menggunakan air pendingin dengan suhu 30 °C. Suhu kristal Amonium Klorida keluar dari Kristalizer adalah 40 °C.

#### **2.3.4. Pemurnian Produk Amonium Klorida**

Untuk memisahkan kristal Amonium Klorida dari larutan sisa, kristal Amonium Klorida yang dihasilkan oleh kristalizer dimasukkan ke dalam Centrifuge (H-132). Di dalam Centrifuge, bahan diputar secara centrifugal sehingga kristal Amonium Klorida terpisah dari larutan sisa. Produk utama berupa kristal Amonium Klorida yang sudah terbebas dari larutan sisa dilewatkan pada screw conveyor (J-133) dan dimasukkan dalam rotary dryer (B-140) untuk mengurangi kandungannya. Larutan sisa dari centrifuge dialirkan menuju waste treatment.

Di dalam rotary dryer, media pemanas yang digunakan berupa udara kering dengan suhu 100 °C yang dikontakkan secara langsung pada kristal. Udara kering ini disuplai oleh blower (G-142) yang menarik udara yang sudah melewati filter udara (H-141). Sebelum digunakan sebagai media pemanas, udara kering tersebut dipanaskan dalam heater udara (E-143) dari suhu 30 °C menjadi suhu 100 °C, untuk memanaskan udara digunakan steam dengan suhu 120 °C.

Pada proses pengeringan dalam rotary dryer ini, terdapat sebagian kecil kristal Amonium Klorida yang terikut udara kering keluar. Untuk memisahkan kristal Amonium Klorida tersebut digunakan cyclone (H-145), dengan bantuan blower (G-144) untuk menarik udara kering sehingga kristal yang terikut dapat dikembalikan ke aliran produk menuju belt conveyor (J-146). Produk utama kristal Amonium Klorida yang keluar dari rotary dryer dilewatkan pada belt conveyor (J-146) menuju bin penampung produk (F-147).

#### **2.3.5. Penanganan Produk**

Produk kristal Amonium Klorida ditampung sementara dalam bin penampung produk (F-147) untuk selanjutnya dilakukan proses pengemasan (P-148) menggunakan kantong plastik 50 kg. Setelah melalui proses pengemasan, produk kristal Amonium Klorida kemudian dibawa menuju gudang penyimpanan produk (F-149).

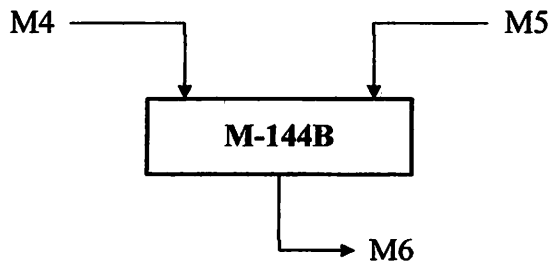


**Neraca Massa Total pada Tangki Pelarut (M-114A)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M1 > dari gudang bahan baku (F-111A)		< M3 > menuju Reaktor (R-110)	
Komponen	<i>kg/jam</i>	Komponen	<i>kg/jam</i>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	7911,9411	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	7911,9411
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	439,5523	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	439,5523
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	43,9552	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	43,9552
H <sub>2</sub> O	395,5971	H <sub>2</sub> O	6514,0865
	<i>8791,0457</i>		
< M2 > dari Water Process			
Komponen	<i>kg/jam</i>		
H <sub>2</sub> O	6118,4895		
	<i>6118,4895</i>		
<b>Total</b>	<b>14909,5352</b>	<b>Total</b>	<b>14909,5352</b>

**3.2. Tangki Pelarut (M-114B)**

Fungsi : Untuk melarutkan NaCl dari konsentrasi 99% menjadi larutan NaCl dengan konsentrasi 26%.



Neraca massa di M-114B

$$M4 + M5 = M6$$

Keterangan :

M4 = Massa NaCl dari Gudang bahan baku (F-111B)

M5 = Massa H<sub>2</sub>O dari Water Process

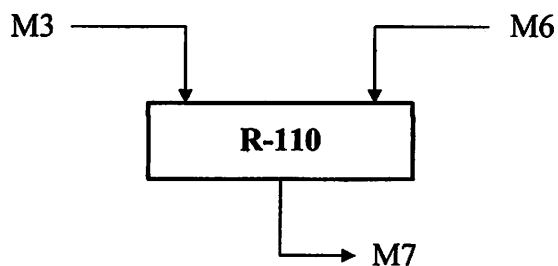
M6 = Massa larutan NaCl yang terbentuk

**Neraca Massa Total pada Tangki Pelarut (M-114B)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M4 > dari Gudang bahan baku (F-111B)		< M6 > menuju Reaktor (R-110)	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
NaCl	7962,7222	NaCl	7962,7222
MgCl <sub>2</sub>	11,3312	MgCl <sub>2</sub>	11,3312
CaCl <sub>2</sub>	5,9734	CaCl <sub>2</sub>	5,9734
MgSO <sub>4</sub>	3,9299	MgSO <sub>4</sub>	3,9299
H <sub>2</sub> O	59,1971	H <sub>2</sub> O	22216,6454
	8043,1537		
< M5 > dari Water Process			
Komponen	kg/jam		
H <sub>2</sub> O	22157,4483		
	22157,4483		
<b>Total</b>	<b>30200,6020</b>	<b>Total</b>	<b>30200,6020</b>

### 3.3. Reaktor (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> dengan larutan NaCl



Neraca massa di R-110

$$M3 + M6 = M7$$

Keterangan :

M3 = Massa larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> dari Tangki Pelarut (M-114A)

M6 = Massa larutan NaCl dari Tangki Pelarut (M-114B)

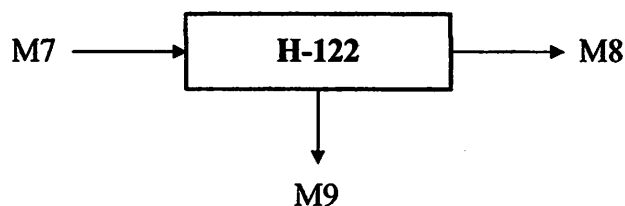
M7 = Massa total hasil reaksi yang terbentuk

**Neraca Massa Total pada Reaktor (R-110)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
<M3> dari tangki pelarut (M-114A)		< M7 > menuju RDVF (H-122)	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	7911,9411	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	395,5971
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	439,5523	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	439,5523
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	43,9552	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	43,9552
H <sub>2</sub> O	6514,0865	NaCl	398,1361
	14909,5352	MgCl <sub>2</sub>	11,3312
<M6> dari tangki pelarut (M-144B)		CaCl <sub>2</sub>	5,9734
Komponen	kg/jam	MgSO <sub>4</sub>	3,9299
NaCl	7962,7222	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	8157,2208
MgCl <sub>2</sub>	11,3312	NH <sub>4</sub> Cl	6923,7094
CaCl <sub>2</sub>	5,9734	H <sub>2</sub> O	28730,7319
MgSO <sub>4</sub>	3,9299		
H <sub>2</sub> O	22216,6454		
	30200,6020		
<b>Total</b>	<b>45110,1372</b>	<b>Total</b>	<b>45110,1372</b>

**3.4. Rotary Drum Vacuum Filter (H-122)**

Fungsi : Untuk memisahkan hasil reaksi, hasil pemisahan berupa filtrat yang akan diumpankan ke Evaporator dan cake sebagai Waste



Neraca massa di H-122

$$M7 = M8 + M9$$

Keterangan :

M7 = Massa hasil reaksi dalam Reaktor

M8 = Massa cake yang dibuang (waste)

M9 = Massa filtrat hasil pemisahan, menuju Evaporator

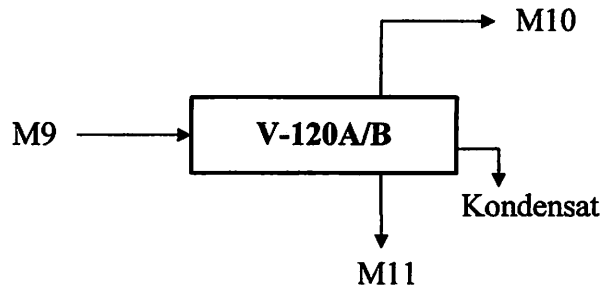
**Neraca Massa Total pada RDVF (H-122)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M7 > dari Reaktor (R-110)		< M8 > keluar sebagai Cake	
Komponen	<i>kg/jam</i>	Komponen	<i>kg/jam</i>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	395,5971	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	19,7799
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	439,5523	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	21,9776
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	43,9552	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,1978
NaCl	398,1361	NaCl	19,9068
MgCl <sub>2</sub>	11,3312	MgCl <sub>2</sub>	0,5666
CaCl <sub>2</sub>	5,9734	CaCl <sub>2</sub>	0,2987
MgSO <sub>4</sub>	3,9299	MgSO <sub>4</sub>	0,1965
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	8157,2208	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	8157,2208
NH <sub>4</sub> Cl	6923,7094	NH <sub>4</sub> Cl	346,1855
H <sub>2</sub> O	28730,7319	H <sub>2</sub> O	1436,5366
		10004,8666	
		< M9 > ke Evaporator (V-120A)	
		Komponen	<i>kg/jam</i>
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	375,8172
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	417,5747
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	41,7575
		NaCl	378,2293
		MgCl <sub>2</sub>	10,7646
		CaCl <sub>2</sub>	5,6747
		MgSO <sub>4</sub>	3,7334
		NH <sub>4</sub> Cl	6577,5239
		H <sub>2</sub> O	27294,1953
		35105,2706	
Total	45110,1372	Total	45110,1372

PERPUSTAKAAB  
ITN MALANG

### 3.5. Evaporator (V-120A/B)

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air pada filtrat yang keluar dari RDVF



Neraca massa di V-120A/B

$$M9 = M10 + M11 + \text{Kondensat}$$

Keterangan :

M9 = Massa filtrat hasil pemisahan dari RDVF

M10 = Massa uap yang keluar Evaporator

M11 = Massa filtrat yang telah diuapkan kandungannya, menuju Kristalizer

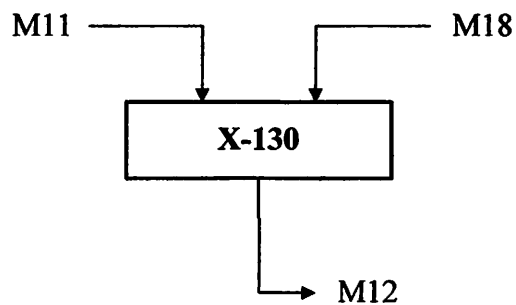
#### Neraca Massa Total pada Evaporator (V-120A/B)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M9 > dari RDVF (H-122)		< M11 > menuju Kristalizer (X-130)	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	375,8172	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	375,8172
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	417,5747	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	417,5747
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	41,7575	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	41,7575
NaCl	378,2293	NaCl	378,2293
MgCl <sub>2</sub>	10,7646	MgCl <sub>2</sub>	10,7646
CaCl <sub>2</sub>	5,6747	CaCl <sub>2</sub>	5,6747
MgSO <sub>4</sub>	3,7334	MgSO <sub>4</sub>	3,7334
NH <sub>4</sub> Cl	6577,5239	NH <sub>4</sub> Cl	6577,5239
H <sub>2</sub> O	27294,1953	H <sub>2</sub> O	1585,3874
			9396,4627

		< M10 > keluar sebagai Uap	
		Komponen	<i>kg/jam</i>
		H <sub>2</sub> O uap	12854,4040
			<i>12854,4040</i>
		Kondensat	
		Komponen	<i>kg/jam</i>
		H <sub>2</sub> O uap	12854,4040
			<i>12854,4040</i>
Total	35105,2706	Total	35105,2706

### 3.6. Kristalizer (X-130)

Fungsi : Untuk mengkristalkan produk NH<sub>4</sub>Cl yang keluar dari Evaporator



Neraca massa di X-130

$$M11 + M18 = M12$$

Keterangan :

M11 = Massa umpan yang keluar dari Evaporator

M18 = Massa kristal yang di-recycle dari Screen

M12 = Massa kristal yang terbentuk, menuju Centrifuge

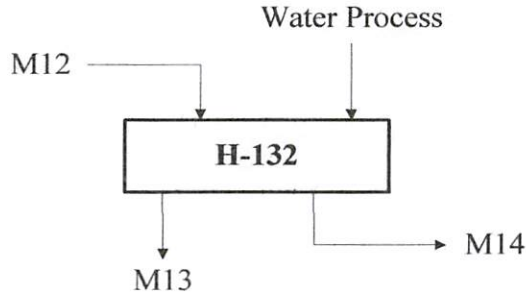


**Neraca Massa Total pada Kristalizer (X-130)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar		
<M11> dari Evaporator (V-120B)		<M12> menuju Centrifuge (H-132)		
Komponen	<i>kg/jam</i>	Komponen	<i>kg/jam</i>	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	375,8172	Kristal	6576,9390	
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	417,5747	NH <sub>4</sub> Cl		
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	41,7575			
NaCl	378,2293	Larutan sisa	375,8172	
MgCl <sub>2</sub>	10,7646	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>		
CaCl <sub>2</sub>	5,6747	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>		417,5747
MgSO <sub>4</sub>	3,7334	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>		41,7575
NH <sub>4</sub> Cl	6577,5239	NaCl		378,2293
H <sub>2</sub> O	1585,3874	MgCl <sub>2</sub>		10,7646
		CaCl <sub>2</sub>		5,6747
		MgSO <sub>4</sub>		3,7334
		NH <sub>4</sub> Cl		0,5849
		H <sub>2</sub> O		1585,3874
			2819,5238	
<b>Total</b>	<b>9396,4627</b>	<b>Total</b>	<b>9396,4627</b>	

3.7. Centrifuge (H-132)

Fungsi : Untuk memisahkan kristal NH<sub>4</sub>Cl dari larutan sisa



Neraca massa di H-132

$$M12 = M13 + M14$$

Keterangan :

M12 = Massa umpan yang keluar dari Kristalizer

M13 = Massa yang keluar sebagai Waste

M14 = Massa keluar yang diumpankan menuju Rotary Dryer



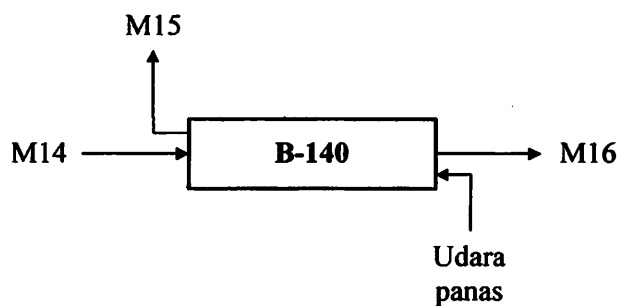
**Neraca Massa Total pada Centrifuge (H-132)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M12 > dari Kristalizer (X-130)		< M14 > ke Rotary Dryer (B-140)	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Kristal NH <sub>4</sub> Cl	6576,9390	Kristal NH <sub>4</sub> Cl	6248,0920
Larutan sisa		Larutan sisa	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	375,8172	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	18,7909
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	417,5747	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	20,8787
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	41,7575	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,0879
NaCl	378,2293	NaCl	18,9115
MgCl <sub>2</sub>	10,7646	MgCl <sub>2</sub>	0,5382
CaCl <sub>2</sub>	5,6747	CaCl <sub>2</sub>	0,2837
MgSO <sub>4</sub>	3,7334	MgSO <sub>4</sub>	0,1867
NH <sub>4</sub> Cl	0,5849	NH <sub>4</sub> Cl	0,0292
H <sub>2</sub> O	1585,3874	H <sub>2</sub> O	79,2694
	2819,5238		140,9762

		< M13 > keluar sebagai Waste	
		Komponen	kg/jam
		Kristal NH <sub>4</sub> Cl	328,8469
		Larutan sisa	
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	357,0263
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	396,6959
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	39,6696
		NaCl	359,3178
		MgCl <sub>2</sub>	10,2264
		CaCl <sub>2</sub>	5,3910
		MgSO <sub>4</sub>	3,5467
		NH <sub>4</sub> Cl	0,5557
		H <sub>2</sub> O	1506,1181
			2678,5476
Total	9396,4627	Total	9396,4627

### 3.8. Rotary Dryer (B-140)

Fungsi : Untuk mengeringkan produk NH<sub>4</sub>Cl yang keluar dari Centrifuge



Neraca massa di B-140

$$M14 = M15 + M16$$

Keterangan :

M14 = Massa umpan yang keluar dari Centrifuge

M15 = Massa yang terikut gas panas keluar menuju Cyclone

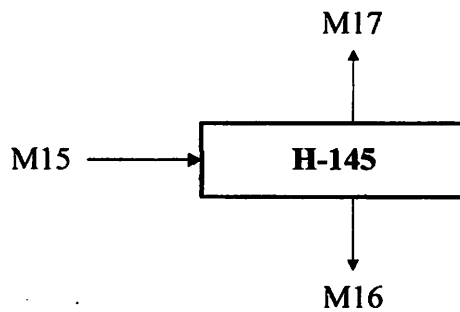
M16 = Massa Massa kristal yang keluar menuju Screen

**Neraca Massa Total pada Rotary Dryer (B-140)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M14 > dari Centrifuge (H-132)		< M15 > menuju Cyclone (H-145)	
Komponen	<i>kg/jam</i>	Komponen	<i>kg/jam</i>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	18,79086	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,18791
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	20,87873	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	0,20879
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,08787	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	0,02088
NaCl	18,91147	NaCl	0,18911
MgCl <sub>2</sub>	0,53823	MgCl <sub>2</sub>	0,00538
CaCl <sub>2</sub>	0,28374	CaCl <sub>2</sub>	0,00284
MgSO <sub>4</sub>	0,18667	MgSO <sub>4</sub>	0,00187
NH <sub>4</sub> Cl	6248,12126	NH <sub>4</sub> Cl	62,48121
H <sub>2</sub> O	79,26937	H <sub>2</sub> O gas	75,30590
	<b>6389,0682</b>	Udara	1277,81364
< dari Burner >			<b>1416,2175</b>
Komponen	<i>kg/jam</i>	< M16 > ke bin produk (H-147)	
Udara	1277,8136	Komponen	<i>kg/jam</i>
	<b>1277,8136</b>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	18,60295
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	20,66995
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,06699
		NaCl	18,72235
		MgCl <sub>2</sub>	0,53285
		CaCl <sub>2</sub>	0,28090
		MgSO <sub>4</sub>	0,18480
		NH <sub>4</sub> Cl	6185,64004
		H <sub>2</sub> O	3,96347
			<b>6250,6643</b>
<b>Total</b>	<b>7666,8818</b>	<b>Total</b>	<b>7666,8818</b>

**3.9. Cyclone (H-145)**

Fungsi : Untuk menyaring udara panas dari Rotary Dryer yang masih Mengandung produk NH<sub>4</sub>Cl, kemudian dikembalikan ke Screen



Neraca massa di H-145

$$M15 = M16 + M17$$

Keterangan :

M15 = Massa kristal yang keluar dari Rotary Dryer yang terikut udara panas

M16 = Massa kristal yang keluar menuju Screen

M17 = Massa udara yang keluar melalui Stack

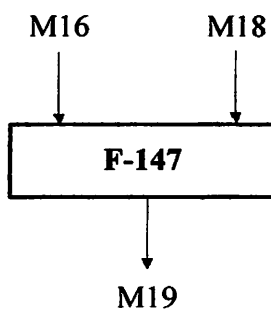
**Neraca Massa Total pada Cyclone (H-145)**

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
< M15 > dari Rotary Dryer (B-140)		< M17 > keluar melalui Stack	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,18791	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,0018791
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	0,20879	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	0,0020879
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	0,02088	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	0,0002088
NaCl	0,18911	NaCl	0,0018911
MgCl <sub>2</sub>	0,00538	MgCl <sub>2</sub>	0,0000538
CaCl <sub>2</sub>	0,00284	CaCl <sub>2</sub>	0,0000284
MgSO <sub>4</sub>	0,00187	MgSO <sub>4</sub>	0,0000187
NH <sub>4</sub> Cl	62,48121	NH <sub>4</sub> Cl	0,6248121
H <sub>2</sub> O gas	75,30590	H <sub>2</sub> O gas	75,3059034
Udara	1277,81364	Udara	1277,8136393
			1353,7505

		< M18 > ke bin produk (H-147)	
		Komponen	kg/jam
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,1860295
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	0,2066995
		NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	0,0206699
		NaCl	0,1872235
		MgCl <sub>2</sub>	0,0053285
		CaCl <sub>2</sub>	0,0028090
		MgSO <sub>4</sub>	0,0018480
		NH <sub>4</sub> Cl	61,8564004
			62,4670
Total	1416,2175	Total	1416,2175

### 3.10. Bin Produk (F-147)

Fungsi : Untuk menampung produk NH<sub>4</sub>Cl, dan siap untuk dikemas



Neraca massa di F-147

$$M16 + M18 = M19$$

Keterangan :

M16 = Massa kristal dari Rotary Dryer

M18 = Massa kristal dari Cycone

M19 = Massa kristal yang siap untuk dikemas

## Neraca Massa Total pada Bin Produk (F-147)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
<M16> dari Rotary Dryer (B-140)		< M19 > menuju Pengemas	
Komponen	<i>kg/jam</i>	Komponen	<i>kg/jam</i>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	18,602952	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	18,788981
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	20,669946	NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	20,876646
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,066995	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	2,087665
NaCl	18,722351	NaCl	18,909574
MgCl <sub>2</sub>	0,532847	MgCl <sub>2</sub>	0,538176
CaCl <sub>2</sub>	0,280900	CaCl <sub>2</sub>	0,283709
MgSO <sub>4</sub>	0,184803	MgSO <sub>4</sub>	0,186651
NH <sub>4</sub> Cl	6185,640043	NH <sub>4</sub> Cl	6247,496444
H <sub>2</sub> O	3,963469	H <sub>2</sub> O	3,963469
	<i>6250,6643</i>		
< M18 > dari Cyclone (H-145)			
Komponen	<i>kg/jam</i>		
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,186030		
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	0,206699		
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	0,020670		
NaCl	0,187224		
MgCl <sub>2</sub>	0,005328		
CaCl <sub>2</sub>	0,002809		
MgSO <sub>4</sub>	0,001848		
NH <sub>4</sub> Cl	61,856400		
	<i>62,4670</i>		
<b>Total</b>	<b>6313,1313</b>	<b>Total</b>	<b>6313,1313</b>

## BAB IV

### NERACA PANAS

Hasil perhitungan neraca panas pada Pra-rencana Pembuatan Amonium Klorida dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, adalah sebagai berikut :

Pabrik : Ammonium Klorida (Kristal)

Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun  
: 6313,1313 kg/jam

Waktu Operasi : 330 hari/tahun  
: 24 jam/hari

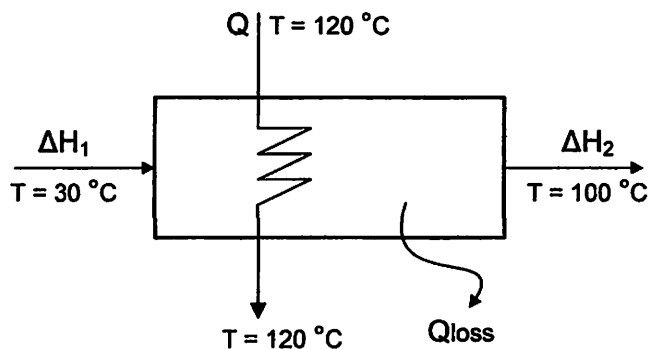
Satuan : kkal/jam

Suhu Referensi : 25 °C = 298,15 K

$$\Delta H = \int m \cdot C_p \cdot dT$$

#### 1. Heater (E-116A)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dari 30 °C ke 100 °C



Neraca panas di E-116A

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas yang terkandung pada larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  yang masuk

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung pada larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  yang keluar

Q = steam untuk memanaskan bahan

$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang

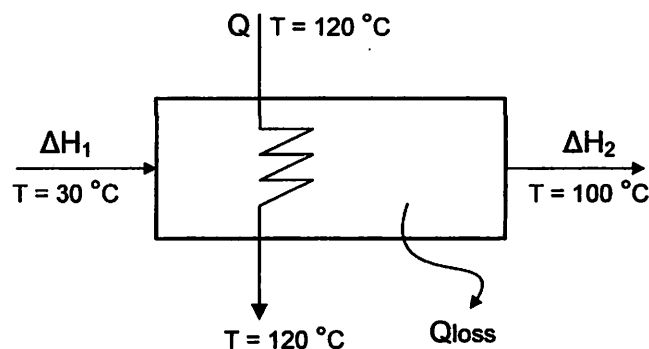


### Neraca Panas Total pada Heater (E-116A)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	49784,3267	$\Delta H_2$	751113,0538
$Q_{\text{steam}}$	703817,9434	$Q_{\text{loss}}$	2489,2163
Total	753602,2702	Total	753602,2702

### 2. Heater (E-116B)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu NaCl dari 30 °C ke 100 °C



Neraca panas di E-116B

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas yang terkandung pada larutan NaCl yang masuk

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung pada larutan NaCl yang keluar

$Q$  = steam untuk memanaskan bahan

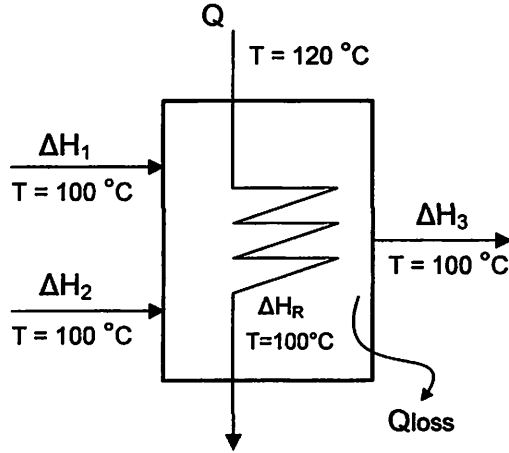
$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang

### Neraca Panas Total pada Heater (E-116B)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	119176,9817	$\Delta H_2$	1805492,0552
$Q_{\text{steam}}$	1692273,9226	$Q_{\text{loss}}$	5958,8491
Total	1811450,9043	Total	1811450,9043

### 3. Reaktor (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dengan larutan NaCl



Neraca panas di R-110

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + Q = \Delta H_R + \Delta H_3 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  masuk reaktor

$\Delta H_2$  = panas NaCl masuk reaktor

$\Delta H_3$  = panas produk keluar dari reaktor

$\Delta H_R$  = panas reaksi dalam reaktor

Q = panas yang diperlukan

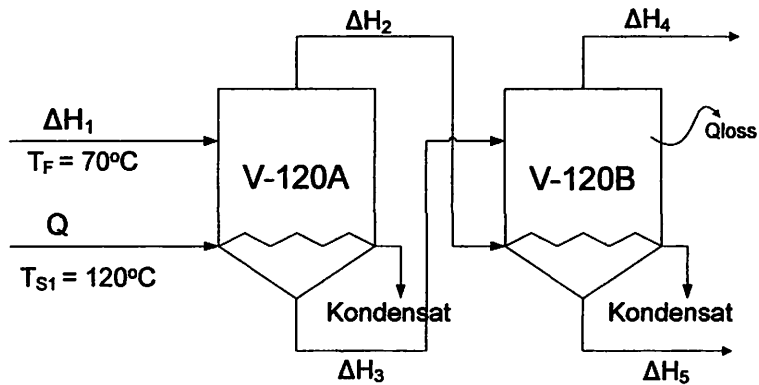
$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang

#### Neraca Panas Total pada Reaktor (R-110)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	751113,0538	$\Delta H_R$	1356866,9366
$\Delta H_2$	1805492,0552	$\Delta H_3$	2575990,0899
Q	1390153,4520	$Q_{\text{loss}}$	13901,5345
Total	3946758,5610	Total	3946758,5610

#### 4. Evaporator (V-120A/B)

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air pada filtrat yang keluar dari RDVF



Neraca panas di V-120A

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \text{Kondensat}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas yang terkandung pada bahan masuk effect I

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung uap yang keluar effect I

$\Delta H_3$  = panas yang terkandung pada bahan keluar effect I

Q = panas yang diperlukan

Kondensat = panas yang terkandung kondensat keluar ke Utilitas

Neraca panas di V-120B

$$\Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_5 + \text{Kondensat} + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung uap yang masuk effect II

$\Delta H_3$  = panas yang terkandung pada bahan masuk effect II

$\Delta H_4$  = panas yang terkandung uap yang keluar effect II

$\Delta H_5$  = panas yang terkandung pada bahan keluar effect II

Q<sub>loss</sub> = panas yang hilang

Kondensat = panas yang terkandung kondensat keluar ke Utilitas

**Neraca Panas pada Evaporator Effect I (V-120A)**

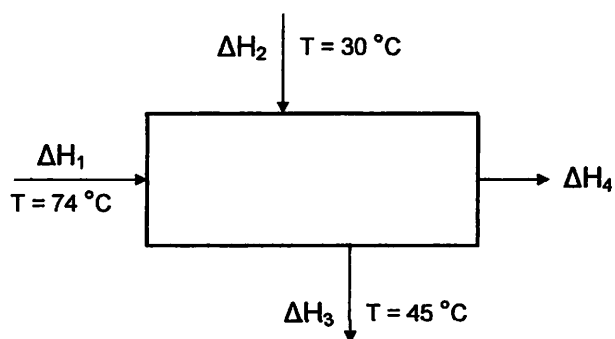
Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	2207790,2786	Menuju Effect II (V-120B)	
Q	9765538,8262	$\Delta H_2$	8090261,4756
		$\Delta H_3$	2065291,6104
		Ke Utilitas	
		Kondensat	1817776,0188
Total	11973329,1048	Total	3883067,6292

**Neraca Panas pada Evaporator Effect II (V-120B)**

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_2$	8090261,4756	Ke Barometrik Kondensor	
$\Delta H_3$	2065291,6104	$\Delta H_4$	8169620,5909
		Menuju Kristalizer (X-130)	
		$\Delta H_5$	430472,0884
		Ke Utilitas	
		Kondensat	1376692,3871
		Qloss	178768,0196
Total	2065291,6104	Total	10155553,0860

**5. Barometric Condensor Evaporator (E-124)**

Fungsi : Mengembunkan uap air yang terbentuk pada Evaporator



Neraca panas di E-124

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas uap dari evaporator

$\Delta H_2$  = panas pada air pendingin masuk

$\Delta H_3$  = panas pada air pendingin keluar

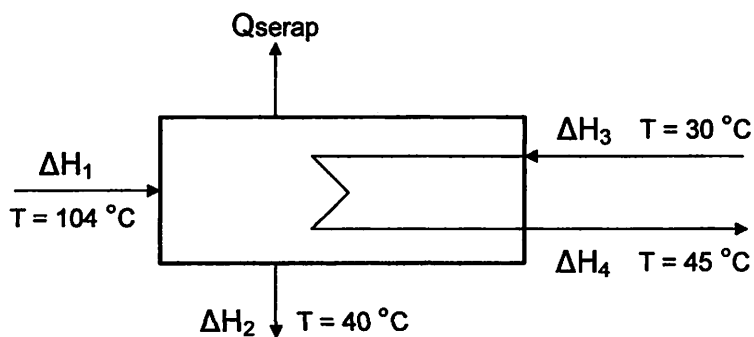
$\Delta H_4$  = kandungan uap tak terkondensasi

**Neraca Panas Total pada Barometric Condensor Evaporator (E-124)**

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	8169620,5909	$\Delta H_3$	9802726,9565
$\Delta H_2$	2450068,4247	$\Delta H_4$	816962,0591
Total	10619689,0156	Total	10619689,0156

**6. Kristalizer (X-130)**

Fungsi : Untuk mengkristalkan produk  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang keluar dari Evaporator



Neraca panas di X-130

$$\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4 + Q_{\text{serap}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas bahan masuk Kristalizer

$\Delta H_2$  = panas produk keluar Kristalizer

$\Delta H_3$  = panas pada air pendingin masuk

$\Delta H_4$  = panas pada air pendingin keluar

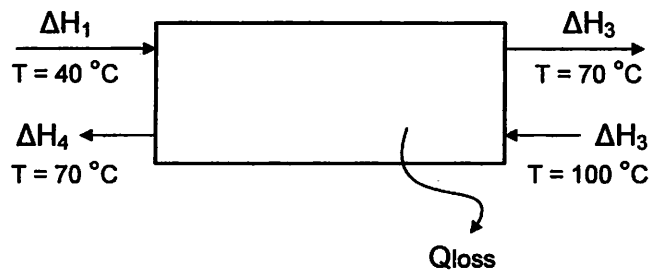
$Q_{\text{serap}}$  = panas yang diserap air pendingin ( 1%  $\Delta H_1$  )

### Neraca Panas Total pada Kristalizer (X-130)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	235017,3857	$\Delta H_2$	69079,7958
$\Delta H_3$	54529,1387	$\Delta H_4$	218116,5547
		Qserap	2350,1739
<b>Total</b>	<b>289546,5243</b>	<b>Total</b>	<b>289546,5243</b>

### 7. Rotary Dryer (B-140)

Fungsi : Untuk mengeringkan produk  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yang keluar dari Centrifuge



Neraca panas di B-140

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas bahan masuk Rotary Dryer

$\Delta H_2$  = panas produk keluar Rotary Dryer

$\Delta H_3$  = panas yang terbawa ke Cyclone

$\Delta H_4$  = udara pemanas keluar

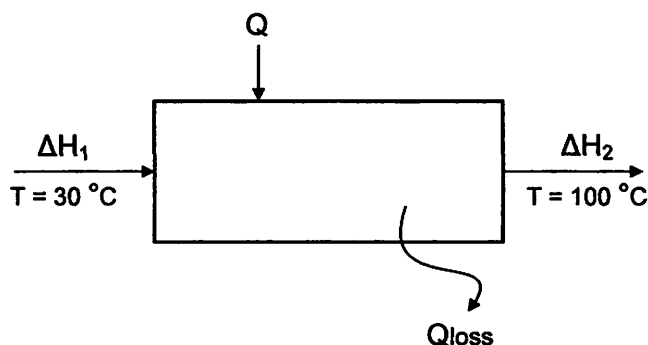
$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang

### Neraca Panas Total pada Rotary Dryer (B-140)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	38848,8476	$\Delta H_2$	40445,6732
$\Delta H_3$	23134,6929	$\Delta H_4$	18438,6903
		Qloss	3099,1770
<b>Total</b>	<b>61983,5406</b>	<b>Total</b>	<b>61983,5406</b>

### 8. Heater Udara (E-143)

Fungsi : Untuk memanaskan udara yang masuk, yang akan digunakan untuk Sumber panas pada Rotary Dryer



Neraca panas di E-143

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = panas yang terkandung dalam udara kering masuk Heater

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung dalam udara kering keluar Heater

Q = panas yang terkandung dalam steam masuk Heater

$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang

#### Neraca Panas Total pada Heater Udara (E-143)

Aliran Panas Masuk (kkal/jam)		Aliran Panas Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	1534,3537	$\Delta H_2$	23134,6929
$Q_{\text{steam}}$	22817,9547	$Q_{\text{loss}}$	1217,6154
Total	24352,3084	Total	24352,3084

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **1. GUDANG BAHAN BAKU $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ (F-111A)**

**Fungsi :** Tempat penyimpanan dan penyediaan Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  selama 30 hari.

**Bahan Konstruksi :** Beton bertulang  
**Panjang Gudang :** 35 m  
**Lebar Gudang :** 17,5 m  
**Tinggi Gudang :** 10 m  
**Jumlah :** 1 buah

#### **2. BELT CONVEYOR (J-112A)**

**Fungsi :** Mengangkut Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dari gudang menuju bin penampung

**Tipe :** Flat Belt on Continous Plate  
**Kapasitas :** 8791,0457 kg/jam = 19380,7394 lb/jam  
**Recidence time :** 10 detik  
**Panjang belt :** 10 m  
**Kecepatan :** 1 m/detik  
**Power motor :** 13 Hp  
**Jumlah :** 1 buah

#### **3. BIN PENAMPUNG (F-113A)**

**Fungsi :** Menampung Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  sebelum masuk tangki pelarut  
**Tipe :** Silinder tegak dengan tutup atas plate dan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut  $60^\circ$   
**Bahan :** Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316  
**Pengelasan :** Double Welded Butt Joint



Dimensi Vessel : do = 72 in  
 di = 71,625 in  
 ts = 3/16 in  
 thb = 3/16 in  
 hb = 62,0291 in  
 tinggi tangki = 165,7886 in

Jumlah : 1 buah

#### 4. TANGKI PELARUT $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ (M-114A)

Fungsi : Melarutkan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dari konsentrasi 90% menjadi larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dengan konsentrasi 53%

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk Standart Dished dan dilengkapi pengaduk tipe Turbulent Impeller with 4 Flat Blades

Bahan : Stainless steel SA 240 grade M type 316

Dimensi vessel : do = 96 in  
 di = 95,625 in  
 ts = 3/16 in  
 tha = 3/16 in  
 thb = 3/16 in  
 ha = 17,9143 in  
 hb = 17,9143 in  
 tinggi tangki = 150,3058 in



Jumlah : 1 buah

Jenis pengaduk : Axial Turbine with 4 Blades

Bahan : Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi pengaduk : Da = 31,8750 in  
 W = 5,4188 in  
 L = 10,6250 in

## 5. POMPA CENTRIFUGAL (L-115A)

Fungsi : Memompakan larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dari tangki pelarut ke reaktor

Tipe : Centrifugal Pump

Dimensi Pompa :  $d_o = 3,5 \text{ in}$        $A = 0,0513 \text{ ft}^2$   
 $d_i = 3,068 \text{ in}$

Daya Pompa : 1 Hp

Bahan : Carbon Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

## 6. HEATER (E-116A)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  dari  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  ke  $100 \text{ }^\circ\text{C}$

Tipe : Shell and Tube

Bahan Konstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas :  $14909,5352 \text{ kg/jam} = 32869,5613 \text{ lb/jam}$

Steam yang digunakan :  $1337,1966 \text{ kg/jam} = 2947,9835 \text{ lb/jam}$

Bagian *Shell* :  $IDs = 19 \frac{1}{4} \text{ in}$   
 $B = 8 \text{ in}$   
 $Pt = 1,25 \text{ in}$   
 $d_e = 0,72 \text{ in}$

Bagian *Tube* :  $L = 16 \text{ ft}$   
 $a' = 0,546 \text{ in}^2$   
 $a'' = 0,2618 \text{ ft}^2/\text{ft}$   
 $d_i = 0,834 \text{ in}$

Jumlah : 1 buah

## 7. GUDANG BAHAN BAKU NaCl (F-111B)

Fungsi : Tempat penyimpanan dan penyediaan Natrium Klorida selama 30 hari

Bahan Konstruksi : Beton bertulang

Panjang Gudang : 27 m

Lebar Gudang : 13,5 m

Tinggi Gudang : 10 m

Jumlah : 1 buah

### 8. BELT CONVEYOR (J-112B)

Fungsi : Mengangkut Natrium Klorida (NaCl) dari gudang menuju bin penampung

Tipe : Flat Belt on Continuous Plate

Kapasitas : 8043,1537 kg/jam = 17731,9367 lb/jam

Residence time : 10 detik

Panjang belt : 10 m

Kecepatan : 1 m/detik

Power motor : 12 Hp

Jumlah : 1 buah

### 9. BIN PENAMPUNG (F-113B)

Fungsi : Menampung Natrium Klorida sebelum masuk tangki pelarut

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas plate dan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut 60°

Bahan : Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Pengelasan : Double Welded Butt Joint

Dimensi Vessel : do = 60 in

di = 59,625 in

ts = 3/16 in

thb = 3/16 in

hb = 51,6368 in

tinggi tangki = 137,3476 in

Jumlah : 1 buah

### 10. TANGKI PELARUT (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (M-114B)

Fungsi : Melarutkan NaCl dari konsentrasi 99% menjadi larutan NaCl dengan konsentrasi 26%

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk Standart Dished dan dilengkapi pengaduk tipe Turbulent Impeller with 4 Flat Blades

Bahan : Stainless steel SA 240 grade M type 316

Dimensi vessel : do = 120 in

di = 119,25 in

$t_s = 3/16 \text{ in}$   
 $t_{ha} = 3/16 \text{ in}$   
 $t_{hb} = 3/16 \text{ in}$   
 $h_a = 22,2390 \text{ in}$   
 $h_b = 22,2390 \text{ in}$   
 tinggi tangki = 196,5357 in

Jumlah : 1 buah  
 Jenis pengaduk : Axial Turbine with 4 Blades  
 Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316  
 Dimensi pengaduk :  $D_a = 39,75 \text{ in}$   
                            $W = 6,7575 \text{ in}$   
                            $L = 13,25 \text{ in}$

### 11. POMPA CENTRIFUGAL (L-115B)

Fungsi : Memompakan larutan NaCl dari tangki pelarut ke Reaktor  
 Tipe : Centrifugal Pump  
 Dimensi Pompa :  $d_o = 4,5 \text{ in}$   
                            $d_i = 4,026 \text{ in}$   
                            $A = 0,0884 \text{ ft}^2$   
 Daya Pompa : 1 Hp  
 Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade 3 Type 304  
 Jumlah : 1 buah

### 12. HEATER (E-116B)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu larutan NaCl dari 30 °C ke 100 °C  
 Tipe : Shell and Tube  
 Bahan Konstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316  
 Kapasitas : 30200,6020 kg/jam = 66580,2473 lb/jam  
 Steam yang digunakan : 3215,1821 kg/jam = 7088,1905 lb/jam

Bagian <i>Shell</i>	: IDs = 25 in
	B = 12 in
	Pt = 1,25 in
	de = 0,72 in
Bagian <i>Tube</i>	: L = 16 ft
	a' = 0,594 in <sup>2</sup>
	a'' = 0,2618 ft <sup>2</sup> /ft
	di = 0,87 in
Jumlah	: 1 buah

### 13. REAKTOR (R-110) — ( Perancangan Alat Utama )

#### 14. POMPA ROTARY (L-121)

Fungsi : Memompakan larutan dari Reaktor menuju RDVF

Tipe : Rotary pump

Dimensi pompa : do = 5,56 in  
di = 5,047 in  
A = 0,139 ft<sup>2</sup>

Daya pompa : 1 Hp

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

#### 15. ROTARY DRUM VACUUM FILTER (H-122)

Fungsi : Memisahkan larutan Ammonium Klorida (filtrat) dari cake

Tipe : Continuous Rotary Vacuum-drum Filter

Volume Bahan : 23,1866 ft<sup>3</sup>/putaran

Luas Cake : 51,6999 m<sup>2</sup>

Diameter Drum : 2 m

Daya Total : 2 Hp

Jumlah : 1 buah

**16. POMPA ROTARY (L-123)**

Fungsi : Memompakan larutan dari RDVF menuju Evaporator

Tipe : Rotary Pump

Dimensi pompa : do = 5,56 in  
                               di = 5,047 in  
                               A = 0,139 ft<sup>2</sup>

Daya pompa : 1 Hp

Bahan : Carbon Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

**17. EVAPORATOR (V-120A/B)**

Double effect evaporator

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan air pada filtrat Amonium Klorida

Tipe : Short Tube Vertical (calendria) dengan tutup atas berbentuk Standar Dished dan tutup bawah berbentuk Conical

Bahan : Stainless Steel SA Grade M Type 316

Diameter : do = 126 in  
                               di = 125,25 in

Tebal shell : ts = 3/8 in

Tebal tutup : tha = 3/8 in  
                               thb = 5/16 in

Tinggi Evaporator : ha = 1,7639 ft  
                               hb = 3,0130 ft  
                               Ls = 15,0193 ft

Jumlah tube : 133 buah

Dimensi tube : Panjang tube = 10 ft  
                               Diameter luar (OD) = 0,2400 ft  
                               Diameter dalam (ID) = 0,2057 ft  
                               Luas pemanasan (A) = 857,5359 ft<sup>2</sup>  
                               Susunan tube triangular pitch

Jumlah Evaporator : 2 buah

**18. BAROMETRIK KONDENSOR (E-124)**

Fungsi : Mengembunkan uap air yang terbentuk pada Evaporator

Tipe : Wet Air Pararrel Current Condensor

Diameter Kondensor : 5,27613 ft

Diameter pipa : Pipa uap masuk = 8 in sch 40

Pipa masuk air pendingin = 8 in sch 40

Pipa keluar air pendingin = 6 in sch 40

Bahan : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

**19. JET EJEKTOR (G-125)**

Fungsi : Membuat kondisi vacum pada Evaporator

Tipe : Single-stage Jet Ejector dengan Steam

Bahan : Carbon steel

Steam yang digunakan : 5,90575 kg/jam

Jumlah : 1 buah

**20. POMPA CENTRIFUGAL (L-131)**

Fungsi : Memompakan larutan dari Evaporator menuju Kristalizer

Tipe : Centrifugal Pump

Dimensi pompa : do = 2,875 in

di = 2,469 in

A = 0,03322 ft<sup>2</sup>

Daya pompa : 1 Hp

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Jumlah : 1 buah

**21. KRISTALIZER (X-130)**

Fungsi : Mengkristalkan produk NH<sub>4</sub>Cl yang keluar dari Evaporator

Tipe : Swenson Walker

Diameter : 24 in = 2 ft

Panjang : 30 ft

Tebal dinding	: 1/2 in
Jenis pengaduk	: Spiral Agitator
Kecepatan putar pengaduk	: 20 rpm
Jarak agitator dengan dinding	: 2 in = 0,1667 ft
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Jumlah	: 2 buah

## 22. CENTRIFUGE (H-132)

Fungsi	: Memisahkan kristal $\text{NH}_4\text{Cl}$ dengan mother liquornya (larutan sisa)
Tipe	: Basket Centrifugal
Rate	: 234,0783 $\text{ft}^3/\text{jam}$
Diameter	: 4,5 ft
Tinggi	: 3,5 ft
Power	: 6 Hp
Putaran	: 1000 rpm
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Jumlah	: 2 buah

## 23. SCREW CONVEYOR (J-133)

Fungsi	: Mengangkut kristal $\text{NH}_4\text{Cl}$ dari Centrifuge menuju Rotary Dryer
Kapasitas	: 6389,0682 $\text{kg}/\text{jam}$ = 6,3891 ton/jam
Diameter Flights	: 10 in
Diameter pipa	: 2,5 in
Speed	: 55 rpm
Diameter feed masuk	: 9 in
Diameter Shafts	: 2 in
Diameter Screw	: 20 in
Panjang	: 30 ft
Power pada motor	: 2 Hp
Jumlah	: 1 buah



**24. FILTER UDARA (H-141)**

Fungsi : Menyaring debu yang terdapat dalam udara

Tipe : Dry Filter

Ukuran dry filter :  $20 \times 20$

Jumlah : 1 buah

**25. BLOWER (G-142)**

Fungsi : Menghembuskan udara menuju Rotary Dyer

Tipe : Centrifugal Blower

Power motor : 3,5 Hp

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

**26. HEATER UDARA (E-143)**

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk ke Rotary Dryer

Tipe : Double Pipe Heat Exchanger

Bahan konstruksi : HAS SA 240 Grade M Type 316

Kapasitas :  $1277,8136 \text{ kg/jam} = 2817,0679 \text{ lb/jam}$

Steam yang digunakan :  $43,3522 \text{ kg/jam} = 95,5744 \text{ lb/jam}$

Bagian annulus :  $a_{an} = 2,63 \text{ in}^2$

$d_e = 2,02 \text{ in}$

$d_{e'} = 0,81 \text{ in}$

Bagian pipa :  $a_p = 1,5 \text{ in}^2$

$d_i = 1,38 \text{ in}$

$d_o = 1,66 \text{ in}$

$a'' = 0,345 \text{ ft}^2/\text{ft}$

Jumlah : 1 buah

## 27. ROTARY DRYER (B-140) — ( Perancangan Alat Utama )

Fungsi : Mengeringkan kristal amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) basah

Tipe : Single Shell Direct Heat Rotary Dryer

Dimensi Rotary Dryer : Diameter = 6,5616 ft  
 Panjang = 32,8080 ft  
 Tebal = 3/16 in

Bahan konstruksi : High Alloy Stel SA 240 Grade M type 316

Jumlah : 1 buah

## 28. BLOWER (G-144)

Fungsi : Menghembuskan udara dari Rotary Dryer menuju Cyclone

Tipe : Centrifugal Blower

Power motor : 4,5 Hp

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

## 29. CYCLONE (H-145)

Fungsi : Untuk memisahkan debu atau partikel Amonium Klorida yang terikut udara dari Rotary Dryer

Tipe : Duclone Collector

Bahan Konstruksi : Carbon Steel 240 Grade M Type 316

Dimensi :  $D_c = 0,3635$  ft  
 $D_e = 0,1817$  ft  
 $H_c = 0,1817$  ft  
 $L_c = 0,7270$  ft  
 $S_c = 0,0454$  ft  
 $Z_c = 0,7271$  ft  
 $J_c = 0,0909$  ft  
 $B_c = 0,0909$  ft

Jumlah : 1 buah

**30. BELT CONVEYOR (J-146)**

Fungsi : Mengangkut produk (Ammonium Klorida) dari Rotary Dryer menuju Screen

Tipe : Flat Belt on Continous Plate

Kapasitas : 6313,1313 kg/jam = 13917,9293 lb/jam

Residence time : 10 detik

Panjang belt : 10 m

Kecepatan : 1 m/detik

Power motor : 9,5 Hp

Jumlah : 1 buah

**31. BIN PRODUK (F-147)**

Fungsi : Menampung produk Amonium Klorida sebelum masuk mesin pengemas

Tipe : Silinder dengan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Pengelasan : Double Welded Butt Joint

Bahan : Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi Vessel : do = 114 in

di = 113,625 in

ts = 3/16 in

thb = 3/16 in

hb = 98,4021 in

tinggi tangki = 256,1585 in

Jumlah : 1 buah

**32. MESIN PENGEMAS (P-148)**

Fungsi : Mengemas produk dari bin produk ke dalam plastik bag

Kapasitas bahan : 6313,1313 lb/jam

Bahan konstruksi : Carbon Steel

Kapasitas mesin : 27835,8586 lb

Jumlah : 1 buah

**33. GUDANG PRODUK  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (F-149)**

Fungsi : Tempat penyimpanan dan penyediaan produk Ammonium Klorida selama 30 hari.

Bahan Konstruksi : Beton bertulang

Panjang Gudang : 28 m

Lebar Gudang : 14 m

Tinggi Gudang : 10 m

Jumlah : 1 buah

## **BAB VI**

### **PERANCANGAN ALAT UTAMA**

**Nama Alat : Reaktor**

**Kode : R - 110**

**Fungsi : Untuk mereaksikan Ammonium Sulfit ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ ) dengan Natrium Klorida (NaCl)**

**Jumlah : 1 Buah**

**Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dished**

**dan tutup bawah berbentuk conical dengan sudut puncak 120°.**

**Peralengkapan : Pengaduk dan coil pemanas**

**Kondisi operasi :**

- Temperatur = 100°C
- Tekanan = 1 atm
- Waktu operasi = 1 jam
- Fase = liquid-liquid
- Densitas campuran = 71,485 lb/ft<sup>3</sup>

**Direncanakan :**

- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316  
f = 18750 (Brownell & Young, App. D-4 hal. 342)
- Jenis pengelasan : Double welded but joint  
E = 0,8 (Brownell & Young, tabel 13.2 hal. 254)
- Faktor korosi (C) : 2/16
- Bahan masuk : 45110,1372 kg/jam = 99449,8085 lb/jam

## 1. Rancangan dimensi rektor

### 1. Menentukan volume reaktor

$$\text{Bahan masuk} = 45110,1372 \text{ kg/jam} = 99449,80847 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 71,485 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= \frac{99449,8085}{71,485}$$

$$= 1391,198272 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume liquid} = 1391,198272 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} = 1391,19827 \text{ ft}^3$$

Diasumsikan volume ruang kosong = 20 % volume liquid serta volume coil

dan pengaduk = 10 % volume liquid.

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang kosong} &= 20\% \times 1391,198272 \text{ ft}^3 \\ &= 278,2396544 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume coil \& pengaduk} &= 10\% \times 1391,198272 \text{ ft}^3 \\ &= 139,1198272 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi volume total} &= V \text{ liquid} + V \text{ ruang kosong} + V \text{ coil \& pengaduk} \\ &= 1391,198272 \text{ ft}^3 + 278,2396544 \text{ ft}^3 + 139,119827 \text{ ft}^3 \\ &= 1808,557754 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

### 2. Menentukan dimensi vessel

#### 1. Menghitung diameter vessel

$$\text{Diasumsikan} : L_s = 1,5 \text{ di}$$

$$\text{Volume total} = V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder} + V \text{ tutup atas}$$

$$\text{Volume total} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(1/2\alpha)} + \frac{\pi \cdot di^2}{4} \cdot L_s + 0,0847 \cdot di^3$$

$$808,557754 \text{ ft}^3 = \frac{3,14 \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{3,14 \cdot di^2}{4} \cdot L_s + 0,0847 \cdot di^3$$

$$808,557754 \text{ ft}^3 = \frac{3,14 \cdot di^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{3,14 \cdot di^2}{4} \cdot (1,5 \text{ di}) + 0,0847 \cdot di^3$$

$$di^3 = 1351,953495$$

$$di = 11,05742284 \text{ ft} = 132,68907 \text{ in}$$

**. Menghitung volume liquid dalam shell**

$$\begin{aligned}
 \text{liquid dalam shel} &= V \text{ liquid} - V \text{ tutup bawah} \\
 &= 1391,198272 - \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \cdot \text{tg}1/2\alpha} \\
 &= 1391,198272 - \frac{3,14 \cdot (10,9482)^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} \\
 &= 1093,821392 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

**. Menghitung tinggi liquid dalam shell**

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi liquid dalam shell} &= \frac{V \cdot \text{Liquid dalam shel}}{\pi / 4 \times d_i^2} \\
 &= \frac{1093,821392}{3,14 / 4 \times (10,9482)^2} \\
 &= 11,625 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**. Menentukan P design (Pi)**

$$\begin{aligned}
 \text{tekanan hidrostatik (Ph)} &= \frac{\rho \times (H-1)}{144} \\
 &= \frac{71,485 \times (11,1911 - 1)}{144} \\
 &= 5,0591 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} \\
 P \text{ design} &= 14,7 + 5,059103 \\
 &= 19,7591027 - 14,7 \\
 &= 5,0591 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

**. Menentukan tebal silinder (ts)**

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6P_i)} + C \\
 t_s &= \frac{(5,0591) \times (131,3783)}{2[(18750) \cdot (0,8) - (0,6) \cdot (5,0591)]} + (2/16) \\
 t_s &= 0,0224 \times \frac{16}{16} + \frac{2}{16} = \frac{2,36}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

**standarisasi  $d_o$** 

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$d_o = 132,68907 \text{ in} + 2(3/16) \text{ in}$$

$$d_o = 133,06407 \text{ in}$$

standarisasi  $d_o = 132 \text{ in}$  (Brownell & Young, tabel 5-7, hal. 91)

$$d_i = d_o - 2 t_s$$

$$d_i = 132 \text{ in} - 2(3/16) \text{ in}$$

$$d_i = 131,625 \text{ in} = 10,96875 \text{ ft}$$

Cek hubungan antara  $L_s$  dengan  $d_i$  :

$$\text{Volume total} = \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \cdot \text{tg}(1/2\alpha)} + \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot L_s + 0,0847 \cdot d_i^3$$

$$1808,557754 \text{ ft}^3 = \frac{3,14 \cdot (10,96875)^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{3,14 \cdot (10,96875)^2}{4} \cdot L_s + 0,0847 (10,96875)^3$$

$$1808,557754 \text{ ft}^3 = 99,68485774 + 94,4460791 L_s + 111,78$$

$$L_s = 16,91012798 \text{ ft} = 202,9215357 \text{ in}$$

$$\frac{L_s}{d_i} = \frac{16,91012798}{10,96875} = 1,54166$$

**C. Menentukan dimensi tutup****1. Menentukan tebal tutup atas berbentuk standart dished**

$$- r = 130 \text{ in (Brownell & Young tabel 5.7 hal. 90)}$$

$$- icr = 8 \text{ in (Brownell & Young tabel 5.6 hal. 88)}$$

$$- sf = 2 \text{ (Brownell & Young tabel 5.6 hal. 88)}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 13.12 hal. 258 :

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times P_i \cdot d_i}{f \cdot E - 0,1 \cdot P_i} + C$$

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times (5,0591) \cdot (131,625)}{(18750) \cdot (0,8) - 0,1 \cdot (5,0591)} + (2/16)$$

$$t_{ha} = 0,0393 + \frac{2}{16} = \frac{2}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$



Tinggi tutup atas (ha) :

$$\begin{aligned}
 a &= d_i/2 = (131,625/2) \text{ in} = 65,8125 \text{ in} \\
 AB &= a - icr = 65,8125 - 8 \text{ in} = 57,8125 \text{ in} \\
 BC &= r - icr = 130 - 8 \text{ in} = 122 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = \sqrt{(122)^2 - (57,813)^2} = 107,432 \text{ in} \\
 b &= r - AC = 130 - 107,432 \text{ in} = 22,5676 \text{ in} \\
 ha &= tha + b + sf = (3/16) \text{ in} + 22,5676 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 ha &= 24,755 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### . Menentukan tebal tutup bawah

Tebal tutup bawah (thb) berbentuk conical dengan  $\alpha = 60^\circ$  :

$$thb = \frac{Pi \cdot de}{2 (f \cdot E - 0,6Pi) \cos \alpha} + C, \text{ dimana } de = di$$

$$thb = \frac{(5,0591) \cdot (143,125)}{2 [(18750) \cdot (0,8) - (0,6)(5,0591)] \cos 60} + (2/16)$$

$$thb = 0,0222 + \frac{2}{16} = \frac{2}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 5.6 hal. 88, untuk  $ts = 3/16 \text{ in}$ , maka  $sf = 1,5 - 2$ , diambil harga  $sf = 2 \text{ in}$ .

Tinggi tutup bawah (hb) :

$$b = \frac{1/2 \cdot d_i}{\text{tg } 1/2 \alpha}$$

$$b = \frac{1/2 \cdot (131,625)}{\text{tg } 1/2 (120)} = 37,9969 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 hb &= b + sf = 37,9969 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 &= 39,997 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka diperoleh dimensi reaktor sebagai berikut :

- $d_o = 132 \text{ in}$	- $tha = 3/16 \text{ in}$
- $d_i = 131,625 \text{ in}$	- $ha = 24,7551 \text{ in}$
- $L_s = 202,921536 \text{ in}$	- $thb = 3/16 \text{ in}$
- $ts = 3/16 \text{ in}$	- $hb = 39,9969 \text{ in}$
- Tinggi reaktor =	Tinggi (tutup bawah + silinder + tutup atas)
=	$hb + L_s + ha$

$$= 39,997 + 196,17864 + 24,75 \text{ in}$$

$$= 267,6735 \text{ in}$$

## 5.2. Perhitungan pengaduk

Perencanaan pengaduk :

- Jenis pengaduk : axial turbin 4 blades sudut 45° (G.G. Brown hal. 507)
- Bahan impeller : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316.
- Bahan poros pengaduk : Hot Roller SAE 1020
- Dari G.G. Brown hal. 507, diperoleh data-data sebagai berikut :

$$Dt/Di = 2,4 - 3,0$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9$$

$$W/Di = 0,17$$

Dimana :

Dt = Diameter dalam dari silinder

Di = Diameter impeller

Zi = Tinggi impeller dari dasar tangki

Zl = Tinggi liquid dalam silinder

W = Lebar baffle (daun) impeller

1. Menentukan diameter impeller

$$Dt/Di = 3$$

$$Di = Dt/3,0$$

$$Di = (131,625 \text{ in})/3,0 = 43,875 \text{ in} = 3,6563 \text{ ft}$$

2. Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki

$$Zi/Di = 0,9$$

$$Zi = 0,9 Di$$

$$Zi = 0,9 \times (43,875 \text{ in}) = 39,4875 \text{ in}$$

3. Menentukan panjang impeller

$$L/Di = \frac{1}{4} \quad (\text{Geankoplis, tabel 3.4-1 hal. 144})$$

$$L = \frac{1}{4} \cdot Di$$

$$L = 0,25 \times (43,875 \text{ in}) = 10,96875 \text{ in}$$

l. Menentukan lebar impeller

$$W/D_i = 0,17$$

$$W = 0,17 \cdot D_i$$

$$W = 0,17 \times (43,875 \text{ in}) = 7,45875 \text{ in}$$

. Menentukan tebal blades

$$J/D_t = \frac{1}{12} \quad (\text{Geankoplis, tabel 3.4-1 hal.144})$$

$$J = \frac{D_t}{12}$$

$$J = (131,625 \text{ in})/12 = 10,96875 \text{ in}$$

f. Menentukan jumlah pengaduk

$$n = \frac{H \text{ liquid}}{2 \times D_i^2}$$

$$n = \frac{(11,1911 \text{ ft})}{2 \times (3,6563 \text{ ft})^2}$$

$$n = 0,4348 \approx 1 \text{ buah}$$

• Perhitungan daya pengaduk

$$P = \frac{\phi \times \rho \times n^3 \times D_i^5}{gc}$$

Dimana :

$$P = \text{daya pengaduk}$$

$$\phi = \text{power number}$$

$$\rho = \text{densitas bahan} = 71,485 \text{ lb/ft}^3$$

$$D_i = \text{Diameter impeller} = 43,875 \text{ in} = 3,65625 \text{ ft}$$

$$gc = 32,2 \text{ lb.ft/dt}^2 \cdot \text{lbf}$$

$$n = \text{putaran pengaduk, ditetapkan } n = 150 \text{ rpm} = 2,5 \text{ rps (perry, edisi 6 hal. 19-6)}$$

Menghitung bilangan Reynold ( $N_{Re}$ )

$$N_{Re} = \frac{D^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, pers. 3.4-1 hal. 144})$$

$$\text{dengan } \mu \text{ bahan} = 1,3774 \text{ cp} = (1,3774) \times (6,7197 \cdot 10^{-4}) = 9,2557 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft.s}$$

$$N_{Re} = \frac{(3,6563\text{ft})^2 \times (2,5) \times (71,485\text{lb/ft}^3)}{9,2557 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft.s}}$$

$$N_{Re} = 0,0258$$

Dari Mc Cabe II hal. 47, diketahui aliran liquid adalah turbulen ( $N_{Re} > 2100$ )

Dari G.G. Brown fig. 4.77 hal. 507, diperoleh  $\Phi = 0,7$

$$P = \frac{(0,7) \times (71,485 \text{ lb/ft}^3) \times (2,5)^3 \times (3,6563\text{ft})^5}{32,2 \text{ lb.ft/dt}^2.\text{lbf}}$$

$$\begin{aligned} P &= 15865,6012 \text{ lb.ft/dt} \\ &= (15865,6012/550) \\ &= 28,847 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Kehilangan-kehilangan daya :

- Gain Losses (kebocoran daya pada proses dan bearing) diperkirakan 10% dari daya masuk.
- Transmission System Losses (kebocoran belt atau gear) diperkirakan 15% dari daya masuk.

Sehingga daya yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} P \text{ yang dibutuhkan} &= (0,1 + 0,15) P + P \\ &= (0,25) \times (28,847 \text{ Hp}) + 28,847 \text{ Hp} \\ &= 36,0586 \text{ Hp} \approx 37 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Jadi digunakan pengaduk dengan daya = 37 Hp

#### • Perhitungan poros pengaduk

##### 1. Diameter poros

$$T = \frac{\pi \cdot S \cdot D^3}{16} \quad (\text{Hesse, pers. 16-1 hal. 465})$$

Dimana :

$$T = \text{momen puntir (lb.in)} = \frac{63025 \cdot H}{N} \quad (\text{Hesse, hal. 469})$$

H = daya motor pada poros = 46 Hp

N = putaran pengaduk = 150 rpm

Sehingga :

$$T = \frac{(63025) \cdot (37)}{150} = 15546,2 \text{ lb.in}$$

Dari Hesse, tabel 16-1 hal. 457, untuk bahan Hot Rolled steel SAE 1020, mengandung karbon = 20%, dengan batas = 36000 lb/in<sup>2</sup>.

S = maksimum design shering stress yang diijinkan

$$S = 20 \% \times 36000 \text{ lb/in}^2$$

Maka didapatkan diameter pengaduk (D) :

$$D = \left( \frac{16 \times T}{\mu \times S} \right)$$

$$D = \left( \frac{16 \times 15546,2}{3,14 \times 7200} \right)^{1/3}$$

$$D = 3,6674 \text{ in}$$

## 2. Panjang poros

Rumus :

$$L = h + l - Z_i$$

Dimana :

L = panjang poros (ft)

Z<sub>i</sub> = jarak impeller dari dasar tangki = 39,4875 in = 3,2906 ft

l = panjang poros diatas bejana tangki = 10,9688 in = 0,9141 ft

h = tinggi silinder + tinggi tutup atas

$$= (196,17864 + 24,755) = 227,67666 \text{ in} = 18,973 \text{ ft}$$

Jadi panjang poros pengaduk :

$$\begin{aligned} L &= (220,9338 + 10,96875) - 39,4875 \\ &= 199,157912 \text{ in} \end{aligned}$$

Kesimpulan dimensi pengaduk :

Type : axial turbin 4 blades 45°

Di : diameter impeller = 43,875 in = 3,6563 ft

Z<sub>i</sub> : tinggi impeller dari dasar bejar = 39,4875 in

W : lebar impeller = 7,45875 in

L : panjang impel = 10,9688 in

J : tebal blades = 10,9688 in

n : jumlah pengaduk = 1 buah

Daya = 37 Hp

Diameter poros = 3,667414 in

Panjang poros = 199,1579 in

### 3. Perhitungan Nozzle

Perencanaan :

- Nozzle pada tutup atas standart dished
  - Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$
  - Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Natrium klorida (NaCl)
- Nozzle untuk silinder reaktor
  - Nozzle untuk pemasukan coil
  - Nozzle untuk pengeluaran coil
- Nozzle pada tutup bawah conical
  - Nozzle untuk pengeluaran produk
- Digunakan flange standart type Welding neck pada :
  - Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$
  - Nozzle untuk pemasukan umpan/feed Natrium klorida (NaCl)
  - Nozzle untuk pemasukan coil
  - Nozzle untuk pengeluaran coil
  - Nozzle untuk pengeluaran produk

### Dasar Perhitungan

1. Nozzle pemasukan umpan/feed Ammonium Sulfit  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

- Rate umpan masuk = 8533,0828 kg/jam = 18812,0343 lb/jam
- Densitas umpan = 82,051 lb/ft<sup>3</sup>

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{Rate umpan masuk}}{\rho \text{ umpan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{18812,034}{82,051} \\ &= 229,272 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,06369 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal. 498, didapatkan Di optimum :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,06369)^{0,45} \times (82,051)^{0,13} \end{aligned}$$

$$= 2,0032 \text{ in} = 0,16693 \text{ ft}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal. 892, maka dipilih pipa 2 in IPS sch. 40 dengan ukuran :

- ID = 2,067 in
- OD = 2,375 in
- A = 0,0233 ft<sup>2</sup>

b. *Nozzle pemasukan umpan/feed Natrium Klorida (NaCl)*

- Rate NaCl masuk = 7807,1368 kg/jam = 17211,6138 lb/jam
- Densitas NaCl = 132,567 lb/ft<sup>3</sup>

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate NaCl masuk}}{\rho \text{ NaCl}} \\ &= \frac{17211,614}{132,567} \\ &= 129,833 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,03606 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$



Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal. 498, didapatkan Di optimum :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,03606)^{0,45} \times (132,567)^{0,13} \\ &= 1,6506 \text{ in} = 0,1793 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal. 892, maka dipilih pipa 2 in IPS Sch. 40 dengan ukuran :

- ID = 2,067 in
- OD = 2,375 in
- A = 0,0233 ft<sup>2</sup>

c. *Nozzle pemasukan dan pengeluaran coil pemanas*

- Rate steam masuk = 2537,58 kg/jam = 5594,35548 lb/jam
- Densitas steam = 31,204 lb/ft<sup>3</sup>

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{\text{Rate steam}}{\rho \text{ steam}}$$

$$= \frac{2537,583}{31,204}$$

$$= 81,3224 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,02259 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal. 498, didapatkan Di optimum :

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 \quad (Q)^{0,45} \quad (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \quad \times \quad (0,0226)^{0,45} \quad \times \quad (31,204)^{0,13} \\ &= 1,1081 \text{ in} = 0,09234 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal. 892, maka dipilih pipa 1 1/4 in IPS Sch. 40 dengan ukuran :

- ID = 1,38 in
- OD = 1,66 in
- A = 0,0104 ft<sup>2</sup>

#### l. Nozzle pengeluaran produk

- Rate produk keluar = 43786,4332 kg/jam = 96531,5706 lb/jam
- Densitas produk = 93,6851 lb/ft<sup>3</sup>

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Rate produk keluar}}{\rho \text{ produk}} \\ &= \frac{96531,57063}{93,6851} \\ &= 1030,38 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,28622 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Dari Peter & Timmerhausse fig. 14.2 hal. 498, didapatkan Di optimum :

$$\begin{aligned} \text{Di Opt} &= 3,9 \quad \times \quad (Q)^{0,45} \quad (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \quad \times \quad (0,2862)^{0,45} \quad \times \quad (93,6851)^{0,13} \\ &= 4,0076 \text{ in} = 0,33397 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal. 892, maka dipilih pipa 4 in IPS Sch. 40 dengan ukuran :

- ID = 4,026 in
- OD = 4,5 in
- A = 0,0884 ft<sup>2</sup>



### Nozzle untuk manhole

Lubang manhole dibuat berdasarkan standart yang ada yaitu : 20 in (*Brownell & young fig. 3.15 dengan data item 3,4,5 hal 351*)

Berdasarkan fig. 12.2 Brownell & Young hal 221, didapatkan dimensi pipa :

Ukuran pipa nominal (NPS)	:	20	in
Diameter luar pipa	:	27 ½	in
Ketebalan flange minimum (T)	:	1 11/16	in
Diameter bagian lubang menonjol (R)	:	23	in
Diameter hubungan pada titik pengelasan (K)	:	20	in
Diameter hubungan pada alas (E)	:	22	in
Panjang julukan (L)	:	5 11/16	in
Diameter dalam flange (B)	:	19,25	in
Jumlah lubang baut	:	20	buah
Diameter baut	:	1 ½	in

Dari Brownell & Young tabel 12.2 hal. 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type welding neck dengan dimensi nozzle sebagai berikut :

- Nozzle A = Nozzle untuk pemasukan feed Ammonium sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$
- Nozzle B = Nozzle untuk pemasukan feed Ammonium sulfat (NaCl)
- Nozzle C = Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pemanas
- Nozzle D = Nozzle untuk pengeluaran produk
- Nozzle E = Nozzle untuk Manhole
- NPS = Ukuran pipa nominal, in
- A = Diameter luar flange, in
- T = Ketebalan flange minimum, in
- R = Diameter luar bagian yang menonjol, in
- E = Diameter hubungan atas, in
- K = Diameter hubungan pada titik pengelasan, in
- L = Panjang julukan, in
- B = Diameter dalam flange, in

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2	6	$\frac{3}{4}$	$3 \frac{5}{8}$	$3 \frac{1}{16}$	2,38	$2 \frac{1}{2}$	2,07
B	2	6	$\frac{3}{4}$	$3 \frac{5}{8}$	$3 \frac{1}{16}$	2,38	$2 \frac{1}{2}$	2,07
C	$1 \frac{1}{4}$	$4 \frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	$2 \frac{1}{2}$	$2 \frac{5}{16}$	1,66	$2 \frac{1}{4}$	1,38
D	4	9	$1 \frac{5}{16}$	$6 \frac{3}{16}$	$5 \frac{5}{16}$	4,5	3	4,03
E	20	$27 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{16}$	23	22	20	$5 \frac{1}{16}$	19,25

#### 5.4. Perhitungan Coil Pemanas

Dalam reaktor, reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis dan beroperasi pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Sehingga diperlukan coil pemanas dengan steam sebagai media pemanas untuk memberikan panas pada reaksi tersebut sehingga reaksi tetap pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ .

##### Dasar perencanaan :

Bahan masuk = 43786,4322 kg/jam = 96531,5706 lb/jam

(Q) = 724043,735 kkal/jam = 2873222,754 Btu/jam

- Steam masuk pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$  = ( $248^{\circ}\text{F}$ )
- Steam keluar pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  = ( $230^{\circ}\text{F}$ )
- Menggunakan coil pemanas dengan bentuk spiral
- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316  
(Brownell & Young, tabel 13.1 hal. 251)

##### Menentukan $\Delta T_{LMTD}$

- $t_1$  = suhu bahan masuk =  $100^{\circ}\text{C}$  =  $212^{\circ}\text{F}$
- $t_2$  = suhu bahan keluar =  $100^{\circ}\text{C}$  =  $212^{\circ}\text{F}$
- $T_1$  = suhu steam masuk =  $120^{\circ}\text{C}$  =  $248^{\circ}\text{F}$
- $T_2$  = suhu steam keluar =  $110^{\circ}\text{C}$  =  $230^{\circ}\text{F}$

$$- \Delta t_1 = (248-212)^{\circ}\text{F} = 36 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$- \Delta t_2 = (230-212)^{\circ}\text{F} = 18 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} - \Delta T_{\text{LMTD}} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2} \\ &= \frac{(36-18)^{\circ}\text{F}}{\ln 36^{\circ}\text{F} / 18^{\circ}\text{F}} \\ &= 90,4139215 \text{ }^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

- Menentukan suhu kaloric

$$- T_c = \frac{1}{2} (T_1 + T_2) = \frac{1}{2} (248 + 230)^{\circ}\text{F} = 239 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$- t_c = \frac{1}{2} (t_1 + t_2) = \frac{1}{2} (212 + 212)^{\circ}\text{F} = 212 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

- Ukuran pipa yang digunakan 4 in Sch. 40, dengan ukuran :

(Kern, tabel 11 hal. 844)

$$- D_o = 4,5 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$- D_i = 4,026 \text{ in} = 0,3355 \text{ ft}$$

$$- a'' = 1,178 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$- a_p = 12,7 \text{ in}^2 = 0,088189 \text{ ft}^2$$

### Dasar perhitungan

- Koefisien perpindahan panas bagian dalam pipa coil pemanas*

Diketahui :

$$h_{i0} \text{ steam} = 1500 \text{ Btu/h.ft}^2.^{\circ}\text{F}$$

( $h_{i0}$  = koefisien perpindahan panas dari pipa luar yang dikoreksi terhadap diameter pipa dalam, Btu/h.ft<sup>2</sup>.°F)

- Koefisien perpindahan panas bagian permukaan shell reaktor*

$$\begin{aligned} \circ \text{ GP} &= \frac{M}{a_p} = \frac{96531,5706}{0,0881888} \\ &= 1094601,249 \text{ lb/h.ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ \text{ NR}_e &= \frac{D_i \times \text{GP}}{\mu \times 2,42} \\ &= \frac{(0,3355 \text{ ft}) \times (1094601,249 \text{ lb/h.ft})}{(0,033 \times 2,42) \text{ lb/h.ft}} \\ &= 4598531,417 > 2100 \end{aligned}$$

(aliran turbulen)

Dari Mc Cabe II hal. 47, diketahui alirannya adalah turbulen ( $NR_e > 2100$ )

$$\bullet \quad J_H = 2000 \quad (\text{Kern, fig. 24 hal. 834})$$

$$\bullet \quad h_o = J_H \frac{k}{D_i} \left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu \cdot W} \right)^{0,14}$$

Dimana :

$$- \left( \frac{\mu}{\mu \cdot W} \right)^{0,14} = 1$$

$$- C_p = \text{kapasitas panas campuran} = 0,45 \quad \text{Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$- \mu = \text{viskositas steam} = 0,033 \quad \text{cp}$$

$$- k = \text{konduktivitas thermal campuran} = 0,015 \quad (\text{Kern, tabel 5 hal. 801})$$

$$- D_i = 0,3355 \quad \text{ft}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} h_o &= (2000) \times \left( \frac{0,015}{0,3355} \right) \times \left( \frac{(0,45) \times (0,033 \times 2,42)}{0,2} \right)^{1/3} \\ &= 50,45830662 \quad \text{Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

• *Tahanan panas pada pipa dalam keadaan bersih*

$$U_c = \frac{h_{i0} \times h_o}{h_{i0} + h_o}$$

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{(1500 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}) \times (50,458 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F})}{(1500 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}) + (50,458 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F})} \\ &= 48,8161853 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

• *Tahanan panas pada pipa dalam keadaan kotor*

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$0,004 = \frac{48,8161 - U_d}{48,8161 \times U_d}$$

$$0,195265 \quad U_d = 48,81618526 - U_d$$

$$U_d = 40,8413 \quad \text{Btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F}$$

9. Luas permukaan perpindahan panas :

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta t_{LMTD}} = \frac{2873222,754}{(40,8413) \times (90,4139)} = 778,098 \text{ ft}^2$$

10. Menghitung panjang lilitan

$$L = \frac{A}{a''} = \frac{778,097932}{1,178} = 660,525 \text{ ft}$$

11. Menghitung jumlah lilitan coil

$$n_c = \frac{L}{d_c \times \pi}$$

Dimana :  $d_c = 0,65 \times d_i$

$d_i =$  diameter tangki

Sehingga :  $d_c = 0,65 \times 11,9271 = 7,752602 \text{ ft} = 93,031224 \text{ in}$

$$n_c = \frac{660,52456}{(7,7526) \times \pi} = 27,1339 \approx 28 \text{ buah}$$

12. Menghitung tinggi lilitan coil

$$L_c = [(n_c - 1) (D_o + \text{jarak 2 coil}) + D_o]$$

Dimana :

Diambil jarak 2 coil ( $h_c$ ) = 1 in

$$L_c = [(28 - 1) (4,5 + 1) + 4,5]$$

$$L_c = 153 \text{ in} = 12,7500 \text{ ft}$$

13. Menghitung tinggi liquid dalam silinder ( $L_{ls}$ )

$$\text{Volume liquid} = V \text{ tutup bawah} + V \text{ silinder}$$

$$1668,2492 = \frac{\pi \cdot D_i^3}{24 \cdot \text{tg } 1/2 \alpha} + \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} L_{ls}$$

$$1668,2492 = \frac{\pi \cdot (11,92708)^3}{24 \cdot \text{tg}(60)} + \frac{\pi \cdot (11,92708)^2}{4} L_{ls}$$

$$1668,2492 = 128,1622655 + 111,6703613 L_{ls}$$

$$L_{ls} = 13,79136699 \text{ ft}$$

Karena  $L_c (12,75 \text{ ft}) < L_{ls} (13,7913 \text{ ft})$ , jadi perhitungan coil pemanas sudah memadai.

## 6.5 Sambungan Tutup (Head) dengan Dinding Reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell reaktor dihubungkan secara flange dan bolting untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

### 1. Gasket

Dari Brownell & Young, fig. 12.11 hal. 228, didapatkan :

Bahan konstruksi : Flange metal, jacketed, asbestos filled, stainless steel

Gasket factor (m) : 3,8

Minimum design seating stress ( $\sigma$ ) : 9000 psia

### 2. Bolting

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 344, didapatkan :

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347

Tensile strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 15000

### 3. Flange

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 342, didapatkan :

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

Tensile strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750

Type flange : Ring flange loose type

#### 6.5.1. Perhitungan Lebar Gasket

Dari Brownell & Young, persamaan 12.2 hal. 226 :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p \cdot m}{y - p(m + 1)}}$$

Dimana :

- $d_o$  = diameter luar gasket
- $d_i$  = diameter dalam gasket
- $y$  = yield stress (9000 psia)
- $p$  = internal pressure (14,7 psia)
- $m$  = gasket factor (3,75)

Diketahui  $d_i$  gasket =  $d_o$  shell = 132 in = 11 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9000 - (14,7 \times 3,75)}{9000 - 14,7(3,75 + 1)}}$$

$$\frac{d_o}{11} = 1,0008$$

$$\begin{aligned} d_o &= 11,009 \text{ ft} \\ &= 132,11 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= \frac{d_o - d_i}{2} = \frac{(132,11 - 132) \text{ in}}{2} \\ &= 0,05412 \approx \frac{1}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil gasket (n)} = \frac{1}{16} \text{ in} = 0,0625 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata gasket (G)} &= d_i + n \\ &= 132 \text{ in} + 0,0625 \text{ in} \\ &= 132,0625 \text{ in} = 11,005208 \text{ ft} \end{aligned}$$

### 6.5.2. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Baut (Bolting)

#### ▪ Perhitungan beban baut

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.88 hal. 240 :

Beban gasket supaya tidak bocor ( $H_y$ )

$$W_{m2} = H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.12 hal. 229 :

$$\begin{aligned} \text{Lebar setting gasket bawah} &= b_o = n/2 \\ &= (0,0625/2) = 0,03125 \end{aligned}$$

- Sehingga didapatkan  $H_y$  :

$$H_y = W_{m2} = (\pi) \times (0,03125) \times (132,0625) \times (9000)$$

$$H_y = 116627,6953 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.90 hal. 240 :

Beban baut agar tidak bocor ( $H_p$ )

$$H_p = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p$$

$$H_p = 2 \times (\pi) \times (0,03125) \times (132,0625) \times (3,75) \times (14,7)$$

$$H_p = 1428,68927 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.89 hal. 240 :

Beban karena tekanan dalam (H)

$$H = \pi/4 \cdot G^2 \cdot p$$

$$H = (\pi/4) \times (132,0625)^2 \times (14,7)$$

$$H = 201254,695 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.91 hal. 240 :

Total berat beban pada kondisi operasi ( $W_{ml}$ )

$$W_{ml} = H + H_p$$

$$= 201254,695 \text{ lb} + 1428,69 \text{ lb}$$

$$= 202683,384 \text{ lb}$$

Karena  $W_{ml} > W_{m2}$ , maka yang mengontrol adalah  $W_{ml}$ .

#### ▪ *Perhitungan luas minimum bolting area*

Dari Brownell & Young, persamaan 12.93 hal. 240 :

$$\begin{aligned} A_{ml} &= \frac{W_{ml}}{f_b} \\ &= \frac{202683,3841}{15000} \\ &= 13,512 \text{ in}^2 = 0,09383 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

#### ▪ *Perhitungan Bolting Optimum*

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 :

- Ukuran baut = 1 in

- Root area = 0,551 in<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bolting optimum} &= \frac{A_{ml}}{\text{root area}} = \frac{13,512 \text{ in}^2}{0,551 \text{ in}^2} \\ &= 24,5231 \approx 25 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 :

- Bolt spacing = 2 1/4 in

- Minimum radial distance ( = 1 3/8 in

- Edge distance (E) = 1 5/8 in

- Bolting circle diameter (C) :



$$C = d_i \text{ shell} + 2 (14,5 \cdot G_o + R)$$

Dimana :

$$- d_i \text{ shell} = 131,63 \text{ in}$$

$$- g_o = \text{tebal shell (ts)} = \frac{3}{16}$$

Maka bolting circle diameter (C) :

$$\begin{aligned} C &= (131,625 \text{ in}) + 2 [(14,5) \cdot (3/16 \text{ in}) + (1 \ 3/8 \text{ in})] \\ &= 139,81 \text{ in} \end{aligned}$$

- Diameter luar flange

$$\begin{aligned} \text{OD} &= C + 2 E \\ &= (131,625 \text{ in}) + (2 \times 1 \ 5/8 \text{ in}) \\ &= 143,0625 \text{ in} = A \end{aligned}$$

- Check lebar gasket

$A_b \text{ actual} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area}$

$$A_b \text{ actual} = 25 \times 0,551 \text{ in}$$

$$A_b \text{ actual} = 13,775 \text{ in}^2$$

- Lebar gasket minimum

$$\begin{aligned} L &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times G} \\ &= 13,775 \times \frac{15000}{2 \times 3,14 \times 9000 \times 132,0625} \\ &= 0,0277 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena  $L < n = 0,0625 \text{ in}$ , jadi perhitungan bolting optimum memenuhi.

#### ▪ Perhitungan Moment

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.94 hal. 242, untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan uap dalam) :

$$W = \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.94 hal. 242})$$

$$\begin{aligned} W &= \left( \frac{13,512 + 13,775}{2} \right) \times 15000 \\ &= 305996 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle :

$$h_G = \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.101 hal. 242})$$

$$\begin{aligned} h_G &= \frac{139,81 - 132,0625}{2} \\ &= 3,875 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment flange ( $M_a$ ) :

Dari Brownell & Young, halaman 243 :

$$M_a = W \cdot H_g$$

$$M_a = 305996 \times 3,875$$

$$M_a = 1185734,05 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.95 hal. 243 :

Dalam kondisi operasi :

$$W = W_{ml} = 202683,3841 \text{ lb}$$

- Hidrastic and force pada daerah dalam flange ( $H_b$ )

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal. 243 :

$$H_b = 0,785 \cdot B^2 \cdot p$$

Dimana :

$$- B = d_o \text{ shell reaktor} = 132 \text{ in}$$

$$- p = \text{tekanan operasi} = 15 \text{ lb/in}^2$$

Maka :

$$H_b = (0,785) \times (132 \text{ in})^2 \times (14,7 \text{ lb/in}^2)$$

$$H_b = 201064,248 \text{ lb}$$

- Jarak radial bolt circle pada aksi ( $h_b$ )

Dari Brownell & Young, pers. 12.100 hal. 243 :

$$\begin{aligned} h_b &= \frac{C - B}{2} \\ &= \frac{139,81 - 132}{2} = 3,90625 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment  $M_b$

Dari Brownell & Young, pers. 12.96 hal. 242 :

$$\begin{aligned} M_b &= H_b \times h_b \\ &= (201064,248 \text{ lb}) \times (3,90625 \text{ in}) \\ M_b &= 785407,219 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total ( $H_c$ )

$$\begin{aligned} H_c &= W - H \\ &= (202683,3841 \text{ lb}) - (201254,695 \text{ lb}) \\ &= 1428,7 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Moment  $M_c$

Dari Brownell & Young, pers. 12.98 hal. 242 :

$$\begin{aligned} M_c &= H_c \times h_c \\ &= (1428,7 \text{ lb}) \times (3,875 \text{ in}) \\ &= 5536,2 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal. 242 :

$$\begin{aligned} H_r &= H - H_b \\ &= (201254,695 \text{ lb}) - (201064,248 \text{ lb}) \\ &= 190,45 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.102 hal. 244 :

$$\begin{aligned} h_r &= \frac{h_b + h_c}{2} \\ &= \frac{1}{2} (3,90625 \text{ in} + 3,875 \text{ in}) \\ &= 3,8906 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment  $M_r$

Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal. 242 :

$$\begin{aligned} M_r &= H_r \times h_r \\ &= (190,45 \text{ lb}) \times (3,8906 \text{ in}) \\ M_r &= 740,9571831 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi ( $M_o$ ) :

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + M_G + M_T \\ &= (785407,22 + 5536,2 + 740,95) \text{ lb.in} \\ &= 791684,3468 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Karena  $M_o < M_a$ , maka  $m_{\max} = M_a = 1185734,05 \text{ lb.in}$

### 5.3. Perhitungan Tebal Flange

Dari Brownell & Young, pers. 12.85 hal. 239 :

$$f_r = \frac{Y \cdot M_o}{t^2 \cdot B}$$

sehingga didapatkan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}} \text{ dan}$$

$$k = A/B$$

Dimana :

- A = liameter luar flange = 143,0625 in
- B = diameter dalam flange = 132 in
- f = stress yang diijinkan untuk bahan flange (18750 psia)

Maka :

$$k = A/B = (143,0625) : (132)$$

$$k = 1,08381$$

Dari Brownell & Young, fig. 12.22 hal 238, didapatkan :

- Y = 20
- M = 1185734,051 lb.in

sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{(20) \times (1185734,051)}{(18750) \times (132)}}$$

$$t = 9,5817 \text{ in}$$

**kesimpulan Perancangan :****Flange**

Bahan konstruksi	:	High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316
Tensile strength minimum	:	75000 psia
Allowable stress (f)	:	18750
Tebal flange	:	9,58169 in
Diameter dalam (D <sub>i</sub> ) flange	:	132 in
Diameter luar (D <sub>o</sub> ) flange	:	143,063 in
Type flange	:	Ring flange loose type

**Bolting**

Bahan konstruksi	:	High Alloy Stell SA 193 Grade M type 347
Tensile strength minimum	:	75000 psia
Ukuran baut	:	1 in
Jumlah baut	:	25 buah
Allowable stress (f)	:	15000

**Gasket**

Bahan konstruksi	:	asbestos filled
Gasket factor (m)	:	3,75
Min design seating stress (y)	:	9000 psia
Tebal gasket (n)	:	$\frac{1}{16}$ in

**6. Perhitungan Sistem Penyangga Reaktor**

Sistem penyangga dirancang agar mampu untuk penyangga beban reaktor

dan perlengkapannya.

- Berat shell reaktor
- Berat tutup atas standart dishead
- Berat tutup bawah reaktor
- Berat liquid dalam reaktor
- Berat pengaduk dan perlengkapannya
- Berat coil pemanas
- Berat attachment

**Dasar Perhitungan :****□ Berat shell reaktor**

Rumus :

$$W_s = \pi/4 (d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana :

- $W_s$  = berat shell reaktor, lb
- $d_o$  = diameter luar shell = 132 in = 11 ft
- $d_i$  = diameter dalam shell = 131,625 in = 10,96875 ft
- $H$  = tinggi shell reaktor ( $L_s$ ) = 202,922 in = 16,910128 ft
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W_s &= (\pi/4) \times [(11 \text{ ft})^2 - (10,96875 \text{ ft})^2] \times (16,910128 \text{ ft}) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 4456,365246 \text{ lb} \\ &= 2021,394015 \text{ kg} \end{aligned}$$

**□ Berat tutup atas standart dishead**

Rumus :

$$W_d = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 6,28 \cdot L \cdot h \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

- $W_d$  = berat tutup atas reaktor, lb
  - $A$  = luas tutup atas standart dishead, ft<sup>2</sup>
  - $t$  = tebal tutup atas (th) = 3/16 in = 0,1875 ft
  - $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>
- (Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- $L$  = crown radius (r) = 102 in = 8,5 ft
  - $h$  = tinggi tutup atas reaktor ( $h_a$ ) = 24,755127 in = 2,0629 ft

Luas tutup atas :

$$\begin{aligned} A &= (6,28) \times (102 \text{ in}) \times (24,7551 \text{ in}) \\ &= 15857,14393 \text{ in}^2 = 110,119 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berat tutup atas :

$$W_d = (110,119 \text{ ft}^2) \times (0,1875/12)\text{ft} \times (489 \text{ lb/ft}^3)$$

$$W_d = 841,378405 \text{ lb} = 381,6467409 \text{ kg}$$

□ **Berat tutup bawah conical**

Rumus :

$$W_d = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 0,785 (D + m) \sqrt{4h^2 + (D - m)^2} + 0,78 D^2$$

(Hesse, pers. 4-16 hal. 92)

Dimana :

- $W_d$  = berat tutup bawah reaktor, lb
- $A$  = luas tutup bawah conical, ft<sup>2</sup>
- $t$  = tebal tutup bawah (thb) = 3/16 in = 0,1875
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>  
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- $D$  = diameter dalam silinder = 131,625 in = 10,9688 ft
- $h$  = tinggi tutup bawah reaktor (hb = 39,996865 in = 3,3331 ft
- $m$  = flat spot diameter = ½ D = ½ 131,625  
= 65,8125 in = 5,484375 ft

Luas tutup bawah :

$$A = (0,785) \times (10,969 + 5,4843) \times \sqrt{(4 \times (3,3331)^2) + (10,969 - 5,4843)^2} + 0,78 \times (10,969)^2$$

$$A = 250,7873 \text{ ft}^2 = 36113,3712 \text{ in}^2$$

Berat tutup bawah :

$$W_d = (250,7873 \text{ ft}^2) \times (0,1875/12)\text{ft} \times (489 \text{ lb/ft}^3)$$

$$W_d = 1916,171714 \text{ lb} = 869,1697877 \text{ kg}$$

□ **Berat liquid dalam reaktor**

Rumus :

$$W_l = m \cdot t$$

Dimana :

- $m$  = berat larutan dalam reaktor = 96531,571 lb/jam
- $t$  = waktu tinggal liquid dalam reaktor = 1 jam

Maka :

$$\begin{aligned} W_i &= (96531,5706 \text{ lb/jam}) \times (1 \text{ jam}) \\ &= 96531,5706 \text{ lb} \\ &= 43786,43319 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat poros pengaduk dalam reaktor**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_p &= V \cdot \rho \\ V &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot L \end{aligned}$$

Dimana :

- $W_p$  = berat poros pengaduk dalam reaktor, lb
- $V$  = volume poros pengaduk, ft<sup>3</sup>
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>  
(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)
- $D$  = diameter poros pengaduk = 3,66741 in = 0,30562 ft
- $L$  = panjang poros pengaduk = 199,158 in = 16,5965 ft

Volume poros pengaduk :

$$\begin{aligned} V &= (\pi/4) \times (0,3056 \text{ ft})^2 \times (16,035 \text{ ft}) \\ &= 1,21687 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Berat poros pengaduk :

$$\begin{aligned} W_p &= (1,1756 \text{ ft}^3) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 595,048 \text{ lb} \\ &= 269,912 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat impeller dalam reaktor**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_i &= V \cdot \rho \\ V &= 4 (\rho \cdot l \cdot t) \\ \rho &= D_i / 2 \end{aligned}$$

Dimana :

- $W_i$  = berat impeller dalam reaktor, lb
- $V$  = volume dari total blades, ft<sup>3</sup>
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>



(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

- $p$  = panjang 1 kupingan blade, ft
- $l$  = lebar 1 kupingan blade = 7,45875 in = 0,62156 ft
- $t$  = tebal 1 kupingan blade = 10,9688 in = 0,91406 ft
- $D_i$  = diameter pengaduk = 43,875 in = 3,65625 ft

Volume impeller pengaduk :

- $p = D_i / 2$   
= (3,6563 ft) / 2 = 1,828125 ft
- $V = (4) \times (1,8281 \text{ ft}) \times (0,6216 \text{ ft}) \times (0,9141 \text{ ft})$   
= 4,15457 ft

Berat impeller pengaduk :

$$\begin{aligned} W_i &= (4,1545 \text{ ft}^3) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 2031,59 \text{ lb} \\ &= 921,522 \text{ kg} \end{aligned}$$



□ **Berat coil pemanas dalam reaktor**

$$W_c = \pi/4 (D_o^2 - D_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana :

- $W_c$  = berat coil pemanas dalam reaktor, lb
- $D_o$  = diameter luar pipa coil pemanas = 4,5 in = 0,375 ft
- $D_i$  = diameter dalam pipa coil pemanas = 4,03 = 0,3355 ft
- $H$  = panjang coil pemanas = 660,525 ft
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

Berat coil pemanas :

$$\begin{aligned} W_c &= (\pi/4) \times [(0,375)^2 - (0,3355)^2] \text{ft}^2 \times (660,525 \text{ ft}) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 7115,885535 \text{ lb} \\ &= 3227,744505 \text{ kg} \end{aligned}$$

□ **Berat Attachment**

Berat attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle, dan sebagainya.

Dari Brownell & Young, hal. 157 :

$$W_a = 18\% W_s$$

Dimana :

- $W_a$  = berat attachment, lb
- $W_s$  = berat shell reaktor = 4456,365246 lb = 2021,39402 kg

Sehingga :

$$\begin{aligned} W_a &= (0,18) \times (4308,2843 \text{ lb}) \\ &= 802,1457442 \text{ lb} \\ &= 363,8509227 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat total penyangga :

$$\begin{aligned} W_T &= W_s + W_d (\text{tutup atas}) + W_d (\text{tutup bawah}) + W_i + W_p + W_i + W_c + W_a \\ &= (1954,2249 + 381,6467 + 869,1697 + 43786,4332 + 260,774 + \\ &\quad 921,522 + 3227,7445 + 351,7604) \text{ kg} \\ &= 51841,67309 \text{ kg} \\ &= 114290,1525 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan adalah 10%, maka berat total beban penyangga :

$$\begin{aligned} &= (1,1) \times (114095,27 \text{ lb}) \\ &= 125719,1677 \text{ lb} = 57025,8404 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 7. Perhitungan Kolom Penyangga Reaktor (Leg)

Perencanaan :

- Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan)
- Jenis kolom yang digunakan : I beam

Dasar Perhitungan :

### 1) *Beban tiap kolom*

Dari Brownell & Young, pers. 10.76 hal. 197 :

$$P = \frac{4 \cdot P_w \cdot (H - L) + \Sigma W}{n \cdot D_{bc} + n}$$

Dimana :

- $P$  = beban tiap kolom, lb
- $P_w$  = total beban permukaan karena angin, lb
- $H$  = tinggi vessel dari pondasi, ft
- $L$  = jarak antara vessel dengan dasar pondasi, ft
- $D_{bc}$  = diameter anchor bolt circle, ft

- $n$  = jumlah support
- $\Sigma W$  = berat total, lb
- $P$  = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg, lb

Reaktor diletakkan di dalam ruangan, sehingga tidak dipengaruhi adanya tekanan angin (beban tekanan angin tidak dikontrol).

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

$$P = \frac{\Sigma W}{n}$$

$$P = \frac{125719,1677}{4} = 31429,79194 \text{ lb}$$

Direncanakan :

- Jarak kolom penyangga dari tanah ( $L$ ) = 5 ft
- Tinggi reaktor ( $H$ ) = 267,674 in = 22,306127 ft
- Panjang penyangga =  $\frac{1}{2}(H + L)$   
 $= \frac{1}{2}(21,7442 + 5) \text{ ft}$   
 $= 13,6531 \text{ ft} = 163,83676 \text{ in}$

$$\text{Jadi panjang penyangga (leg)} = 13,6531 \text{ ft} = 163,837 \text{ in}$$

#### □ *Trial ukuran I beam*

Trial ukuran I beam 4" ukuran 12 x 5 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

Dari Brownell & Young, App. G-3 hal. 355, didapatkan :

- Nominal size = 12 in
- Berat = 32 lb
- Area of section ( $A_y$ ) = 9,3 in<sup>2</sup>
- Depth of beam ( $h$ ) = 12 in
- Width of flange ( $b$ ) = 5 in
- Axis ( $r$ ) = 4,8 in

Analisa terhadap sumbu Y-Y

Dengan :

$$- L/r = (160,465 \text{ in}) / (4,83 \text{ in})$$

$$L/r = 33,9207$$

Karena  $L/r$  antara 60 - 200, maka :

$$\begin{aligned}
 - f_c \text{ aman} &= \frac{18000}{1 + \left( \frac{(L/r)^2}{18000} \right)} \\
 &= \frac{18000}{1 + \left( \frac{(33,2226)^2}{18000} \right)} \\
 &= 16918,5204 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$- f_c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{P}{f_c} = \frac{31429,79194}{16918,5204}$$

$$= 1,85772 \text{ in}^2 < 9,3 \text{ in}^2 \text{ (memadai)}$$

Karena  $A < A$  yang tersedia, berarti trial I beam sudah memadai.

Kesimpulan perancangan penyangga (leg) :

- Ukuran I beam = 12 x 5 in
- Berat = 40,8 lb
- Jumlah penyangg = 4 buah
- Peletakan beban dengan beban eksentrik.

## 8. Base Plate

Perencanaan :

- Dibuat base plate dengan toleransi panjang adalah 5 % dan toleransi lebar 20 %. (Hesse, hal. 163)
- Digunakan besi cor sebagai bahan konstruksi dari base plate.

Dasar Perhitungan :

□ *Luas base plate*

Rumus :

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$

Dimana :

- $A_{bf}$  = luas base plate, in<sup>2</sup>
- $P$  = beban dari tiap-tiap base plate = 31429,792 lb

- $f_{bp}$  = stress yang diterima oleh pondasi bearing capacity yang terbuat dari beton = 600 lb/in<sup>2</sup>

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{31429,79194}{600}$$

$$= 52,383 \text{ in}^2$$

□ **Panjang dan lebar base plate**

$$A_{bp} = p \times l$$

Dimana :

- $A_{bp}$  = luas base plate  
= 52,383 in<sup>2</sup>
- $p$  = panjang base plate, in  
=  $2m + 0,95h$
- $l$  = lebar base plate, in  
=  $2n + 0,8b$

Diasumsikan  $m = n$  (Hesse, hal. 163)

$$b = 3 \text{ in}$$

$$h = 5 \text{ in}$$

Maka :

$$A_{bp} = (2m + 0,95h) \times (2n + 0,8b)$$

$$52,38 = [2m + (0,95 \times 5)] \times [2n + (0,8 \times 3)]$$

$$= (2m + 4,75) \times (2m + 2,4)$$

$$52,38 = 4m^2 + 14,3 m + 11,4$$

$$0 = 4m^2 + 14,3 m - 49,8189$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{(-14,3) \pm \sqrt{(14,3)^2 - (4 \times 4) \cdot (-49,8189)}}{2 \times 4}$$

$$m_1 = 3,0529$$

$$m_2 = -4,0788$$

Diambil  $m = m_1 = 3,0529$

Sehingga :

- Panjang base plate ( $p$ ) =  $2m + 0,95h$

$$= (2 \times 3,0529) + (0,95 \times 5)$$

$$= 10,8558 \text{ in} \approx 11 \text{ in}$$

- Lebar base plate (l) =  $2n + 0,8b$

$$= (2 \times 3,0529) + (0,8 \times 3)$$

$$= 8,5058 \text{ in} \approx 9 \text{ in}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 11 in dan lebar base plate 9 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah 11 x 9 in dengan luas (A) = 99 in<sup>2</sup>.

□ **Peninjauan terhadap harga m dan n**

$$f = \frac{P}{A}$$

Dengan :

- f = bearing capacity, lb/in<sup>2</sup>
- P = beban tiap kolom = 31429,79194 lb
- A = luas base plate = 24 in<sup>2</sup>

Maka :

$$f = \frac{31429,79194}{99}$$

$$= 317,4726458 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

Karena  $f < f_{bp}$ , maka dimensi base plate sudah memenuhi

□ **Peninjauan terhadap harga m dan n**

- Panjang base plate (p)
  - $p = 2m + 0,95h$
  - $6 = 2m + (0,95 \times 5)$
  - $m = 0,6$
- Lebar base plate (l)
  - $l = 2n + 0,8b$
  - $4 = 2n + (0,8 \times 3)$
  - $n = 0,8$

Karena harga  $n > m$ , maka tebal base plate dihitung berdasarkan harga n.

### □ **Tebal base plate**

Dari Hesse, pers. 7-12 hal. 163 :

$$t = \sqrt{0,00015 \cdot f \cdot n^2}$$

Dengan :

- t = tebal base plate, in
- f = actual unit pressure yang terjadi pada base plate = 317,473 psi
- n = 0,8 in

Tebal base plate

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{0,00015 \times 316,93 \times (0,8)^2} \\ &= 0,03048 \text{ in} \approx 1 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi digunakan tebal base plate 1 in

### □ **Ukuran baut**

Beban tiap baut :

$$\begin{aligned} P_{\text{baut}} &= \frac{P}{n_{\text{baut}}} \\ &= \frac{31429,7919}{4} \\ &= 7857,44798 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}}$$

Dimana  $f_{\text{baut}}$  = stress tiap baut max = 15000 lb/in<sup>2</sup>

$$A_{\text{baut}} = \frac{7857,447984}{15000}$$

$$A_{\text{baut}} = 0,5238 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 diperoleh ukuran baut dengan dimensi baut sebagai berikut :

### 6.9. Perhitungan Lug dan Gusset

- Digunakan 2 buah plate horisontal (untuk lug) dan 2 buah plate vertikal (untuk gusset).

**Dasar Perhitungan :**

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh :

**a. Lebar Lug**

$$\begin{aligned} A = \text{lebar lug} &= \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= 1 + 9 \text{ in} \\ &= 10 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B = \text{jarak antar gusset} &= \text{ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &= 1 + 8 \text{ in} \\ &= 9 \text{ in} \end{aligned}$$

**b. Lebar Gusset**

$$\begin{aligned} L = \text{lebar gusset} &= 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \times \text{ukuran baut}) \\ &= 2 (4 - 0,5 \times 1) \\ &= 7 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug atas} &= a = 0,5 (L + \text{ukuran baut}) && \text{(Brownell \& Young Hal 193)} \\ &= 0,5 (7 + 1) \\ &= 4 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan tebal base plate} &= \frac{B}{L} \\ &= \frac{9}{7} = 1,2857143 = 1,3 \end{aligned}$$

Dari tabel 10.6, hal 192, Brownell didapat  $\gamma_1 = 0,350$

$$\begin{aligned} e &= 0,5 \times \text{nut dimension} \\ &= 0,5 \times 1 \frac{5}{8} \\ &= 0,8125 \text{ in} \end{aligned}$$

**c. Tebal Plate Horizontal (Lug)**

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari persamaan 10.40, hal 192, Brownell :

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left[ (1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\pi \cdot e} + (1 - \gamma_1) \right]$$

Dimana :

$$P = \text{beban tiap baut} = 7857,45 \text{ lb}$$

$$\mu = \text{posson's ratio} = 0,3 \text{ (untuk baja)}$$

$$L = \text{anjang horisontal plate bawah} = 7$$



$$e = \text{nut dimension} = 1,625 \text{ in}$$

$$\gamma_1 = 0,35$$

Jadi :

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{7857,447984}{4\pi} \left[ (1 + 0,3) \times \ln \frac{2 \times 7}{\pi \times 1,625} + (1 - 0,350) \right] \\ &= 1517,363572 \text{ lb} \end{aligned}$$

$M_y$  disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{thp} &= \sqrt{\frac{6 \times 1514,7762}{15000}} \\ &= 0,60695 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka digunakan plate dengan tebal 0,60591 in

#### d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)

Dari fig 10.6, hal 191, Brownell dan pers 10.47 hal 194, diperoleh tebal

$$\begin{aligned} \text{gusset minimal} &= \frac{3}{8} \times \text{thp} \\ &= \frac{3}{8} \times 0,606945 = 0,2276045 \end{aligned}$$

#### e. Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Gusset} = hg &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 10 + 1 \\ &= 11 \text{ in} \end{aligned}$$

#### f. Tinggi Lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Lu}\xi &= hg + 2 \text{ thp} \\ &= 11 + 2 (0,60591) \\ &= 12,214 \text{ in} \end{aligned}$$

#### g. Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

◇ Lug

$$\text{- Lebar} = 10 \text{ in}$$

$$\text{- Tebal} = 0,6069 \text{ in}$$

- Tinggi = 12,214 in
- ◇ Gusset
  - Lebar = 7 in
  - Tebal = 0,2276 in
  - Tinggi = 11 in

### 5.10. Perhitungan Pondasi

Perencanaan :

- Beban total yang harus ditahan pondasi :
  - Berat reaktor total
  - Berat kolom penyangga
  - Berat base plate
- Ditentukan :
  - Masing-masing penyangga diberi pondasi
  - Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar Perhitungan :

$$\square W = 125719,168 \text{ lb} = 57025,8404 \text{ kg}$$

□ **Beban yang harus ditanggung tiap kolom**

Rumus :

$$W_{bp} = p \cdot l \cdot t \cdot \rho$$

Dimana :

- p = panjang base plate = 11 in = 0,91667 ft
- l = lebar base plate = 9 in = 0,75 ft
- t = tebal base plate = 1 in = 0,0833333 ft
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$\begin{aligned} W_{bp} &= (0,9167 \text{ ft}) \times (0,75 \text{ ft}) \times (0,0833 \text{ ft}) \times (489 \text{ lb/ft}^3) \\ &= 28,016 \text{ lb} \end{aligned}$$

□ **Beban tiap penyangga**

Rumus :

$$W_p = L \cdot A \cdot F \cdot \rho$$

Dimana :

- L = tinggi kolom = 13,6531 ft
- A = luas kolom I beam = 9,3 in<sup>2</sup> = 0,06431 ft<sup>2</sup>
- F = faktor koreksi = 3,4
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

Beban tiap penyangga :

$$W_p = (13,3721 \text{ ft} \times 0,0822 \text{ ft}^2 \times (3,4) \times (489 \text{ lb/ft}^3))$$

$$= 1459,71 \text{ lb}$$

□ **Beban total**

$$W_T = W + W_{bp} + W_p$$

$$= (125504,798 + 28,016 + 1828) \text{ lb}$$

$$= 127206,8927 \text{ lb}$$

Dianggap hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri bekerja pada pondasi, maka diambil :

- Luas atas = 20 x 20 in
- Luas bawah = 40 x 40 in
- Tinggi = 25 in
- Luas permukaan tanah rata-rata :

$$A = \left( \frac{20 \times 40}{20 \times 40} \right) + \left( \frac{20 \times 40}{20 \times 40} \right) = 800 \text{ in}^2$$

Volume pondasi :

$$V = A \times t$$

$$= (800 \text{ in}^2) \times (25 \text{ in})$$

$$= 20000 \text{ in}^3 = 11,5741 \text{ ft}^3$$

- Berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

$$\rho = \text{densitas semen} = 144 \text{ lb/ft}^3$$

Maka :

$$W = (11,5741 \text{ ft}^3) \times (144 \text{ lb/ft}^3)$$

$$= 1666,7 \text{ lb}$$

$$= 756 \text{ kg}$$

- Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft<sup>2</sup>
- Save bearing maximum = 10 ton/ft<sup>2</sup>

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$P = 10 \text{ ton/ft}^2 \frac{2240 \text{ lb} \times 1 \text{ ft}}{1 \text{ ton} \times 144 \text{ in}^2}$$

$$= 155,555556 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan pada tanah :

$$P = \frac{W}{A}$$

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (40 x 40)in<sup>2</sup> = 1600 in<sup>2</sup>

Sehingga :

$$P = \frac{127360,816 + 1666,7}{1600}$$

$$P = 80,5459746 \text{ lb/in}^2 < 155,556 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan oleh tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (20 x 20) in untuk luas atas dan (40 x 40) in untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 25 in dapat digunakan.

### Dimensi Peralatan :

#### 1. Dimensi tangki :

- Bahan konstruksi = High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316
- D<sub>o</sub> (diameter luar) = 132 in
- D<sub>i</sub> (diameter dalam) = 131,625 in
- t<sub>s</sub> (tebal silinder) = 3/16 in
- L<sub>s</sub> (tinggi silinder) = 202,922 in
- t<sub>ha</sub> (tebal tutup atas) = 3/16 in
- h<sub>a</sub> (tinggi tutup atas) = 24,7551 in
- t<sub>hb</sub> (tebal tutup bawah) = 3/16 in
- h<sub>b</sub> (tinggi tutup bawah) = 39,9969 in

- Tinggi reaktor = 267,674 in

## 2. Dimensi pengaduk :

- Jenis pengaduk = axial turbin 4 blades sudut 45°
- Bahan impeller = High Alloy Stel SA 240 Grade M type 316
- Diameter impeller ( $D_i$ ) = 43,875 in
- Tinggi impeller ( $Z_i$ ) = 39,4875 in
- Panjang impeller ( $L$ ) = 10,9688 in
- Lebar impeller ( $W$ ) = 7,45875 in
- Daya pengaduk = 37 Hp
- Diameter poros = 3,66741 in
- Panjang poros = 199,158 in
- Jumlah pengaduk = 1 buah

## 3. Nozzle untuk pemasukan feed Ammonium Sulfit ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ )

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 2 in
- Diameter luar flange (A) = 6 in
- Ketebalan flange minimum (T) =  $\frac{3}{4}$  in
- Diameter luar bagian yang menonjol (F) =  $3 \frac{5}{8}$  in
- Diameter hubungan atas (E) =  $3 \frac{1}{16}$  in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 2,38 in
- Panjang julakan (L) =  $2 \frac{1}{2}$  in
- Diameter dalam flange (B) = 2,07 in

## 4. Nozzle untuk pemasukan feed Natrium klorida (NaCl)

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 2 in
- Diameter luar flange (A) = 6 in
- Ketebalan flange minimum (T) =  $\frac{3}{4}$  in
- Diameter luar bagian yang menonjol (F) =  $3 \frac{5}{8}$  in
- Diameter hubungan atas (E) =  $3 \frac{1}{16}$  in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 2,38 in
- Panjang julakan (L) =  $2 \frac{1}{2}$  in
- Diameter dalam flange (B) = 2,07 in

## 5. Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pemanas

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 1 ¼ in
- Diameter luar flange (A) = 4 ⅝ in
- Ketebalan flange minimum (T) = ⅜ in
- Diameter luar bagian yang menonjol (F) = 2 ½ in
- Diameter hubungan atas (E) = 2 ⅝<sub>16</sub> in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,66 in
- Panjang julakan (L) = 2 ¼ in
- Diameter dalam flange (B) = 1,38 in

## 6. Nozzle untuk pengeluaran produk

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 4 in
- Diameter luar flange (A) = 9 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1<sup>5</sup>/<sub>16</sub> in
- Diameter luar bagian yang menonjol (F) = 6 ⅜<sub>16</sub> in
- Diameter hubungan atas (E) = 5 ⅝<sub>16</sub> in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 4,5 in
- Panjang julakan (L) = 3 in
- Diameter dalam flange (B) = 4,03 in

## 7. Nozzle untuk Man Hole

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 27 ½ in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1 1<sup>1</sup>/<sub>16</sub> in
- Diameter luar bagian yang menonjol (F) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 5 1<sup>1</sup>/<sub>16</sub> in
- Diameter dalam flange (B) = 19,3 in

## 8. Coil Pemanas

- Diameter coil = 4,5 in
- Jumlah lilitan = 28 lilitan

- Tinggi coil = 153 in
- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

#### 9. Flange

- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
- Tensile strength minimum = 75000 psia
- Allowable stress (f) = 18750
- Tebal flange = 9,58169 in
- Diameter dalam ( $D_i$ ) flange = 132 in
- Diameter luar ( $D_o$ ) flange = 143,063 in
- Type flange = Ring flange loose type

#### 10. Bolting

- Bahan konstruksi = H A S SA 193 Grade B8c type 347
- Tensile strength minimum = 75000 psia
- Ukuran baut = 1 in
- Jumlah baut = 25 buah
- Allowable stress (f) = 15000

#### 11. Gasket

- Bahan gasket = Asbestos filled
- Lebar (L) = 0,0625 in
- Tebal gasket (n) =  $\frac{1}{16}$  in
- Gasket faktor (m) = 3,75
- Diameter rata-rata = 132,063 in

#### 12. Sistem Penyangga

- Jenis = Kolom I beam
- Jumlah = 4 buah
- Panjang (L) = 163,837 in
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 12 in
- Area of section ( $A_y$ ) = 9,26 in
- Depth of beam (h) = 12 in
- Width of flange (b) = 5 in
- Axis (r) = 4,83 in

## 13. Base Plate

- Panjang (p) = 11 in
- Lebar (l) = 9 in
- Tebal (t) = 1 in
- Ukuran baut = 1 in
- Jumlah baut = 4 buah
- Bahan = Cast iron

## 14. Lug

- Lebar = 10 in
- Tebal = 0,60695 in
- Tinggi = 12,2139 in

## 15. Gusset

- Lebar gusset = 7 in
- Tebal gusset = 0,2276 in
- Tinggi gusset = 11 in

## 16. Sistem Pondasi

- Luas atas = 20 in x 20 in
- Luas bawah = 40 in x 40 in
- Tinggi Pondasi = 25 in
- Bahan = Cemen Sand dan Gravel



## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

Dalam pengaturan dan pengendalian kondisi operasi dan peralatan proses sangatlah diperlukan adanya peralatan (instrumentasi) kontrol. Di mana instrumentasi ini merupakan suatu alat penunjuk atau indikator, suatu perekam, atau suatu pengontrol (controller). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur dan dikontrol, seperti tekanan, temperatur, ketinggian cairan, kecepatan aliran, dan sebagainya.

#### **7.1. Instrumentasi**

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi / proses. Pengendalian operasi / proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Umumnya instrumentasi dibagi berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

##### **1. Proses Manual**

Untuk proses manual, peralatan yang digunakan hanya terdiri atas instrumen penunjuk dan pencatat saja.

##### **2. Proses Otomatis**

Sedangkan untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan suatu alat kontrol. Peralatan tersebut antara lain :

a. Sensing element / Primary element

Merupakan elemen yang dapat mendeteksi adanya perubahan dari variabel yang diukur.

b. Elemen pengukur

Merupakan elemen yang menerima keluaran dari elemen primer dan melakukan pengukuran. Yang termasuk dalam elemen pengukur adalah alat-alat penunjuk / indicator dan alat-alat pencatat.

c. Elemen pengontrol

Merupakan elemen yang menunjukkan harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh sensing elemen dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengatur sumber tenaga yang sesuai dengan perubahan. Tenaga yang diatur dapat berupa tenaga mekanis, elektrik, maupun pneumatis.

d. Elemen proses sendiri

Merupakan elemen yang mengubah input ke dalam proses, sehingga variabel yang diukur tetap berada pada range yang diinginkan.

Disamping jenis-jenis tersebut, masih terdapat peralatan pelengkap yang lain, yaitu : Error Detector Element, alat ini akan membandingkan besarnya harga terukur pada variabel yang dikontrol dengan harga yang diinginkan dan apabila terdapat perbedaan alat ini akan mengirimkan signal error. Amplifier akan digunakan sebagai penguat signal yang dihasilkan oleh error detector jika signal yang dikeluarkan lemah. Motor Operator Signal Error yang dihasilkan harus diubah sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu dengan penambahan variabel manipulasi. Kebanyakan sistem kontrol memerlukan operator atau motor untuk menjalankan Final Control Element. Final Control Element adalah untuk mengoreksi harga variabel manipulasi.

Pada pra rencana pabrik ini, instrumen yang digunakan adalah alat kontrol manual dan alat kontrol otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan faktor pertimbangan teknis maupun ekonomis. Tujuan penggunaan instrumentasi ini diharapkan akan tercapai hal-hal berikut ini :

- Menjaga variabel proses pada batas operasi aman
- Kualitas produksi lebih terjamin
- Memudahkan pengoperasian suatu alat

- Kondisi berbahaya dapat diketahui lebih awal dengan menggunakan alarm peringatan
- Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi yaitu :

- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan
- Bahan konstruksi
- Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses
- Faktor ekonomi.

Dengan adanya instrumentasi ini, diharapkan semua proses akan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan.

Pada pra rencana pabrik ammonium klorida ini dipasang beberapa alat kontrol sebagai berikut :

1. **Temperatur Controller ( TC )**

Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan suhu agar beroperasi pada temperatur konstan.

2. **Flow Controller ( FC )**

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk keperalatan proses tetap konstan

3. **Flow Ratio Controller ( FRC )**

Flow Ratio Controller dipasang pada tangki pelarutan karena terdapat dua bahan yang masuk dan akan bereaksi. FRC berfungsi untuk menjaga perbandingan rate bahan masuk agar tetap konstan sesuai dengan yang dibutuhkan.

4. **Pressure Controller ( PC )**

Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan tekanan agar beroperasi pada tekanan yang konstan.

5. **Weight Controller ( WC )**

Berfungsi untuk mengatur berat bahan dalam suatu system agar sesuai dengan yang telah ditentukan.

Secara keseluruhan, instrumentasi peralatan pabrik ammonium klorida dapat dilihat pada tabel 7.1.1. di bawah ini :

**Tabel 7.1.1. Instrumentasi Peralatan Pabrik**

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumen
1.	Bin Penampung $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	F-113A	WC
2.	Bin Penampung NaCl	F-113B	WC
3.	Water Process	-	FC
4.	Heater $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	E-116A	TC
5.	Heater NaCl	E-116B	TC
6.	Reaktor	R-110	FRC, TC
7.	Evaporator	V-120A/B	TC, PC
8.	Jet Ejector	G-125	TC
9.	Heater Udara	E-143	TC
10.	Rotary Dryer	B-140	TC
11.	Bin Produk $\text{NH}_4\text{Cl}$	F-147	WC

## 7.2. Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawan, juga menyangkut lingkungan dan masyarakat di sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja, sehingga kontinuitas dan keefektifan kerja dapat terjamin.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah sebagai berikut :

### a. Latar belakang pekerja

Merupakan sifat atau karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungannya yang dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya, sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja.

### b. Kelalaian pekerja

Adanya sikap gugup, tegang, mengabaikan keselamatan, dan lain-lain, akan menyebabkan pekerja akan melakukan tindakan yang tak aman.

**c. Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis atau fisik**

Tindakan yang tidak aman dari pekerja, seperti berdiri di bawah beban tersuspensi, menjalankan mesin tanpa pelindung, atau bahaya mekanis, seperti gear yang tidak dilindungi, penerangan yang tidak cukup, dan sebagainya.

**d. Kecelakaan**

Kecelakaan ini dapat berupa jatuhnya pekerja, pekerja tertumbuk benda yang melayang, pekerja yang terbentur benda yang jatuh dari atas, dan sebagainya sehingga dapat menimbulkan luka.

Bahaya-bahaya tersebut dapat terjadi pada pabrik, sehingga harus diperhatikan cara untuk mengatasinya. Adapun cara untuk mengatasinya adalah sebagai berikut

**1. Keselamatan konstruksi**

- Konstruksi bangunan, peralatan produksi, baik langsung maupun tak langsung, harus cukup kuat, serta pemilihan bahan konstruksinya harus tepat
- Pada tempat-tempat berbahaya harus diberi peringatan yang jelas
- Jarak antara peralatan, mesin-mesin serta alat proses harus diperhatikan.

**2. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran**

- Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran
- Untuk mencegah dan mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, maka digunakan isolasi-isolasi panas, isolasi listrik dan pada tempat bertekanan tinggi harus diberi penghalau atau pagar.

**3. Memberikan penjelasan mengenai bahaya-bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya.**

**4. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan, jika terjadi bahaya.**

**5. Penyediaan alat-alat pencegah kebakaran, baik akibat listrik, maupun api.**

**6. Ventilasi**

Ruang kerja harus mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa untuk dapat menghirup udara segar, yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan pekerja.

## 7. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelekaan adalah :

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain
- Penempatan boiler pada tempat yang jauh dari kerumunan pekerja
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur control.

## 8. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat eksotermis
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol

## 9. Perpipaan

- Jalur proses yang terletak di atas permukaan tanah lebih baik untuk mencegah timbulnya bahaya akibat kebocoran daripada diletakan di bawah tanah sehingga sulit untuk mengetahui letak kebocoran
- Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Jika terjadi kebocoran pada check valve sebaiknya diatasi dengan pemasangan block valve di samping check valve tersebut
- Sebelum pipa-pipa dipasang, sebaiknya dilakukan tes hidrostatis yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu, atau pada bagian fondasi.

## 10. Karyawan

Para karyawan, terutama operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.



## 11. Listrik

Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman berupa pemutus arus, jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat (konsleting) yang dapat menyebabkan kebakaran. Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas, yang dapat membahayakan pekerja jika tersentuh kabel tersebut.

## 12. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- Bangunan seperti work shop, laboratorium, dan kantor, diletakkan berjauhan dengan unit operasi
- Antara unit yang satu dengan unit yang lain dipisahkan dengan jalan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran
- Pengamanan bila terjadi kebakaran dilengkapi dengan baju tahan api dan alat-alat bantu pernafasan
- Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak ditempat yang tertutup dan jauh dari sumber api
- Larangan merokok dilingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat yang panas
- Pemasangan alat pemadam kebakaran disetiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau

### 7.2.1. Pengamanan Alat

Untuk menghindari kerusakan alat, seperti peledakan atau kebakaran, maka pada alat tertentu perlu dipasang suatu pengaman, seperti safety valve, isolasi, dan pemadam kebakaran.

### 7.2.2. Keselamatan Kerja Karyawan

Pada karyawan, terutama operator, perlu diberikan bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun jiwa orang lain.

Disamping itu perusahaan juga melakukan upaya untuk menunjang dan menjamin keselamatan kerja para karyawan dengan tindakan :

1. Memasang penerangan dan ventilasi yang baik, system perpipaan teratur dan menutup motor-motor yang bergerak
2. Menyediakan sarana pemadam kebakaran yang mudah terjangkau
3. Memasang tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di tempat yang rawan kecelakaan
4. Pengaturan peralatan yang baik sehingga para pekerja dapat mengoperasikan peralatan secara baik.

Alat pelindung yang diperlukan dapat terlihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 7.2.2.1. Alat Keselamatan Kerja pada Pabrik Ammonium Klorida**

No.	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk, Laboratorium
2.	Helm pengaman	Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk
3.	Sarung tangan	Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk, Laboratorium
4.	Sepatu karet	Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk
5.	Isolasi panas	Reaktor, Heater, Perpipan, Evaporator
6.	Pemadam kebakaran	Kantor, Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk, Laboratorium
7.	P3K	Kantor, Gudang, Bagian proses, Gudang bahan baku/produk, Laboratorium
8.	Jas laboratorium	Laboratorium
9.	Pagar Pelindung	Alat transportasi ( Belt Conveyor & Screw Conveyor )



## **BAB VIII**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini, yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan pabrik
- Bahan-bakar untuk mengoperasikan boiler dan generator.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 3 unit, yaitu :

1. Unit pengolahan air (*Water Treatment*)
  - Air proses
  - Air pendingin
  - Air umpan boiler (penghasil steam)
  - Air sanitasi
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

#### **8.1. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment*)**

Berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi.

### 8.1.1. Air Proses

Air proses yang digunakan pada pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini sebesar 29861,3252 kg/jam, digunakan pada Tangki Pelarut  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  (M-114) sebesar 6118,4895 kg/jam, Tangki Pelarut NaCl (M-124) sebesar 22157,4483 kg/jam dan Centrifuge (H-132) sebesar 1586,3874 kg/jam.

### 8.1.2. Air Pendingin

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Menggunakan air sebagai media pendingin ini disebabkan karena :

- air merupakan materi yang mudah didapat
- mudah dikendalikan dan dikerjakan
- dapat menyerap panas
- tidak mudah menyusut karena pendinginan
- tidak mudah terkondensasi



Selain sebagai media pendingin air harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung :

- besi penyebab korosi
- silika penyebab kerak
- minyak penyebab menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air pendingin pada pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini sebesar 109178,0656 kg/jam, digunakan pada Barometrik Kondensor (E-125) sebesar 98258,0418 kg/jam dan Kristallizer (X-130) sebesar 10920,0238 kg/jam.

### 8.1.3. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pabrik Ammonium Klorida sebesar 25796,5402 kg/jam, dengan temperatur 120 °C dan tekanan 28,796 psia. Air umpan boiler disediakan dengan excess 20 % sebagai pengganti steam yang hilang, yang diperkirakan adanya kebocoran akibat dari transmisi sebesar 5 % dan faktor keamanan 10 %. Kebutuhan air umpan boiler sebanyak 52554,2968 kg/jam.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organic matter)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan Lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

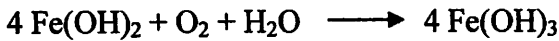
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hydrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya  $\text{CO}_2$ , karena pemanasan dan adanya tekanan.  $\text{CO}_2$  yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini menjadi  $\text{CO}_2$  lagi. Reaksi yang terjadi :



Air untuk keperluan ini harus memenuhi spesifikasi tertentu agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's 6<sup>th</sup> ed, hal. 976*, didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid)  $\leq 3500$  ppm
- Alkanitas  $\leq 700$  ppm
- Padatan terlarut  $\leq 300$  ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi  $\leq 0,1$  ppm
- Tembaga  $\leq 0,5$  ppm
- Oksigen  $\leq 0,007$  ppm
- Kسادahan  $\leq 0$
- Kekerusuhan  $\leq 175$  ppm
- Minyak  $\leq 7$  ppm
- Residu fosfat  $\leq 140$  ppm

Untuk memenuhi persyaratan dan spesifikasi diatas, serta untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui :

1. Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
2. Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

#### 8.1.4. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

a. Syarat fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- pH netral
- Tidak berbusa
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO<sub>2</sub>
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 L/hari/orang

2. Untuk laboratorium dan taman.

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air.

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman.

Total kebutuhan air sanitasi untuk pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini sebesar 3010,9363 kg/jam.

### Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi.

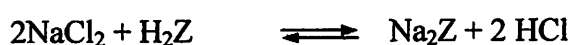
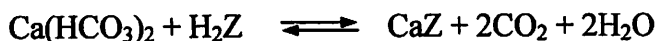
Proses pengolahan air sungai tersebut adalah sebagai berikut:

Air dari sungai dipompa dengan pompa (L-211) menuju bak sedimentasi (F-212) untuk menghilangkan lumpur-lumpur yang terikut. Kemudian dipompa (L-213) menuju bak skimmer (F-214) yang berfungsi untuk membersihkan kotoran-kotoran yang terapung dalam air sungai. Dari bak skimmer air dipompa (L-215) menuju tangki clarifier (F-216), disini terjadi proses koagulasi dan flokulasi dengan penambahan alum sebagai zat koagulan dan diadakan pengadukan dengan kecepatan yang cepat dan lambat agar terbentuk flok dan mengendap. Setelah terjadi proses koagulasi dan flokulasi dalam bak clarifier, kemudian air dialirkan menuju ke sand filter (F-217) untuk menyaring kotoran-kotoran yang masih tersisa. Dari sand filter air masuk ke bak air bersih (F-218) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu :

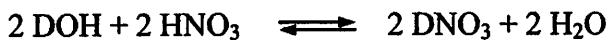
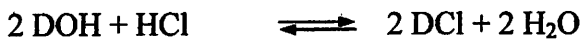
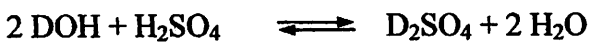
#### a. Pengolahan air proses

Pelunakan air proses yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit ( $H_2Z$ ) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

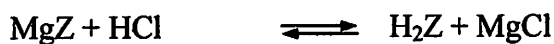
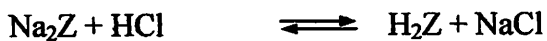
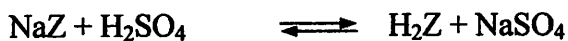
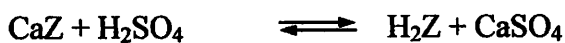
Pompa air bersih (L-219) memompakan air dari bak air bersih (F-218) dan dipisahkan menjadi 3 aliran (air proses dan umpan boiler, air pendingin, air sanitasi). Untuk aliran yang pertama (air proses dan umpan boiler) dialirkan menuju kation exchanger (D-210A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :



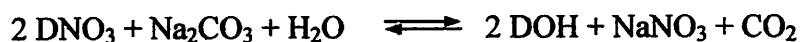
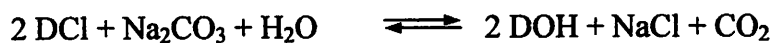
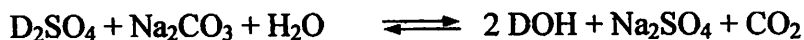
Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk  $\text{CO}_2$  dan air,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH). Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dengan pemeriksaan kesadahan air proses dan umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi kation exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralisasi, air proses dan umpan boiler telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi kebutuhan air proses dan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221). Pompa air lunak (L-222) memompakan air dari bak air lunak dan dipisahkan menjadi 2 aliran (air proses, air umpan boiler), aliran yang pertama (air proses) langsung dialirkan ke peralatan proses. Untuk aliran yang kedua (air umpan boiler) harus dilakukan treatment lanjutan.

**b. Pengolahan air pendingin**

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, aliran kedua dari pompa air bersih (L-219) mengalirkan air pendingin dari bak air bersih (F-218) ke bak air pendingin (F-231) kemudian didistribusikan ke peralatan dengan pompa (L-232). Setelah digunakan, air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower, air direcycle ke bak air pendingin kembali.

**c. Pengolahan air umpan boiler**

Untuk kebutuhan air umpan boiler dipakai air dari bak air lunak (F-221) yang melalui treatment lanjutan. Air lunak tersebut dipompakan oleh pompa air lunak (L-222) ke deaerator (D-223) untuk menghilangkan gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air ditampung dalam bak Boiler Feed Water (F-224), kemudian diumpankan ke boiler (Q-220) dengan pompa ke boiler (L-225). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan direcycle.

**d. Pengolahan air sanitasi**

Air dari bak air bersih (F-218) dialirkan oleh pompa air bersih (L-219) menuju bak klorinasi (F-233) dan ditambahkan desinfektan klor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung kedalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-235) dengan menggunakan pompa (L-234) dan siap digunakan sebagai air sanitasi.

**8.2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik**

Listrik yang dibutuhkan pada pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini adalah meliputi :

- Peralatan proses Industri = 148 Hp = 110,36 kW
- Daerah pengolahan air = 2532 Hp = 1888,11 kW
- Listrik untuk penerangan = 440,24 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila suplai listrik dari PLN mati, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel dengan power 3252 kV.A, satu buah generator tambahan digunakan sebagai cadangan.



### 8.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 18135,7588 L/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari *tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6<sup>th</sup> ed*, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100 °F)
- Pour point = -6°C (21,2 °F)
- Densitas = 55 lb/ft<sup>3</sup>
- Heating value = 19000 Btu/lb

### **Pengolahan Limbah**

Pada pra-rencana Pabrik Ammonium Klorida ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik Ammonium Klorida adalah :

#### Limbah Gas.

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari Cyclone ( H-145 ) dan pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprot dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitarnya.

## Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa cairan. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

a. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)

Pada proses ini dilakukan pengambilan benda-benda terapung.

b. Pengolahan Pertama (Primery Treatment)

Pada tahap pengolahan ini bertujuan untuk mengendapkan padatan-padatan dan zat-zat yang terlarut yang tidak dapat mengendap secara grafitasi, dengan menambahkan zat kimia tertentu sebagai flokulan dan koagulan.

c. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan kedua menggunakan proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada tahap ini juga dilakukan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair tersebut. Proses aerasi ini dilakukan hingga didapatkan nilai BOD, COD, dan DO yang memenuhi standard yang telah ditetapkan pemerintah.

d. Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Pengolahan ketiga dilakukan untuk menetralkan pH limbah cair dan membunuh bakteri dengan cara menambahkan zat penetral dan desinfektan ke dalamnya. Dalam proses ini juga digunakan karbon aktif dan ion exchanger untuk menyerap ion-ion yang terlarut dalam limbah.

## **BAB IX**

### **LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

#### **9.1. Lokasi Pabrik**

Dasar pemilihan untuk penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial dari masyarakat karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Faktor Utama
  - a. Penyediaan bahan baku
  - b. Pemasaran ( marketing )
  - c. Utilitas ( sumber air, listrik dan bahan bakar )
  - d. Keadaan geografis dan masyarakat
2. Faktor Khusus
  - a. Transportasi
  - b. Tenaga kerja
  - c. Buangan pabrik ( disposal )
  - d. Pembuangan limbah
  - e. Site dan karakteristik dari lokasi
  - f. Peraturan perundang-undangan

##### **9.1.1. Faktor Utama**

###### **a. Penyediaan Bahan Baku**

Ditinjau dari tersedianya bahan baku dan harga dari bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku itu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

- Letak sumber bahan baku.
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam industri kimia. Karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut.

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Tempat produk yang akan dipasarkan.
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang.
- Pengaruh persaingan yang ada.
- Jarak pemasaran dari lokasi, dan sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran

c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

▪ *Air*

Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber yaitu air kawasan, air sungai, dan air dari PDAM.

Untuk itu perlu diperhatikan mengenai :

- Sampai berapa jauh sumber ini dapat melayani kebutuhan pabrik
- Kualitas sumber air yang tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dua sumber : air sungai dan air PDAM. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan. Air PDAM hanya

bersifat cadangan. Air PDAM juga digunakan untuk sanitasi dan untuk kebutuhan proses (air pendingin).

▪ **Listrik dan Bahan Bakar**

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang sangat penting terutama sebagai motor penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ada atau tidaknya listrik di daerah tersebut
- Jumlah listrik di daerah tersebut
- Harga tenaga listrik
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

d. **Iklm dan Alam Sekitarnya**

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Keadaan alam  
Keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin  
Kecepatan dan arah angin pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut yang akan mempengaruhi peralatan.
- Gempa bumi yang pernah terjadi.
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang.

**9.1.2. Faktor Khusus**

a. **Transportasi.**

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya yang serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti :

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat
- Jalan/rel kereta api
- Adanya pelabuhan
- Sungai yang dapat dilayari oleh kapal dan perahu.

b. Buangan Pabrik

Apabila buangan pabrik berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

- Cara pengeluaran bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah pencemaran yang mungkin timbul

c. Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang ada
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

d. Site Karakteristik dari Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dan sebagainya.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

e. Faktor Lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Apakah merupakan daerah pedesaan atau perkotaan
- Fasilitas rumah dan tempat ibadah.

f. Peraturan dan Perundang-undangan

Hal-hal yang perlu ditinjau :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut.

g. Pembuangan Limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

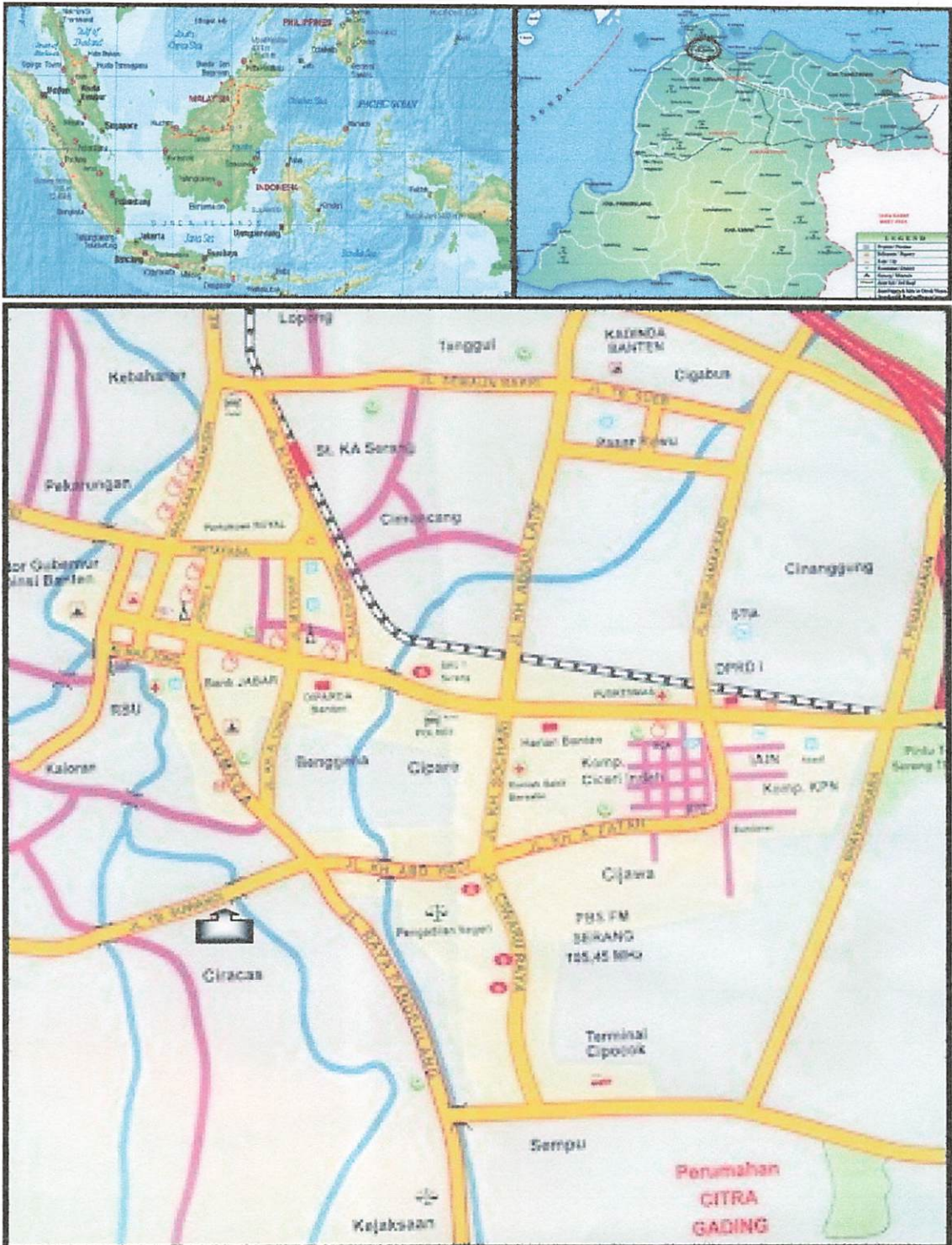
Berdasarkan faktor-faktor di atas daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik Ammonium Klorida terletak di **Kelurahan Citangkil, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten.**


Dasar pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

- Dekat dengan bahan baku.
- Dekat dengan daerah pemasaran.
- Tersedianya kebutuhan air dan tenaga listrik.
- Fasilitas transportasi yang memadai.
- Tersedianya tenaga kerja yang cukup.

Dari faktor-faktor yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa lokasi pabrik terletak di **Kelurahan Citangkil, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten**. Peta lokasi pabrik Ammonium Klorida dari Ammonium Sulfat dan Natrium Klorida dapat dilihat pada gambar 9.1.1.

## Peta Kecamatan Ciwandan – Kota Cilegon



 = Lokasi Pabrik Ammonium Klorida

Gambar 9.1.1. Peta Lokasi Pabrik Ammonium klorida

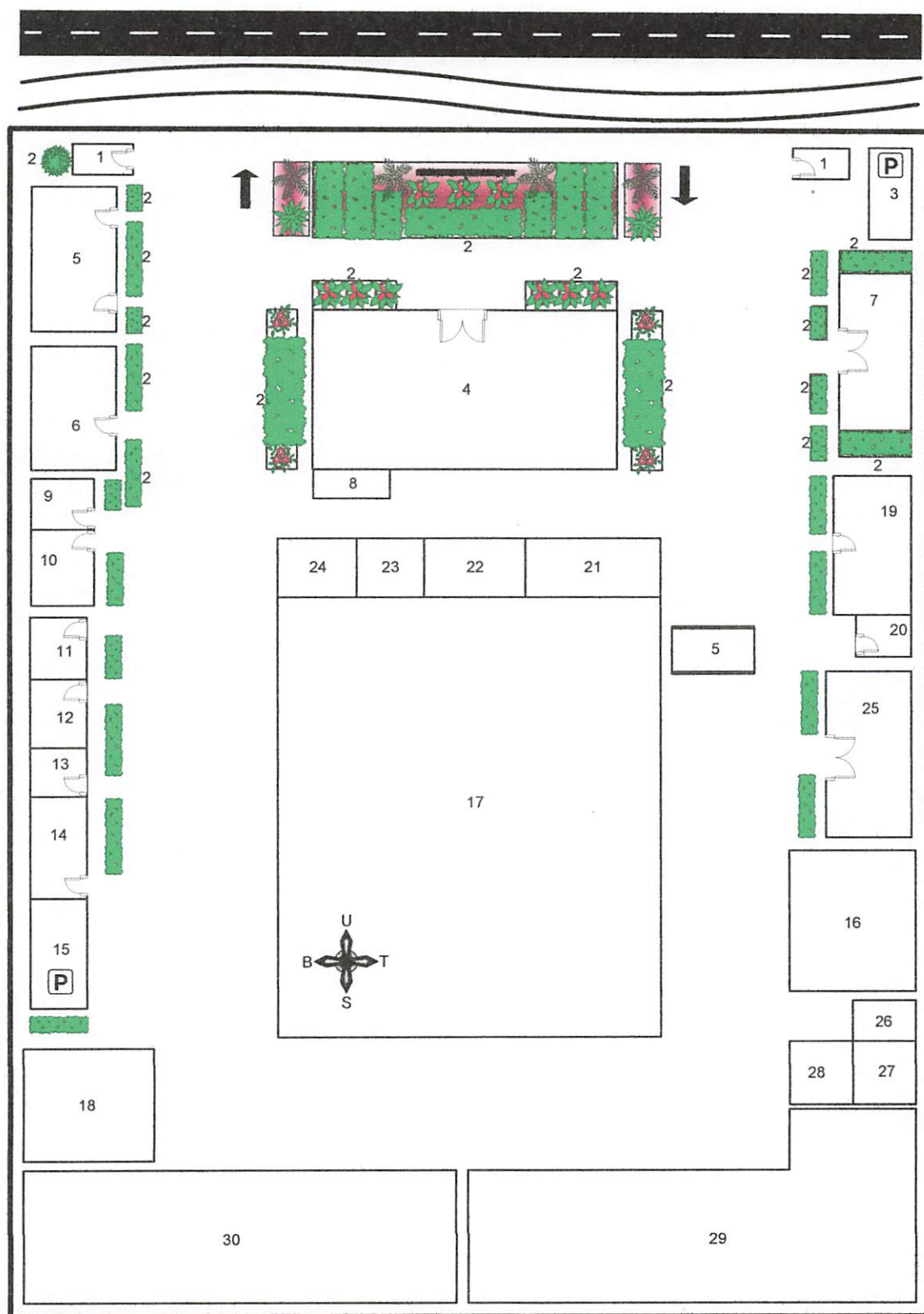


## 9.2. Tata Letak Pabrik (Plant Lay Out)

Tata Letak Pabrik adalah suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yang meliputi areal proses, areal penyimpanan, dan areal material handling, sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Hal-hal khusus yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik (plant lay out) adalah :

- Adanya ruangan yang cukup untuk gerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, tembok, dan atap.
- Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan air, steam, dan lain-lain.
- Kemungkinan perluasan pabrik di masa mendatang.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti ledakan, kebakaran, timbulnya gas atau asap dan lain-lain.
- Pondasi dari bangunan dan peralatan kerja (mesin-mesin).
- Ventilasi yang baik.
- Penerangan ruangan

Tata letak bangunan pabrik ammonium klorida dapat dilihat pada gambar 9.2.1.



Gambar 9.2.1. Tata Letak Pabrik Ammonium Klorida

Keterangan Gambar 9.2.1 :

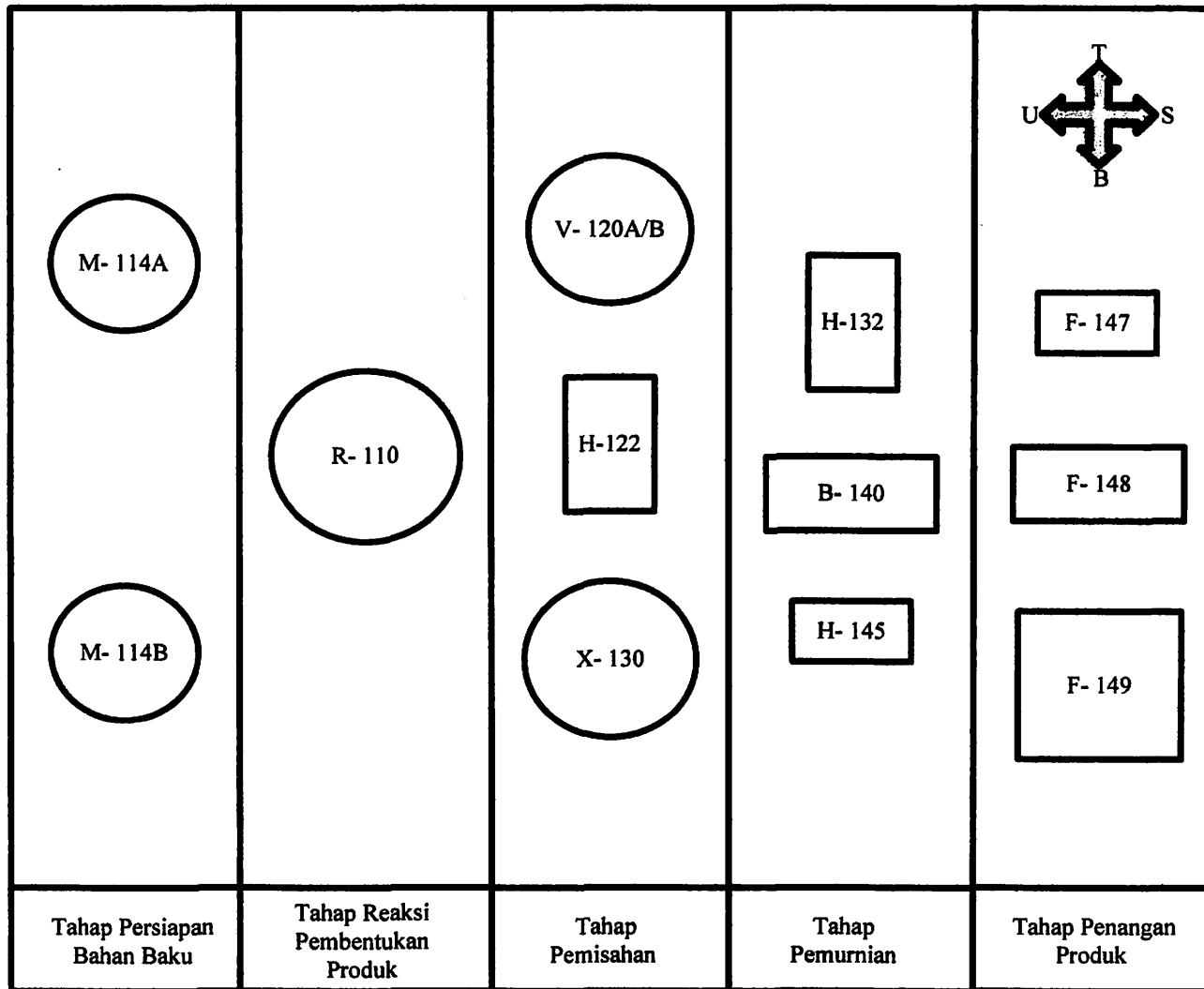
1. Pos keamanan/ penjagaan
2. Taman
3. Parkir tamu
4. Kantor pusat
5. Pos penimbangan
6. Gedung serbaguna (aula)
7. Kantor Penelitian dan Pengembangan (R & D)
8. Dapur
9. Perpustakaan
10. Musholla
11. Kantin
12. Koperasi
13. Poliklinik
14. Pemadam kebakaran
15. Parkir kendaraan operasional dan karyawan
16. Gudang bahan baku
17. Area proses
18. Gudang produk
19. Manager Produksi dan Teknik
20. Departemen Produksi
21. Departemen Teknik
22. Ruang kontrol
23. Garasi
24. Bengkel
25. Laboratorium dan Pengendalian Mutu
26. Generator
27. Ruang bahan bakar
28. Ruang boiler
29. Utilitas
30. Area perluasan pabrik

### **9.3. Tata Letak Peralatan Proses**

Dalam pengaturan peralatan (equipment lay out) beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- Walaupun dalam ruangan penuh alat, harus diusahakan dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
- Letak peralatan harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.

Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.3.1.



**Gambar 9.3.1. Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)**

Keterangan gambar 9.3.1 :

1. Tangki Pelarut Ammonium Klorida ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ ) (M-114 A)
2. Tangki Pelarut Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ) (M-114 B)
3. Reaktor (R-110)
4. Rotary Drum Vacuum Filter (H-122)
5. Evaporator (V-120A/B)
6. Kristalliser (X-130)
7. Centrifuge (H-132)
8. Rotary Dryer (B-140)
9. Cyclone (H-145)
10. Screen (H-147)
11. Bin Penampung (F-148 A)
12. Pengemasan (P-148 B)
13. Gudang Penyimpanan Produk (F-149)

#### 9.4. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas tanah untuk masing-masing bangunan pada pabrik ammonium klorida dapat dilihat pada tabel 9.1.

Tabel 9.1. Perkiraan Luas Pabrik

No	Lokasi	Ukuran ( m )	Luas	
			m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
1	Pos Keamanan	( 3 × 3 ) × 2	18	193,75
2	Taman	100 × 3	300	3229,09
3	Parkir Tamu	5 × 3	15	161,45
4	Parkir Karyawan	8 × 5	40	430,55
5	Parkir Truk	25 × 10	250	2690,91
6	Departemen Administrasi	100 × 5	500	5381,82
7	Kantin	5 × 5	25	269,09
8	Perpustakaan	8 × 5	40	430,55
9	Aula	20 × 10	200	2152,73

10	Kantor Divisi Litbang	24 × 5	120	1291,64
11	Departemen Teknik	24 × 5	120	1291,64
12	Departemen Produksi	24 × 5	120	1291,64
13	Mushola	10 × 6	60	645,82
14	Koperasi	6 × 5	30	322,91
15	Poliklinik	6 × 6	36	387,49
16	Bengkel & Garasi	12 × 9	108	1162,47
17	Laboratorium	9 × 5	45	484,36
18	Quality Control	9 × 5	45	484,36
19	Area Proses Produksi	400 × 100	40000	430545,95
20	Ruang Kontrol	9 × 5	45	484,36
21	Gudang Bahan Baku	50 × 17	850	9149,10
22	Gudang Produk	50 × 8	400	4305,46
23	Pos Penimbangan	10 × 8	80	861,09
24	Ruang Bahan Bakar	10 × 10	100	1076,36
25	Ruang Boiler	10 × 10	100	1076,36
26	Ruang Generator	10 × 6	60	645,82
27	Area Pengolahan Air	100 × 75	7500	80727,36
28	Area Pengolahan Limbah	20 × 15	300	3229,09
29	Pemadam Kebakaran	10 × 5	50	538,18
30	Toilet	(2 × 2) × 8	64	688,87
31	Pembuatan Slidge Jalan	-	2000	21527,30
32	Area Perluasan Pabrik	100 × 100	10000	107636,49
<b>Total</b>			<b>63621</b>	<b>684794,09</b>

Kebutuhan tanah = 63621 m<sup>2</sup>

## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar menciptakan sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksanaannya.

Elemen dasar itu terdiri dari :

- Manusia (man)
- Bahan (Material)
- Mesin (Machine)
- Metoda (Method)
- Uang (Money)
- Pasar (Market)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

#### **10.1. Dasar Perusahaan**

- Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lokasi pabrik : **Kelurahan Citangkil, Kecamatan Ciwandan,  
Kota Cilegon, Banten**
- Kapasitas produksi : 50.000 ton/tahun
- Status investasi : Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).



## **10.2. Bentuk Perusahaan**

Pabrik Ammonium Klorida ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.
2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.
5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

## **10.3. Struktur Organisasi**

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal
4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, betapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan “**the right man in the right place**” lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan departementasi. Pada setiap departemen dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap departemen dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.

#### **10.4. Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi (Job Description)**

##### **1. Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

##### **2. Dewan Komisaris**

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap

perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

### 3. Direktur Utama

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan.
- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke Bank, memindah tangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll.

### 4. Penelitian dan Pengembangan (R&D).

Divisi R&D bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi R&D bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi dan pemasaran sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

#### 5. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

#### 6. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

#### 7. Departemen Produksi

Kepala Dept. Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi dengan membawahi 3 divisi yaitu :

##### a. Divisi Proses

Divisi Proses bertanggung jawab kepada kepala Departemen Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

##### b. Divisi Gudang

Divisi Gudang bertanggung jawab kepada kepala Departemen Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai kebutuhan, serta mencatat dan mengatur distribusi barang yang keluar masuk gudang dan menjaga kondisi gudang sedemikian rupa sehingga barang tidak rusak..

##### c. Divisi Quality Control dan Laboratorium.

Divisi Quality Control dan Laboratorium bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi dan bertugas mengawasi dan mengendalikan kualitas bahan baku, produk utama dan produk samping, sehingga didapat produk dengan standard kualitas yang diinginkan dengan melakukan analisa dan pengujian

terhadap bahan mentah yang dipasok serta produk ammonium klorida dan produk samping untuk mengetahui kualitasnya.

#### 8. Departemen Teknik

Kepala Departemen Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka dept. teknik langsung mengatasi masalahnya.

##### a. Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

##### b. Divisi Bengkel dan Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

#### 9. Departemen Keuangan dan Administrasi

Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca keuangan perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan dan akhir pekan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Dept. Keuangan dan Akuntansi membawahi 3 divisi yaitu :

##### a. Divisi Pembukuan (Akuntansi)

Divisi ini bertugas membuat neraca keuangan dengan melakukan pencatatan dan pembukuan mengenai semua pemasukan dan pengeluaran keuangan perusahaan.

##### b. Divisi Administrasi

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

##### c. Divisi Penjualan dan Pembelian

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Keuangan dan Administrasi mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhan pasar agar dapat dipasok setiap saat, serta melakukan promosi kepada masyarakat

mengenai produk yang dihasilkan serta menangani pembelian bahan baku dan alat-alat yang menunjang proses serta pembiayaan atas perawatannya.

## 12. Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia.

Kepala Dept. Umum dan SDM bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum dan ketenagakerjaan. Departemen ini mengatur masalah administrasi, keamanan dan keselamatan, lingkungan, logistik serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

### a. Divisi Humas dan Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya selain itu juga bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat maupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik dapat menunjang kelangsungan dan kelancaran kegiatan operasional perusahaan.

### b. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan bertanggungjawab kepada kepala Departemen Umum dan Sumber Daya Manusia dan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pemberian ijin orang luar keluar masuk perusahaan, pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

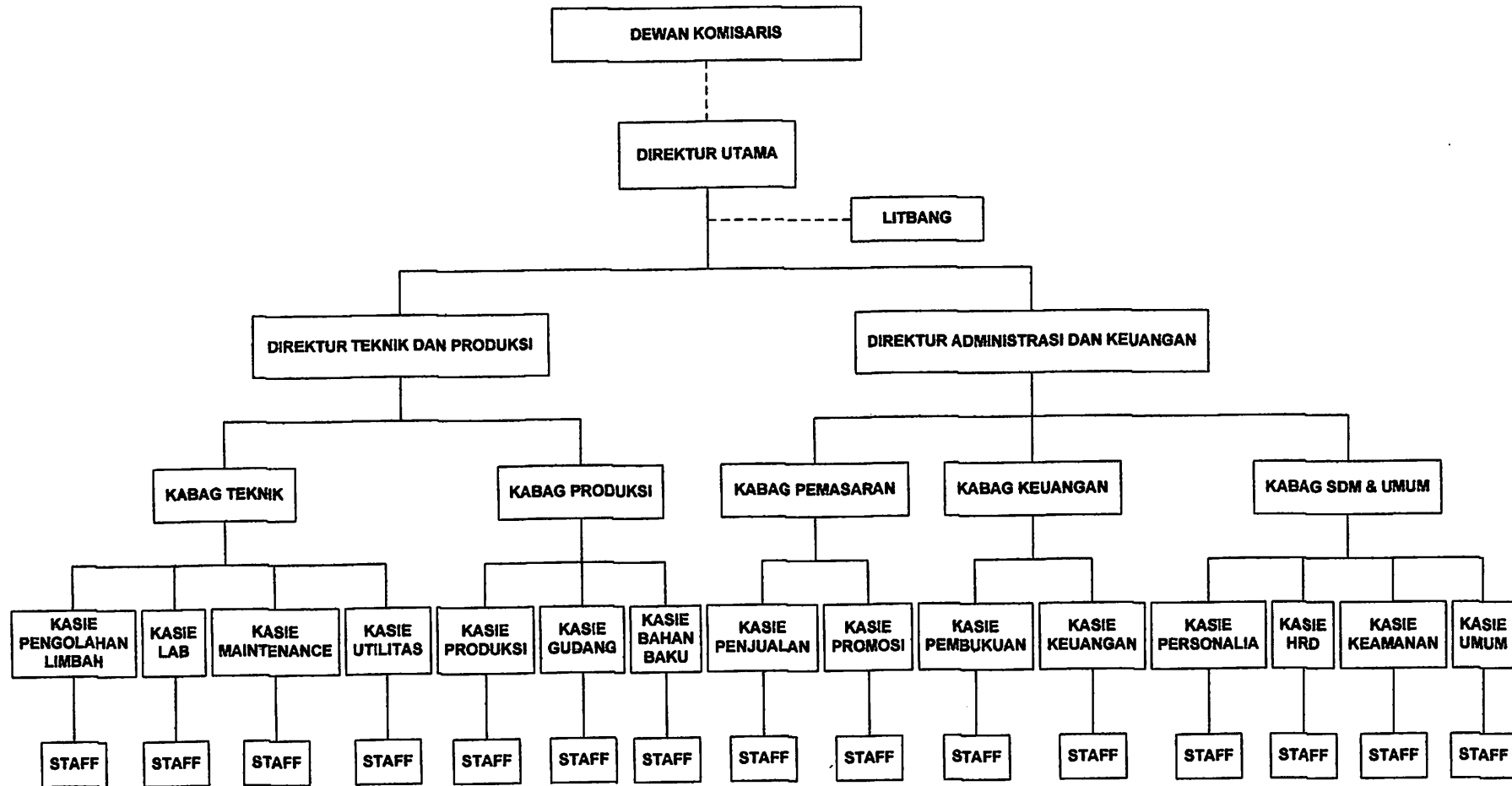
### c. Divisi Kebersihan dan Logistik

Divisi Kebersihan dan Logistik bertugas menjaga kebersihan, dan keindahan perusahaan mulai dari ruang perkantoran, taman, toilet sampai gudang dan ruang produksi, serta bertugas menyediakan kebutuhan logistik karyawan perusahaan dan pada kegiatan-kegiatan tertentu pada perusahaan.

### d. Divisi Transportasi.

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan dan masalah parkir kendaraan karyawan dan tamu.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.4.1.



**Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida**

### 10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

#### a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

#### b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

#### c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

#### d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk



golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

### 10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik Ammonium Klorida ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin - Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00



b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta

keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I : 07.00 -- 15.00
- Shift II : 15.00 -- 23.00
- Shift III : 23.00 -- 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.6.1.

**Tabel 10.6.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik**

R E G U	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

### 10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida (gambar 10.1) yaitu sebagai berikut :

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia
2. Manager
  - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
  - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)

- 3. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)
- 4. Kepala Bagian
  - a. Bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Bagian teknik : Sarjana Teknik Mesin
  - c. Bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
  - d. Bagian keuangan : Sarjana Ekonomi
  - e. Bagian Umum : Sarjana Teknik Industri
- 5. Kepala divisi
  - a. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin
  - c. Divisi Laboratorium : Sarjana Kimia (MIPA)
  - d. Divisi Proses : Sarjana Teknik Kimia
  - e. Divisi Pemeliharaan : Sarjana Teknik
  - f. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
  - g. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
  - h. Divisi pengelolaan limbah : Sarjana Teknik kimia/MIPA
  - i. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
  - j. Divisi Pembukuan : Sarjana Ekonomi
  - k. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
  - l. Divisi Keamanan : Diploma / SMU / SMK
  - m. Divisi Gudang : Diploma / SMU / SMK
- 6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK.

### 10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Step dalam proses = 8 tahap

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi ( P )} &= (50.000 \text{ ton/th}) / (330 \text{ hari/tahun}) \\ &= 151,51 \text{ ton/hari.} \end{aligned}$$

Berdasarkan *Vilbrant, fig. 6.35, hal. 235*, didapatkan :

$$M = 15,2 ( P )^{0,25} \text{ untuk } \textit{average conditions}$$

$$M = 15,2 \times ( 151,51 )^{0,25}$$

$$M = 53,33 \text{ (orang jam/hari. Tahapan proses)}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 10 tahap, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 53,33 \text{ orang jam/hari.tahapan} \times 10 \text{ tahap} \\ &= 534 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja, maka :

$$\text{Karyawan Proses} = \frac{534 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}} = 178 \text{ orang jam/shift}$$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka :

$$\text{Karyawan proses} = \frac{178 \text{ orang.jam/shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 22,25 \approx 23 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses keseluruhan} &= 23 \text{ orang hari/shift} \times 4 \text{ regu} \\ &= 92 \text{ orang setiap hari (untuk 4 regu).} \end{aligned}$$

Jumlah karyawan dan staf = 111 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Ammonium Klorida adalah 213 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.8.1.

**Tabel 10.8.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.**

No.	Jabatan (Tugas)	JUMLAH
1.	Direktur utama	1
2.	Manager produksi dan teknik	1
3.	Manager administrasi dan keuangan	1
4.	Staf LITBANG (R&D)	5
5.	Kepala bagian produksi	1
6.	Kepala bagian teknik	1
7.	Kepala bagian umum	1
8.	Kepala bagian keuangan	1
9.	Kepala bagian pemasaran	1
10.	Kepala seksi proses	1
11.	Kepala seksi laboratorium	1

12.	Kepala seksi bahan baku	1
13.	Kepala seksi utilitas	1
14.	Kepala seksi pemeliharaan	1
15.	Kepala seksi personalia (SDM)	1
16.	Kepala seksi keamanan	1
17.	Kepala seksi pengelolaan limbah	1
18.	Kepala seksi pembukuan	1
19.	Kepala seksi keuangan	1
20.	Kepala seksi penjualan	1
21.	Kepala seksi gudang	1
22.	Kepala seksi iklan dan promosi	1
23.	Karyawan divisi proses	92
24.	Karyawan divisi QC	10
25.	Karyawan divisi bahan baku	8
26.	Karyawan divisi utilitas	25
27.	Staf divisi bengkel & perawatan	10
28.	<i>Karyawan divisi personalia</i>	5
29.	Karyawan divisi keamanan	16
30.	Karyawan divisi administrasi	10
31.	Karyawan divisi pembukuan	4
32.	Karyawan divisi keuangan	6
33.	Karyawan divisi penjualan	10
34.	Karyawan divisi gudang	10
35.	Karyawan divisi kesehatan	6
36.	Karyawan divisi kebersihan	25
37.	Sopir	10
38.	Sekretaris	5
39.	Karyawan pemadam kebakaran	8
40.	Dokter	2
<b>JUMLAH</b>		<b>288</b>

### **10.9. Status Karyawan dan Sistem upah (Gaji)**

Pabrik Ammonium Klorida ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

#### **1. Karyawan reguler**

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

#### **2. Karyawan borongan**

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

#### **3. Karyawan harian**

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

**Tabel 10.9.1. Daftar Upah (Gaji) Karyawan**

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur Utama	1	12.000.000	12.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	9.000.000	9.000.000
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1	8.000.000	8.000.000
4	Staf Litbang	5	2.500.000	12.500.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	6.000.000	6.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	5.000.000	5.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	5.000.000	5.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	4.000.000	4.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	3.500.000	3.500.000
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1	3.500.000	3.500.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	3.500.000	3.500.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	3.000.000	3.000.000
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1	3.000.000	3.000.000
16	Kepala Seksi Keamanan	1	2.500.000	2.500.000
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1	3.000.000	3.000.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	3.000.000	3.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	3.000.000	3.000.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	3.000.000	3.000.000
21	Kepala Seksi Gudang	1	3.000.000	3.000.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	3.000.000	3.000.000
23	Karyawan Devisi Proses	92	2.100.000	193.200.000
24	Karyawan Devisi QC	10	1.800.000	18.000.000
25	Karyawan Devisi bahan baku	8	1.750.000	14.000.000
26	Karyawan Devisi Utilitas	25	1.820.000	45.500.000

27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	10	1.500.000	15.000.000
28	Karyawan Devisi Personalia	5	1.500.000	7.500.000
29	Karyawan Devisi Keamanan	16	1.250.000	20.000.000
30	Karyawan Devisi Administrasi	10	1.400.000	14.000.000
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4	1.400.000	5.600.000
32	Karyawan Devisi Keuangan	6	1.500.000	9.000.000
33	Karyawan Devisi Penjualan	10	1.600.000	16.000.000
34	Karyawan Devisi Gudang	10	1.500.000	15.000.000
35	Karyawan Devisi Kesehatan	6	1.250.000	7.500.000
36	Karyawan Devisi Kebersihan	25	900.000	22.500.000
37	Sopir	10	1.000.000	10.000.000
38	Sekretaris	5	1.500.000	7.500.000
39	Karyawan pemadam Kebakaran	8	1.250.000	10.000.000
40	Dokter	2	2.000.000	4.000.000
<b>Jumlah</b>		<b>288</b>	<b>Total</b>	<b>542.800.000</b>



## BAB XI

### ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana Pabrik Ammonium Klorida ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Ammonium Klorida tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Amonium Klorida adalah sebagai berikut :

1. *Return of Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Internal Rate of Return* (IRR)

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*) terdiri atas :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran harga alat

#### 11.1. Faktor - Faktor Penentu

##### 11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

##### a. Modal Tetap (FCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

a. Direct Cost

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Service Facilities
- Tanah

b. Indirect cost

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi

**b. Modal Kerja (WCI)**

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik, dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Pengemasan produk
- Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain
- Pajak yang harus dibayar
- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas.

Sehingga :  $TCI = FCI + WCI$

### **11.1.2. Penentuan Biaya Produksi**

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

#### **a. Biaya Pembuatan**

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

#### **b. Biaya Pengeluaran Umum**

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

#### **▪ Biaya tetap**

Yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Yang termasuk biaya tetap antara lain :

- Bunga Bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

#### **▪ Biaya semi variabel (SVC)**

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain :

- Biaya utilitas
- Biaya bahan baku
- Gaji karyawan
- Supervisor
- Pemeliharaan dan perbaikan

### 11.1.3. Penaksiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Ammonium Klorida ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari ([www.che.com](http://www.che.com) - Capital Cost Estimation 2011) dan (<http://www.matche.com/EquipCost/index.htm> - 2012 )

#### A. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

**Harga peralatan (E)** = Rp 25.763.035.624,-

##### a. Biaya Langsung (DC)

- Instrumentasi dan kontrol (20 % E)	= Rp.	5.152.607.124,-
- Isolasi (8% E)	= Rp.	2.061.042.849,-
- Perpipaan terpasang (20 % E)	= Rp.	5.152.607,124,-
- Listrik terpasang (15 %E)	= Rp.	3.864.455.343,-
- Ongkos angkutan kapal laut	= Rp.	6.299.062.210,-
- Biaya asuransi	= Rp.	482.928.102,-
- Biaya angkut barang ke Plant	= Rp.	7.316.360.757,-
- Pemasangan alat (45% E)	= Rp.	11.593.366.031,-
- Bangunan pabrik (25% E)	= Rp.	6.440.758.906,-
- Service facilities (50% E)	= Rp.	12.881.517.812,-
- Tanah (5% E)	= Rp.	1.288.151.781,-
<b>Total DC</b>	<b>= Rp.</b>	<b>88.295.893.669,-</b>

##### b. Biaya Tak Langsung (IC)

- Engineer dan supervisi (12,5 % DC)	= Rp.	8.829.589.366,-
- Konstruksi (10 % DC)	= Rp.	8.829.589.366,-
<b>Total IC</b>	<b>= Rp.</b>	<b>17.659.178.733,-</b>

##### c. Fixed Capital Investment (FCI)

FCI = DC + IC = Rp. 105.955.072.403,-

##### d. Working Capital Investment (WCI)

WCI = 15 % × FCI = Rp. 15.893.260.860,-

**e. Total Capital Investment (TCI)**

TCI = FCI + WCI = Rp. 121.848.333.264,-

**f. Modal Perusahaan**

Modal sendiri (MS) = 60 % TCI = Rp. 73.108.999.958,-

Modal pinjaman (MP) = 40 % TCI = Rp. 48.739.333.305,-

**B. Penentuan Total Capital Investment (TPC)****a. Biaya Produksi Langsung (DPC)**

- Bahan baku = Rp. 342.202.105.448,-

- Tenaga kerja (TK) = Rp. 6.513.600.000,-

- Supervisi (15% TK) = Rp. 977.040.000,-

- Pemeliharaan & perbaikan (PP) (7% FCI) = Rp. 7.416.855.068,-

- Penyediaan operasi (15% PP) = Rp. 1.112.528.260,-

- Laboratorium (15% PP) = Rp. 1.112.528.260,-

- Patent dan royalti (1% TPC) = Rp. 5.347.537.862,-

**Total DPC = Rp. 420.024.977.215,-**

**b. Biaya Tetap (FC)**

- Depresiasi alat (10% FCI) = Rp. 10.595.507.240,-

- Depresiasi bangunan (10% FCI) = Rp. 10.595.507.240,-

- Pajak kekayaan (20% FCI) = Rp. 21.191.014.480,-

- Asuransi (0,6% FCI) = Rp. 635.730.434,-

- Bunga bank (12,5% MP) = Rp. 6.092.416.663,-

**Total FC = Rp. 49.110.176.058,-**

**c. Biaya Overhead Pabrik**

Biaya Overhead = 70% TK + PP = Rp. 11.976.375.068,-

**d. Biaya pengeluaran umum (GE)**

- Administrasi (15% PP) = Rp. 166.879.239,-

- Distribusi dan pemasaran (5% TPC) = Rp. 26.737.689.310,-

- Litbang (5% TPC) = Rp. 26.737.689.310,-

**Total GE = Rp. 53.642.257.859,-**

**e. Biaya produksi total (TPC)**

TPC = DPC + FC + Biaya Overhead + GE = Rp. 534.753.786.202,-

### C. Analisa Profitabilitas

Asumsi yang diambil:

- a. Modal yang digunakan terdiri dari :
  1. Modal sendiri (60 %)
  2. Modal pinjaman (40 %).
- b. Bunga kredit = 13 % per tahun
- c. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- d. Umur pabrik 10 tahun
- e. Kapasitas produksi
  - Tahun I = 60 % dari produksi total
  - Tahun II = 80 % dari produksi total
  - Tahun III = 100 % dari produksi total
- f. Pajak penghasilan = 40 % per tahun.

#### 1. Laba Perusahaan

**Total penjualan per tahun = Rp. 589.643.043.759,-** (kapasitas 100 %)

**Laba kotor** = Total penjualan – Biaya produksi  
 = Rp. 589.643.043.759 – Rp. 534.753.786.202  
 = Rp. 54.889.257.557,-

**Pajak penghasilan** = 40% × Laba kotor  
 = 40% × Rp. 54.889.257.557,-  
 = Rp. 21.955.703.023,-

**Laba bersih** = Laba kotor – Pajak penghasilan  
 = Rp. 54.889.257.557 – Rp. 21.955.703.023  
 = Rp. 32.933.554.534,-

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak ( $C_A$ )

$C_{Abt}$  = Laba kotor + Depresiasi alat  
 = Rp. 54.889.257.557 + Rp. 10.595.507.240  
 = Rp. 65.484.764.798,-

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak ( $C_A$ )

$C_{Aat}$  = Laba bersih + Depresiasi alat  
 = Rp. 32.933.554.534 + Rp. 10.595.507.240  
 = Rp. 43.529.061.775,-

## 2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

### a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 52 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

### b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 31 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

## 3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari labayang dihitung, dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2,43 \text{ tahun (App. E)} \end{aligned}$$

## 4. Break Even Point (BEP)

Merupakan titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3\text{SVC}}{\text{S} - (0,7\text{SVC} - \text{VC})} \times 100\%$$

Dimana :

$$\text{FC} = \text{Rp. } 49.110.176.059,-$$

$$\text{VC} = \text{Rp. } 397.544.887.765,-$$

$$\text{SVC} = \text{Rp. } 88.098.722.378,-$$

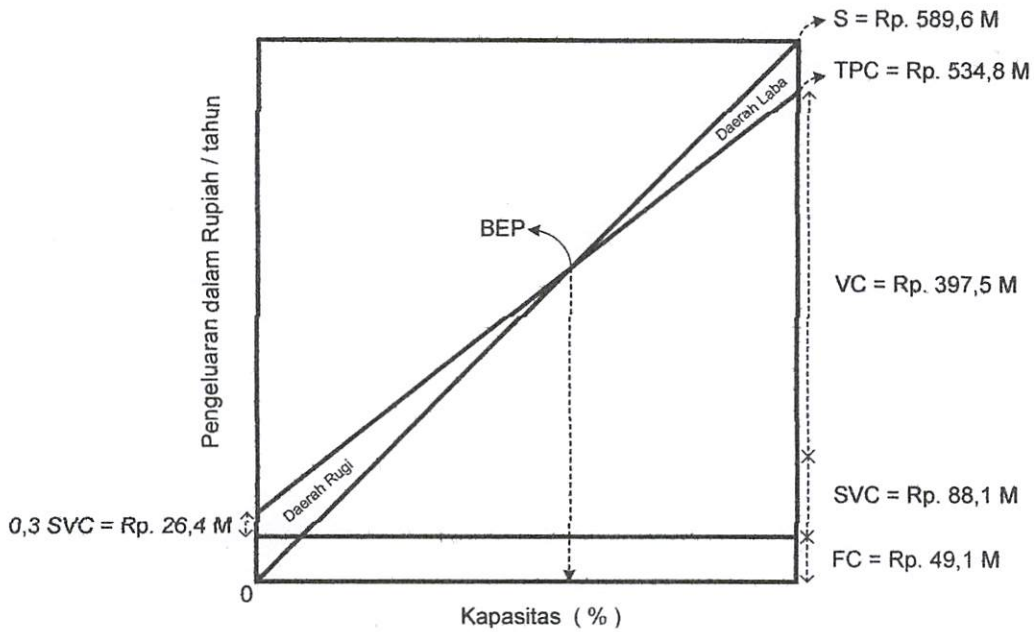
$$\text{S} = \text{Rp. } 589.643.043.759,-$$

Maka, didapatkan :

$$\text{BEP} = 57,92 \% \text{ ( App. E )}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik BEP terjadi pada kapasitas} &= 57,92 \% \times 50.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 28,9580 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Nilai BEP untuk Pabrik Amonium Klorida adala 30% - 60%, sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik 11.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 60% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \%kapasitas)}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PBi = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kap = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

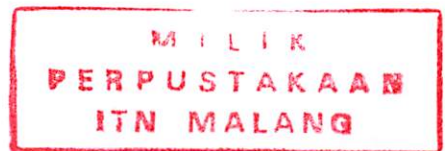
$$PBi = \text{Rp } 6.902.054,-$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi} \\ &= \text{Rp } 6.902.054 + \text{Rp } 10.595.507.240 \\ &= \text{Rp } 10.602.409.295 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun II kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \%kapasitas)}{(100 - BEP)}$$





Dimana : PBi = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)  
 PB = keuntungan pada kapasitas 100%  
 %Kap = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

**PBi = Rp 263.468.436,-**

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$C_A = \text{laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi}$   
 $= \text{Rp } 263.468.436 + \text{Rp } 10.595.507.240$   
 $= \text{Rp } 10.858.975.677$

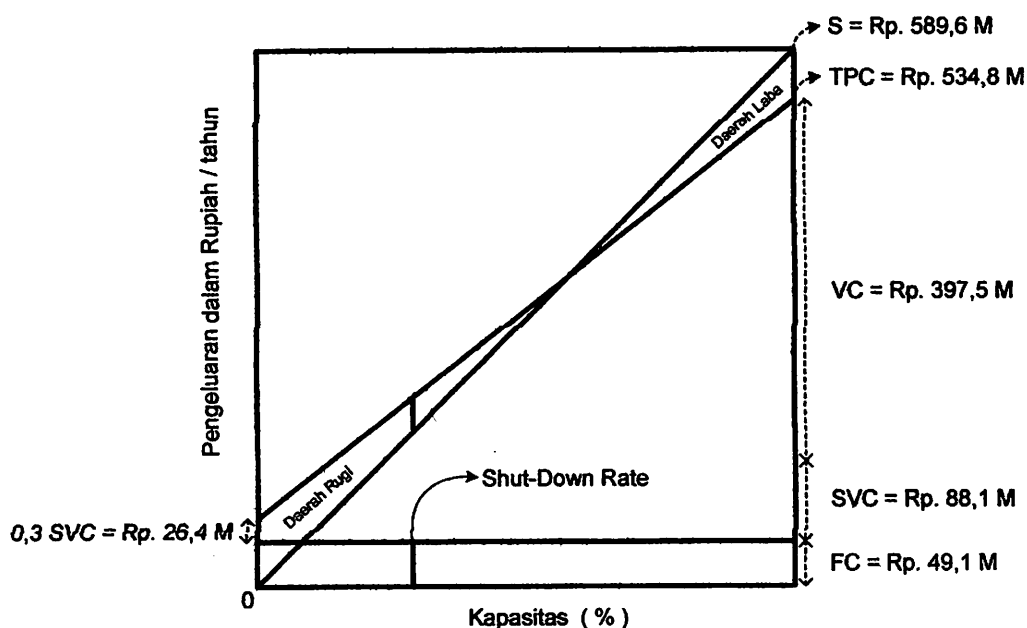
**5. Shut Down Point (SDP)**

SDP adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$= 20,26 \% \text{ ( App. E )}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas penjualan  
 $= 20,26 \% \times \text{Rp. } 589.643.043.759$   
 $= \text{Rp. } 119.482.888.244$



Grafik 11.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

**6. Net Present Value (NPV)**

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A_0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$C_{A-2} = 40\% \times FCI \times (1+i)^2$$

$$= \text{Rp } 53.639.755.404,- \text{ ( App. E )}$$

$$C_{A-1} = 60\% \times FCI \times (1+i)^1$$

$$= \text{Rp } 71.519.673.872,- \text{ ( App. E )}$$

$$C_{A-0} = -(C_{A-1} - C_{A-2}) = - \text{Rp } 125.159.429.276,-$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana :  $F_d =$  faktor diskon  $= 1/(1+i)^n$        $C_A =$  cash flow setelah pajak

$n =$  tahun ke-n                                       $i =$  tingkat bunga

Tabel 11.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow ( $C_A$ ) (Rp)	$F_d$ $i = 12,5\%$	NPV (Rp)
0	-125.159.429.276	1	-125.159.429.276
1	10.602.409.295	0,8889	9.424.363.818
2	10.858.975.677	0,7901	8.579.931.399
3	43.529.061.775	0,7023	30.571.851.342
4	43.529.061.775	0,6243	27.174.978.971
5	43.529.061.775	0,5549	24.155.536.863
6	43.529.061.775	0,4933	21.471.588.323
7	43.529.061.775	0,4385	19.085.856.287
8	43.529.061.775	0,3897	16.965.205.588
9	43.529.061.775	0,3464	15.080.182.745
10	43.529.061.775	0,3079	13.404.606.885
WCI			15.893.260.860
<b>Total</b>			<b>76.647.933.805</b>

Karena harga NPV = (+) maka pabrik *Ammonium Klorida* layak untuk didirikan.

## 7. IRR (Internal Rate of Return)

Tabel 11.2 Cash flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C <sub>A</sub> ) (Rp)	NPV <sub>1</sub> (Rp) i = 0,22	NPV <sub>2</sub> (Rp) i = 0,23
0	-125.159.429.276	-125.159.429.276	-125.159.429.276
1	10.602.409.295	8.690.499.422	8.619.844.955
2	10.858.975.677	7.295.737.488	7.177.589.845
3	43.529.061.775	23.971.754.120	23.391.817.779
4	43.529.061.775	19.648.978.787	19.017.738.032
5	43.529.061.775	16.105.720.317	15.461.575.635
6	43.529.061.775	13.201.410.096	12.570.386.695
7	43.529.061.775	10.820.827.947	10.219.826.582
8	43.529.061.775	8.869.531.104	8.308.802.099
9	43.529.061.775	7.270.107.463	6.755.123.658
10	43.529.061.775	5.959.104.478	5.491.970.453
WCI		15.893.260.860	15.893.260.860
<b>Total</b>		<b>12.567.502.805</b>	<b>7.748.507.317</b>

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\ &= 24,61 \% \end{aligned}$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (12,5 %) maka Pabrik Ammonium Klorida ini layak untuk didirikan.

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **12.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Ammonium klorida dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik ini cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek antara lain :

##### **a. Aspek Lokasi**

Pabrik ini didirikan di Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Propinsi Banten. Pabrik ini diperkirakan cukup menguntungkan mengingat :

- Daerah ini merupakan penghasil bahan baku terbesar di Banten
- Tersedianya air sungai dan air PDAM yang cukup sehingga memudahkan pengadaan utilitas
- Penyediaan sumber tenaga listrik yang cukup.

##### **b. Aspek Sosial**

Pendirian Pabrik Ammonium klorida ini bila ditinjau dari aspek sosial dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Memberikan kesempatan kepada penduduk untuk mendapatkan penghasilan yang lebih baik dari sebelumnya.

##### **c. Aspek Ekonomi**

- Di Indonesia kebutuhan Ammonium klorida semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan industri pupuk, industri soldering, dan farmasi yang menggunakannya sebagai bahan baku.
- Dapat mengurangi kebutuhan impor Ammonium klorida yang selama ini masih berasal dari luar negeri.

Ditinjau dari hal diatas maka pendirian Pabrik Ammonium klorida di Indonesia sangat penting karena dapat membantu program pemerintah dalam rangka meningkatkan industrialisasi dan juga dapat menambah pendapatan/devisa Negara.

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Ammonium Klorida ini dan dinilai menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut :

$$\text{TCI} = \text{Rp. } 121.848.333.264,-$$

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = 52 \%$$

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = 31 \%$$

$$\text{POT} = 2,43 \text{ tahun}$$

$$\text{BEP} = 57,92 \%$$

$$\text{IRR} = 24,61 \% > \text{bunga bank : } 12,5 \% \text{ ( layak untuk didirikan)}$$

d. **Aspek Pemasaran**

Produksi Ammonium klorida dalam perencanaan pabrik ini diharapkan dapat memperoleh pemasaran yang baik, ini dikarenakan kebutuhan Ammonium klorida semakin meningkat baik di dalam maupun di luar negeri.

**12.2. Saran**

1. Diharapkan Indonesia dapat mengembangkan industri Ammonium klorida mengingat Indonesia merupakan daerah kebutuhan akan pupuk, serat farmasi, dll.
2. Diharapkan agar penggunaan Ammonium klorida bisa dikembangkan lagi dalam industri kimia lainnya.
3. Dengan adanya perkembangan bioteknologi yang pesat maka disarankan untuk memproduksi Ammonium klorida dengan menggunakan jenis bahan baku yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

Biro Pusat Statistik Surabaya

Brownell E. Lloyd, *“Process Equipment Design”*, Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India 1959.

Coulson and Richardson's, *“Chemical Engineering”*, volume 6, 2<sup>nd</sup> edition, Departement Of Chemical Engineering, University College of Swansea.

Geankoplis, Christie , *“Transport Process dan Unit Operation”*, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997

Hesse, H.C. and Rushton, J.H., *“Process Equipment Design”*, D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.

Hougen, A. Olaf and Watson, K.M., *“Chemical Process Principle”*, 2<sup>nd</sup> Edition John Willey and Sons Inc. New York 1954.

Kern D.Q, *“Process Heat Transfer”*, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.

Kirk R.F and Othmer D.F, *“Encyclopedya Of Chemical Technology”*, Vol 11, 3<sup>rd</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.

Kirk R.F and Othmer D.F, *“Encyclopedya Of Chemical Technology”*, Volume 13, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.

Ludwig E.E, *“Design for Chemical and Petrochemical Plant”*, Gulf Publishing Company, Houston, 1964.

McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *“Operasi Teknik Kimia”*, Jilid I, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.

McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *“Operasi Teknik Kimia”*, Jilid II, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.

Perry, Robert H, *“Perry's Chemical Engineering Handbook”*, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 1998.

Perry, Robert H, *“Perry's Chemical Engineering Handbook”*, 7<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2000.

Peter S. and Timmerhause, *“Plant Design and Economic to Chemical Engineering”*, 4<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill, Singapore, 1991.

Savern, H.W. *“Steam, Air and Gas Power”*, 5<sup>th</sup> Edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1964.

Smith, J.M, and Van Ness H.C, ***“Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics”***, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.

Ulrich D. Gael, ***“A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic”***, John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.

[www.matche.com](http://www.matche.com)