



PROYEK AKHIR - VK180626

PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA (NH_3) DAN ASAM SULFAT (H_2SO_4) DENGAN PROSES NETRALISASI

INDAH AYU PRAMISWARI
NRP. 10411600000013

RAKHMAD ROFIANSYAH BADRUL ALAM
NRP. 10411600000085

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti., M.T.
NIP. 19580703198502 2 001

Co Dosen Pembimbing :
Achmad Ferdiansyah P.P, S.T, M.T.
NIP. 19880617201803 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



PROYEK AKHIR -VK 180626

**PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA
(NH₃) DAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN
PROSES NETRALISASI**

**INDAH AYU PRAMISWARI
NRP. 1041160000013**

**RAKHMAD ROFIANSYAH BADRUL ALAM
NRP. 1041160000085**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti., M.T.
NIP. 19580703198502 2 001**

**Co Dosen Pembimbing :
Achmad Ferdiansyah P.P, S.T, M.T.
NIP. 19880617201803 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**



FINAL PROJECT - VK 180626

**AMMONIUM SULFATE PLANT FROM
AMMONIA (NH₃) AND SULFURIC ACID
(H₂SO₄) USING NETRALIZATION METHOD**

**INDAH AYU PRAMISWARI
NRP. 1041160000013**

**RAKHMAD ROFIANSYAH BADRUL ALAM
NRP. 1041160000085**

**Supervisor :
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti., M.T.
NIP. 19580703198502 2 001**

**Co Supervisor :
Achmad Ferdiansyah P.P, S.T, M.T.
NIP. 19880617201803 1 002**

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020**

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah – Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **“Pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH₃) dan Asam Sulfat (H₂SO₄) dengan Proses Netralisasi”**. Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester enam sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. Agung Subyakto M.S, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT selaku pembimbing yang selalu membimbing dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T. selaku co dosen pembimbing yang selalu membimbing dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA, selaku dosen penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc, selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati HP, M.Pd, selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Bapak Ir. Agus Surono, MT, selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Kedua orang tua kami dan orang terdekat yang selalu mendukung dan memberikan baik moril maupun materil yang tak ternilai harganya.
10. Rekan – rekan seperjuangan angkatan 2016 (Hexamine) atas kerjasamanya selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan kami menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 13
Desember 2019

Penyusun

LEMBAR PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:
PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA (NH₃) DAN ASAM SULFAT (H₂SO₄)
DENGAN PROSES NETRALISASI
TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Indah Ayu Pramiswari (NRP 10411600000013)

Rahmad Rofiansyah Badrul .A. (NRP 10411600000085)

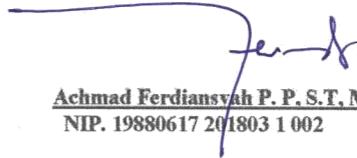
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing

Co Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.
NIP. 19580703 198502 2 001



Achmad Ferdiansyah P. P. S.T. M.T.
NIP. 19880617 201803 1 002

Mengetahui,



Dr. Ir. Ninik Pajar Puspita, M.Eng
NIP. 19630805 198903 2 002

SURABAYA, 30 JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 23 januari 2020
untuk tugas akhir dengan judul

**“Pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH_3) dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Proses
Netralisasi”,**

Yang disusun oleh :

Indah Ayu Pramiswari

(NRP 1041160000013)

Rakhmad Rofiansyah Badrul .A.

(NRP 1041160000085)

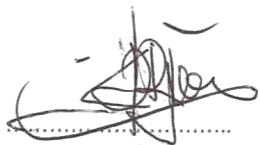
Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA.



.....

2. Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc.



.....

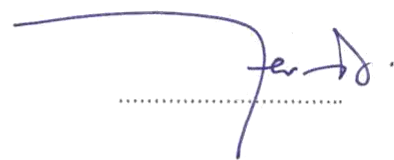
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.



.....

2. Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T.



.....

SURABAYA, 24 JANUARI 2020

PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA (NH₃) DAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) DENGAN PROSES NETRALISASI

Nama Mahasiswa : 1. Indah Ayu P. (10411600000013)
2. Rakhmad R.B.A. (10411600000085)
Progam Studi : Departemen Teknik Kimia Industri
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T
Co Dosen Pembimbing : Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T.

ABSTRAK

Pupuk amonium sulfat (pupuk ZA) merupakan pupuk kimia buatan yang dirancang untuk memberi tambahan hara nitrogen dan belerang bagi tanaman. Proses pembuatan amonium sulfat ada tiga macam yaitu proses merseburg, proses sintesis caprolactam, dan proses netralisasi langsung. Kami memilih menggunakan proses netralisasi langsung. Proses netralisasi langsung ini terdiri dari empat tahapan. Tahap pertama yaitu netralisasi dan kristalisasi, untuk mereaksikan ammonia dengan asam sulfat dan memekatkan ammonium sulfat yang terbentuk. Tahap kedua yaitu pemisahan kristal, Untuk memisahkan kristal dari larutannya. Tahap ketiga yaitu pengeringan, Untuk mengeringkan produk kristal. Tahap keempat yaitu penampungan produk, produk ammonium sulfat ditampung dalam bin.

Pendirian Pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH₃) dan Asam Sulfat (H₂SO₄) dengan Proses Netralisasi ini direncanakan akan dibangun di Sendangharjo, Brondong, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pabrik Amonium Sulfat beroperasi secara kontiyu selama 330 hari /tahun dengan kapasitas 610 ton/hari.

Kata Kunci : Amonium Sulfat, Proses Netralisasi, Amonia, Asam sulfat

**AMMONIUM SULFATE PLANT FROM AMMONIA (NH_3)
AND SULFURIC ACID (H_2SO_4) USING NETRALIZATION
METHOD**

Student Name : 1. Indah Ayu P. (10411600000013)
 2. Rakhmad R.B.A. (10411600000085)
Study Program : Industrial Chemical Engineering Department
Supervisor : Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T
Co Supervisor : Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T.

ABSTRACT

Ammonium sulfate fertilizer (ZA fertilizer) is an artificial chemical fertilizer that is designed to provide nitrogen and sulfur nutrients for plants. The process of making ammonium sulfate is of three kinds namely the merseburg process, the caprolactam synthesis process, and the direct neutralization process. We chose to use the direct neutralization process. This direct neutralization process consists of four stages. The first step is neutralization and crystallization, to react ammonia with sulfuric acid and concentrating the ammonium sulfate formed. The second stage is the separation of crystals, to separate the crystals from the solution. The third stage is drying, to dry the crystal product. The fourth stage is product storage, ammonium sulfate products are stored in a bin.

The establishment of the Ammonium Sulfate Plant from Ammonia (NH_3) and Sulfuric Acid (H_2SO_4) with this Neutralization Process is planned to be built in Sendangharjo, Brondong, Lamongan Regency, East Java. The Ammonium Sulfate Plant operates continuously for 330 days / year with a capacity of 610 tons / day.

Keywords: *Ammonium Sulfate, Neutralization Process, Ammonia, Sulfuric Acid*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR.....	i	
ABSTRAK	iii	
ABSTRACT	iv	
DAFTAR ISI.....	v	
DAFTAR GAMBAR	vii	
DAFTAR GRAFIK	viii	
DAFTAR TABEL	ix	
BAB I PENDAHULUAN		
1.1 Latar Belakang	I-1	
1.2 Kegunaan Amonium Sulfat	I-15	
1.3 Sifat Fisika dan Kimia.....	I-16	
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES		
II.1 Macam Proses.....	II-1	
II.2 Seleksi Proses	II-7	
II.3 Uraian Proses Terpilih.....	II-9	
BAB III NERACA MASSA.....		III-1
BAB IV NERACA ENERGI		IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....		V-1
BAB VI UTILITAS		
VI.1 Unit Utilitas.....	VI-1	
VI.2 Unit Pengadaan Air.....	VI-1	
VI.3 Unit Pengadaan Steam	VI-11	
VI.4 Unit Penyedia udara tekan	VI-12	
VI.5 Unit pendinginan (<i>refrigeration</i>).....	VI-13	
VI.6 Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	VI-14	
VI.7 Unit Pengadaan Bahan Bakar	VI-16	

BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

VII.1 Pendahuluan.....	VII-1
VII.2 Filosofi Dasar Penerapan K3	VII-2
VII.3 Tujuan dan Sasaran K3	VII-2
VII.4 Kebijakan Sistem Manajemen K3	VII-3
VII.5 Organisasi K3 Di Pabrik Ammonium Sulfat	VII-4
VII.6 <i>Safety Representative</i>	VII-9
VII.7 Evaluasi Kinerja K3.....	VII-13
VII.8 Alat Pelindung Diri (APD)	VII-15
VII.9 Keselamatan Pabrik	VII-21

BAB VIII INSTRUMENTASI PENGENDALIAN PROSES

VIII.1 Pendahuluan	VIII-1
VIII.2 Tujuan Sistem Pengontrolan	VIII-3
VIII.3 Elemen-elemen Sistem Kontrol.....	VIII-4
VIII.4 Instrumentasi Alat pada Prarancangan Pabrik	VIII-5
VIII.5 Penerapan Instrumentasi.....	VIII-7

BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

IX.1 Pendahuluan.....	IX-1
IX.2 Macam-macam Limbah	IX-2

BAB X KESIMPULAN

DAFTAR NOTASI

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN

APPENDIKS A NERACA MASSA.....

APPENDIKS B NERACA ENERGI

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

Flowsheet Pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH₃) dan Asam Sulfat (H₂SO₄) dengan Proses Netralisasi

Flowsheet Utilitas Pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH₃) dan Asam Sulfat (H₂SO₄) dengan Proses Netralisasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Peta Lokasi Pabrik Ammonium Sulfat.....	I-15
Gambar II.1 Blok Diagram Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Meseburg	II-2
Gambar II.2 Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Sintesis Caprolactam	II-3
Gambar II.3 Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Netralisasi Langsung.....	II-4
Gambar II.4 Blok Diagram Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Netralisasi	II-10
Gambar VI.1 Blok diagram <i>Raw Clarified Water</i>	VI-2
Gambar VI.2 <i>Demineralized Water Process</i>	VI-9
Gambar VI.3 <i>Service Air & Instrument Air</i>	VI-12

DAFTAR GRAFIK

Grafik I.1 Data Hasil Impor Ammonium Sulfat di Indonesia	I-6
Grafik I.2 Data Produksi Ammonium Sulfat di Indonesia	I-7
Grafik I.3 Data Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia	I-10
Grafik I.4 Data Hasil Ekspor Ammonium Sulfat di Indonesia	I-11

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Daftar Pabrik yang Memproduksi Asam Sulfat Di Indonesia	I-3
Tabel I.2 Daftar Pabrik yang Memproduksi Amonia Di Indonesia	I-4
Tabel I.3 Data Impor Ammonium Sulfat	I-5
Tabel I.5 Produksi Ammonium Sulfat di Indonesia	I-7
Tabel I.5 Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia	I-9
Tabel I.6 Ekspor Ammonium Sulfat di Indonesia	I-11
Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Ammonium Sulfat	II-7
Tabel III.1 Neraca Massa pada Vaporizer	III-1
Tabel III.2 Neraca Massa pada Saturator	III-2
Tabel III.3 Neraca Massa pada Kondensor	III-3
Tabel III.4 Neraca Massa pada Centrifuge	III-4
Tabel III.5 Neraca Massa pada Screw Conveyor	III-4
Tabel III.6 Neraca Massa pada Rotary Dryer	III-5
Tabel III.7 Neraca Massa pada Wet Cyclone A	III-6
Tabel III.8 Neraca Massa pada Wet Cyclone B	III-7
Tabel III.9 Neraca Massa pada Dissolution Drum	III-8
Tabel III.10 Neraca Massa pada Mother Liquor Tank	III-8
Tabel III.11 Neraca Massa pada Kondensat Tank	III-9
Tabel III.12 Neraca Massa pada Bucket Elevator	III-10
Tabel III.1 Neraca Panas pada Vaporizer	IV-2
Tabel III.2 Neraca Panas pada Saturator	IV-3
Tabel III.3 Neraca Panas pada Kondensor	IV-4
Tabel III.4 Neraca Panas pada Rotary Dryer	IV-4
Tabel III.5 Neraca Panas pada Dissolution Drum	IV-5
Tabel VI.2.1 Total Kebutuhan Air Proses	VI-3
Tabel VI.2.2 Total Kebutuhan Air untuk Steam	VI-4

Tabel VI.2.3 Total Kebutuhan Air Pendingin	VI-4
Tabel VI.2.4 Spesifikasi Air Unit Demineralisasi.....	VI-10
Tabel VI.2.5 Spesifikasi Tangki.....	VI-11
Tabel VIII.1 Penerapan Alat Instrumentasi.....	VIII-7

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

I.1.1 Sejarah Amonium Sulfat

Pupuk amonium sulfat (pupuk ZA) merupakan pupuk kimia buatan yang dirancang untuk memberi tambahan hara nitrogen dan belerang bagi tanaman. Dalam pupuk ini terkandung senyawa sulfur dalam bentuk anion sulfat yang mudah diserap tanaman dan senyawa nitrogen dalam bentuk kation amonium yang mudah melepaskan nitrogen (*UNIDO, 1979*).

Produksi amonium sulfat skala pabrik mulai dilakukan pada abad ke-19 dengan bahan baku amonia yang berasal dari pembuatan gas kokas menjadi pupuk nitrogen paling penting pada tahun itu. Perkembangan pupuk amonium sulfat terus mengalami kenaikan produksi di tiap tahunnya. Jumlah penggunaan amonium sulfat pada tahun 1994 adalah 950.000 ton yang meningkat dari tahun sebelumnya yaitu tahun 1900 sebesar 5000 ton, tahun 1870 sebesar 2000 ton dan tahun 1860 sebesar 500 ton (*Havlin, 1999*).

Pada tahun 1945, industri kokas mampu memproduksi 746.298 ton dan pada tahun yang sama, 888.630 ton amonium sulfat dapat diproduksi oleh 5 pabrik dengan menggunakan bahan baku amonia sintetik. Sejak tahun 1960, amonium sulfat mulai diproduksi sebagai produksi samping pada proses industri syntetic-fiber intermediates seperti caprolactam (*Ullmann, 1973*).

Di Indonesia, produsen ammonium sulfat hanya satu, yaitu PT. Petrokimia Gresik, dengan kapasitas produksi per tahun 750.000 ton dengan rincian PT. Petrokimia Gresik IA sebesar 200.000 ton/tahun, PT Petrokimia Gresik IIA sebesar 350.000 ton/tahun, PT. Petrokimia Gresik IIIA sebesar 200.000 ton/tahun. Produksi ammonium sulfat yang ada belum cukup untuk



memenuhi kebutuhan ammonium sulfat dalam negeri. Pada tahun 2017, konsumsi ammonium sulfat mencapai 980.505 ton/tahun. Keadaan ini memaksa Indonesia harus melakukan impor ammonium sulfat untuk memenuhi kekurangan kebutuhan ammonium sulfat per tahun. Pada tahun 2016, jumlah impor ammonium sulfat untuk memenuhi kebutuhan yaitu 119.464,2 ton. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu usaha penanggulangan yaitu dengan mendirikan pabrik ammonium sulfat sehingga dapat memenuhi kebutuhan ammonium sulfat di Indonesia .

I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Adapun faktor-faktor yang menjadi landasan pendirian pabrik ammonium sulfat yaitu Indonesia adalah negara agraris yang membutuhkan pasokan pupuk khususnya ammonium sulfat yang sangat besar namun pabrik yang memproduksi ammonium sulfat sangat sedikit, sehingga tidak mampu memenuhi permintaan pasar yang sangat besar. Oleh karena itu, dengan pendirian pabrik ammonium sulfat ini akan menjadi salah satu pemasok pupuk ammonium sulfat sehingga akan memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka sangat tepat jika pemerintah mengambil kebijaksanaan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan ammonium sulfat di Indonesia yaitu dengan membangun pabrik ammonium sulfat di dalam negeri. Dengan didirikannya pabrik ammonium sulfat ini diharapkan mampu memberikan keuntungan sebagai berikut :

1. Menghemat sumber devisa negara karena dapat mengurangi ketergantungan impor.



2. Dari segi sosial dan ekonomi dengan adanya pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja dan secara tidak langsung meningkatkan perekonomian masyarakat.
3. Jumlah produksi amonia dan asam sulfat yang banyak di Indonesia sehingga pendirian pabrik *ammonium sulfate* ini akan menambah pelanggan bagi industri amonia dan asam sulfat tersebut

I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan *ammonium sulfate* adalah amonia (NH_3) dan asam sulfat (H_2SO_4). Amonia jumlahnya sangat banyak karena banyak pabrik di Indonesia yang menghasilkan amonia dan juga jumlah asam sulfat yang jumlahnya banyak di Indonesia, sehingga tidak perlu mengimpor kedua bahan baku tersebut dari luar negeri. Berikut merupakan daftar pabrik yang memproduksi asam sulfat:

Tabel I.1 Daftar Pabrik yang Memproduksi Asam Sulfat di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Produksi (ton/tahun)
1.	PT Indonesia Acid	Jakarta Timur	82.500
2.	PT Mahkota Indonesia	Jakarta Utara	72.500
3.	PT Timur Raya Tunggal	Tangerang	57.000
4.	PT Indo-Bharat Rayon	Purwakarta	54.750
5.	PT South Pasific Viscous	Purwakarta	18.000



6.	PT Petrokimia Gresik	Gresik	678.000
7.	PT Liku Telaga	Gresik	325.000
8.	PT Madu Lingga	Gresik	6.000
9.	PT Copper Smelting Co	Gresik	600.000
10.	PT Aktif Indonesia Indah	Surabaya	15.000
13.	PT Dunia Kimia Utama	Palembang	20.000
14.	PT Ariaguna Nusantara	Palembang	9.500
15.	PT Utaki	Medan	8.000

Tabel I.2 Daftar Pabrik yang Memproduksi Amonia di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT Pupuk Kujang	Cikampek- Jawa Barat	660.000
2.	PT Petrokimia Gresik	Gresik-Jawa Timur	850.000
3.	PT Pupuk Sriwijaya	Palembang	1.335.000
4.	PT Pupuk Kalimantan Timur	Bontang-Kaltim	2.510.000
5.	PT Kaltim Parna Industri	Bontang-Kaltim	500.000
6.	PT Pupuk Iskandar Muda	Aceh Utara	386.000

(Sumber: kemenperin.go.id, 2017)

Dengan mempertimbangkan aspek lokasi pendirian pabrik



ammonium sulfate yang bertempat di Sendangharjo, Kabupaten Lamongan maka di pilih pabrik pemasok bahan baku untuk amonia yaitu PT. Petrokimia yang berada di Kabupaten Gresik dan pemasok asam sulfat dari PT Copper Smelthing Co dan PT Liku Telaga yang semuanya berada di daerah Kabupaten Gresik dan tidak jauh dari Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Jika dalam skala jangka waktu panjang ingin melakukan peningkatan kapasitas pabrik, maka tidak perlu dikhawatirkan dalam memperoleh bahan baku karena melimpahnya produsen amonia dan asam sulfat di Indonesia.

I.1.4 Penentuan Kapasitas Pabrik

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik ammonium sulfat adalah kapasitas pabrik. Pabrik pupuk ammonium sulfat ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2025 dengan mengacu pada kebutuhan digunakan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Jumlah impor kebutuhan ammonium sulfat di Indonesia

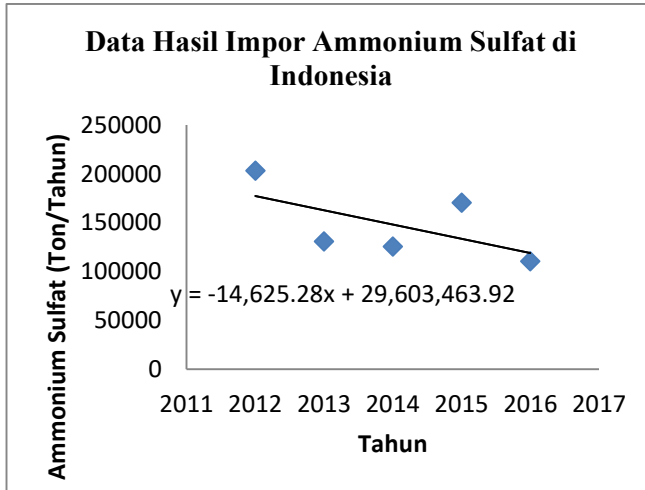
Berikut ini data impor ammonium sulfat di Indonesia pada tahun 2012-2016 dapat dilihat pada tabel I.3

Tabel I.3 Data Impor Ammonium Sulfat

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1.	2012	203.341,6
2.	2013	130.884,7
3.	2014	125.672,8
4.	2015	170.386,7
5.	2016	119.464,2

(Sumber: www.kemenperin.go.id, 2017)

Berdasarkan data hasil impor ammonium sulfat pada tabel I.3, didapatkan grafik berikut ini:



Grafik I.1 Data Hasil Impor Ammonium Sulfat di Indonesia

Dari grafik I.1, didapatkan hasil persamaan $y = -14625,28x + 29.603.462,92$, dimana:

y : Jumlah impor ammonium sulfat

x : Tahun produksi

Pabrik direncanakan akan berjalan untuk melakukan produksi tahun 2025, sehingga untuk menghitung jumlah impor pada tahun 2025:

$$\begin{aligned}
 y &= -14625,28x + 29.603.462,92 \\
 &= -14625,28(2025) + 29.603.462,92 \\
 &= 12.729.09 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

1. Jumlah produksi amonium sulfat di Indonesia

Berikut ini data produksi dan konsumsi ammonium sulfat



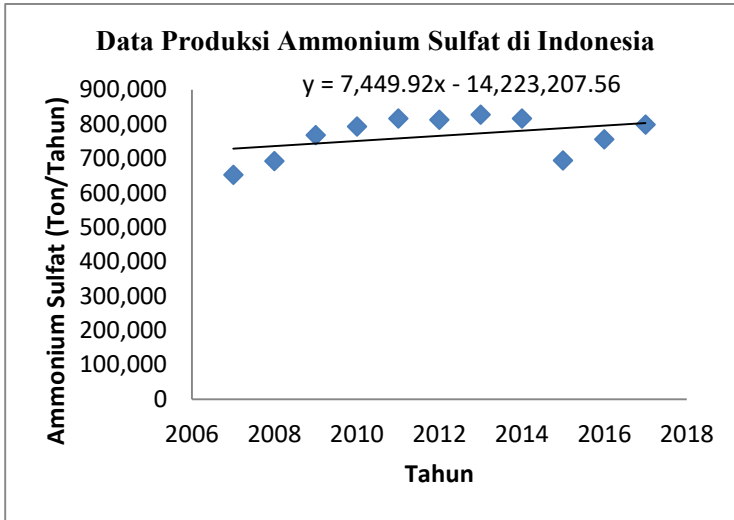
di Indonesia pada tahun 2007- 2017 dapat dilihat pada tabel I.4

Tabel I.4 Produksi Ammonium Sulfat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1.	2007	652.486
2.	2008	692.604
3.	2009	767.837
4.	2010	792.971
5.	2011	816.377
6.	2012	812.123
7.	2013	827.225
8.	2014	816.001
9.	2015	694.570
10.	2016	755.330
11.	2017	798.782

(Sumber: www.appi.co.id)

Berdasarkan data produksi ammonium sulfat di Indonesia, di dapatkan grafik berikut ini:



Grafik I.2 Data Produksi Ammonium Sulfat di Indonesia

Dari grafik I.2, didapatkan hasil persamaan $y = 7449,92x - 14.223.207,56$, dimana:

y = Jumlah produksi ammonium sulfat di Indonesia

x = Tahun produksi

Pabrik direncanakan akan berjalan untuk melakukan produksi tahun 2025, sehingga untuk menghitung jumlah produksi pada tahun 2025:

$$\begin{aligned}
 y &= 7449,92x - 14.223.207,56 \\
 &= 7449,92(2025) - 14.223.207,56 \\
 &= 862.880,44 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

2. Jumlah konsumsi ammonium sulfat di Indonesia

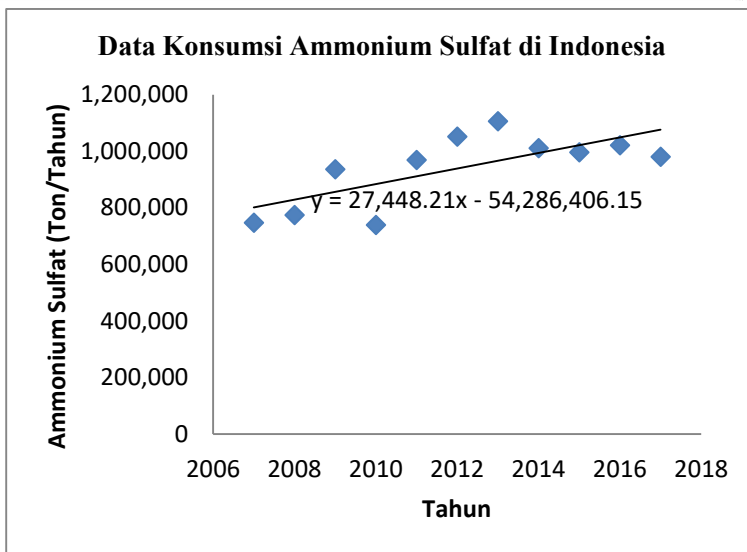
Berikut ini data impor ammonium sulfat di Indonesia pada tahun 2012-2016 dapat dilihat pada tabel I.5

**Tabel I.5** Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1.	2007	746.982
2.	2008	774.172
3.	2009	936.161
4.	2010	739.198
5.	2011	969.344
6.	2012	1.051.281
7.	2013	1.106.362
8.	2014	1.011.141
9.	2015	996.645
10.	2016	1.021.505
11.	2017	980.505

(Sumber: www.appi.co.id)

Berdasarkan data konsumsi ammonium sulfat di Indonesia, di dapatkan grafik berikut ini:



Grafik I.3 Data Konsumsi Ammonium Sulfat di Indonesia

Dari grafik I.3, didapatkan hasil persamaan $y = 27448,21x - 54.286.406,15$, dimana:

y = Jumlah konsumsi ammonium sulfat di Indonesia

x = Tahun produksi

Pabrik direncanakan akan berjalan untuk melakukan produksi tahun 2025, sehingga untuk menghitung jumlah konsumsi pada tahun 2025:

$$y = 27448,21x - 54.286.406,15$$

$$= 27448,21(2025) - 54.286.406,15$$

$$= 1.296.219,1 \text{ ton/tahun}$$

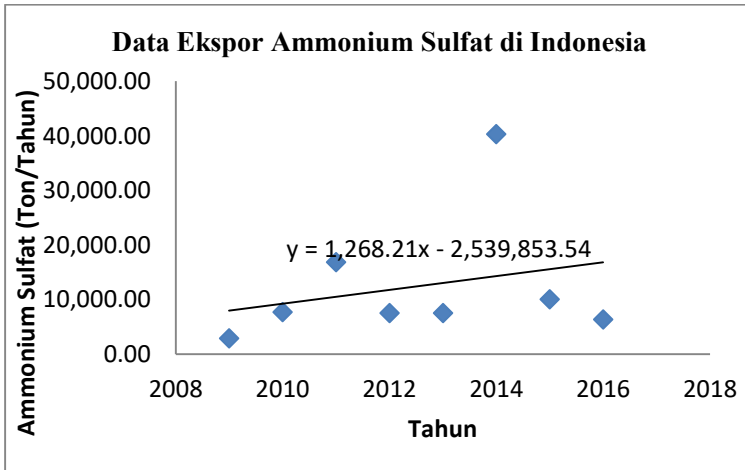
3. Jumlah ekspor ammonium sulfat di Indonesia

**Tabel I.6** Ekspor Ammonium Sulfat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1.	2009	2.905,9
2.	2010	7.683,7
3.	2011	16.867
4.	2012	7.525
5.	2013	7.556
6.	2014	40.323,3
7.	2015	10.048,5
8.	2016	6.378,1

(Sumber: www.bps.go.id)

Berdasarkan data ekspor ammonium sulfat di Indonesia, di dapatkan grafik berikut ini:

**Grafik I.4** Ekspor Ammonium Sulfat di Indonesia

Dari grafik I.4, didapatkan hasil persamaan $y = 1268,21x - 2.539.853,54$, dimana:



y = Jumlah ekspor ammonium sulfat di Indonesia

x = Tahun produksi

Pabrik direncanakan akan berjalan untuk melakukan produksi tahun 2025, sehingga untuk menghitung jumlah ekspor pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} y &= 1268,21x - 2.539.853,54 \\ &= 1268,21(2025) - 2.539.853,54 \\ &= 28.271,71 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Untuk memperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik ammonium sulfat baru pada tahun 2025 dengan menghitung kebutuhan total di dalam negeri, diasumsikan tidak ada pabrik ammonium sulfat baru yang berdiri di Indonesia, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Total} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= (1.296.219,1 + 28.271,71) - \\ &\quad (862.880,44 + 12.729,09) \\ &= 448.881,28 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan pertimbangan diatas, dan berdasarkan kapasitas produksi pabrik ammonium sulfat yang ada di Indonesia yaitu sebesar 200.000 ton/tahun yang berdasarkan pada pabrik PT. Petrokimia Gresik. Maka, dengan mengetahui kapasitas produksi pabrik, dapat diketahui yaitu:

Kebutuhan ammonium sulfat di Indonesia yang dipenuhi oleh pabrik:

$$\begin{aligned} &= \frac{200.000}{448.881,28 \text{ ton/tahun}} \times 100\% \\ &= 44,55\% \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas, pabrik yang didirikan ini dapat memenuhi kebutuhan total ammonium sulfat di Indonesia



sebesar 44,55% dari total 448.881,28 ton/tahun.

I.1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat dipengaruhi oleh kegiatan yang akan dijalani, seperti kegiatan fabrikasi, produksi, dan distribusi. Perencanaan penentuan lokasi pabrik yang baik dapat menekan biaya produksi dan distribusi. Lokasi pabrik didirikan di Sendangharjo, Brondong, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut:

a. Bahan Baku

Bahan baku merupakan peranan penting dalam proses produksi pabrik. Lokasi yang dekat dengan penyediaan bahan baku akan lebih menghemat biaya transportasi. Untuk ammonia akan diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 850.000 ton pertahun, dan asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia dengan kapasitas produksi 678.000 ton pertahun serta PT. Copper Smelthing Gresik 600.000 ton pertahun.

b. Daerah Pemasaran

Ammonium Sulfat merupakan pupuk organik yang banyak digunakan dalam sektor pertanian dan perkebunan. Dengan didirikannya pabrik di daerah Lamongan, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pupuk ammonium sulfat di daerah pulau Jawa

c. Fasilitas transportasi

Akses jalur darat, Gresik dilewati oleh jalan nasional yaitu jalur Pantura dan dekat dengan akses Pelabuhan Lamongan, sehingga diharapkan pemasokan bahan baku dan pemasaran produk tidak mengalami kesulitan



- d. **Penyediaan Bahan Bakar dan Energi**
Kabupaten Lamongan dekat dengan kawasan industri terpadu sehingga untuk kebutuhan bahan bakar akan terpenuhi. Untuk listrik, Lamongan dekat dengan Gardu Induk Babat, Lamongan, dan Paciran sehingga kebutuhan listrik akan terpenuhi.
- e. **Penyediaan Utilitas**
Penyediaan utilitas seperti air, dan listrik perlu diperhatikan agar proses industri bisa berjalan dengan baik. Air sangat diperlukan untuk kebutuhan proses, pendinginan, sanitasi, dan lain sebagainya. Penyediaan air dipenuhi dengan pendirian penyediaan unit pengolahan air, dan airnya diambil dari Sungai Brantas, Jawa Timur.
- f. **Penyediaan Tenaga Kerja**
Tenaga kerja yang digunakan dapat diperoleh dari penduduk yang bertempat tinggal disekitar pabrik meliputi tenaga kerja tingkat bawah, menengah, dan atas. Dengan didirikannya pabrik ini, akan memperluas lapangan kerja dan mengurangi tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar maupun penduduk urban.
- g. **Perizinan**
Lokasi pabrik yang dipilih dekat daerah kawan industri terpadu, sehingga memudahkan perizinan pendirian pabrik. Pabrik yang didirikan harus jauh dari pemukiman penduduk dan tidak mengurangi lahan produktif pertanian agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Selain itu, lokasi pabrik harus memungkinkan untuk dilakukan area pengembangan pabrik. Hal ini berkaitan dengan kemungkinan untuk



dilakukan pengembangan pabrik dimasa yang akan datang.



Gambar I.1 Peta Lokasi Pabrik Ammonium Sulfat

I.2 Kegunaan Ammonium Sulfat

Kegunaan Ammonium Sulfat antara lain adalah :

A. Pupuk

Sebagai pupuk yang mengandung 2 unsur hara yang dibutuhkan tanaman yaitu Nitrogen dan Belerang.

B. Katalis

Digunakan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi pada pewarnaan makanan supaya warna gelap coklat kemerah-merahan.

C. Zat Aditif

Digunakan sebagai zat aditif dalam makanan sebagai contoh *lower-carb Italian herb bread* ini sejenis roti dari Itali.

D. *Electroplating*.

Amonium Sulfat digunakan untuk mempercepat



pelapisan platina pada permukaan tembaga.

I.3 Sifat Fisik dan Kimia

1.3.1 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

A. Ammonia (NH_3)

- Sifat Fisik:

Berat Molekul	: 17,03
Titik leleh	: - 77,7 ⁰ C
Titik didih	: - 33,35 ⁰ C
Temperatur kritis	: 133 ⁰ C
Tekanan kritis	: 11,425 kPa

Specific heat

Pada 0 ⁰ C	: 2097,2 J/(kg.K)
Pada 100 ⁰ C	: 2226,2 J/(kg.K)
Pada 200 ⁰ C	: 2105,6 J/(kg.K)

ΔH^0 pembentukan (25⁰C): -46,222 Kj/mol

Kelarutan dalam air (%berat)

Pada 0 ⁰ C	: 42,8
Pada 20 ⁰ C	: 33,1
Pada 40 ⁰ C	: 23,4
Pada 60 ⁰ C	: 14,1

Specific gravity

Pada -40 ⁰ C	: 0,690
Pada 0 ⁰ C	: 0,639
Pada 40 ⁰ C	: 0,580
Massa jenis (15 ⁰ C)	: 0,618 gram/liter

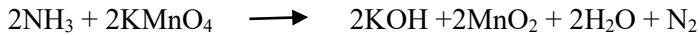
(Kirk and Othmer, 1978)

- Sifat Kimia

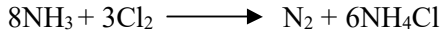
Pada *temperature* tinggi terdekomposisi menjadi hidrogen dan nitrogen bereaksi dengan Potassium



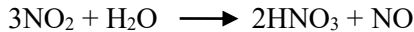
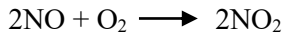
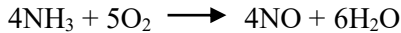
Permanganat :



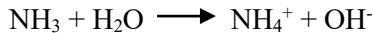
Bereaksi dengan *chlorine*:



Mengalami reaksi oksidasi pada pembuatan asam nitrat dengan sangat cepat pada suhu 650°C (katalis : platinum-rhodium)



Bereaksi dengan air dan bersifat *reversible*



(Kirk and Othmer, 1978)

B. Asam Sulfat

Sifat Fisik:

- Rumus molekul : H_2SO_4
- Massa Molar : 98,08 g/mol
- Fase : Cair
- Warna : Tidak Berwarna
- Bau : Tidak Berbau
- Rasa : Ditandai rasa yang asam
- Densitas : 1,84 g/cm³
- pH (1% Solution/air) : Asam (Kuat)
- Kelarutan : Tercampur penuh
- Vapor Densitas : 3,4
- Viskositas : 26,7 cP (20°C)
- Titik didih : 274°C
- Spesifik graviti : 1,8357

Sifat Kimia:



- Mudah larut dalam air dingin
- Larut dalam air dengan pembebasan panas
- Larut dalam etil alkohol

C. Uresoft

Sifat Fisik:

- pH : 7,2-8,8
- Densitas : 1,02 – 1,1 g/cm³
- Viskositas : 200 (maksimal)
- Fasa : Liquid Jernih (20^oC)
- Kelarutan : Mudah larut dalam air
- Titik didih : >100^oC

1.2.2 Sifat Fisik dan Kimia ProdukAmonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄)

Sifat fisis :

- Berat molekul : 132,14
- Massa jenis : 1,769 g/cm³(20^oC)
- Titik leleh : terdekomposisi pada suhu 235–280 °C
- Kelarutan dalam air : 70,6 g/100 mL (0^oC) ; 74,4 g/mL (20^oC) ;103,8 g/mL (100^oC)
- Critical relative* : 79,2% (30^oC)

Rumus Molekul: (NH₄)₂SO₄

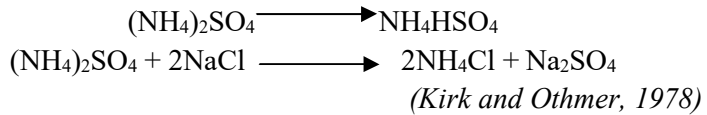
- Titik didih : 330^oC
- Titik lebur : 235^oC
- Bau : Tidak berbau
- Fasa : Kristal
- Warna : Putih
- Densitas : 1,77 g/cm³
- Spesifik Gravitasi : 1,216 – 1,228
- Ammonium sulfat : 99,9%



Air : 0,1%

Sifat kimia :

1. Pada suhu 280 °C dapat terdekomposisi menjadi amonium bisulfat dengan reaksi :





Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Proses pembuatan pupuk ammonium sulfat (Pupuk ZA) dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu Proses Merseburg, Proses Sintesis Caprolactam, dan Proses Netralisasi langsung.

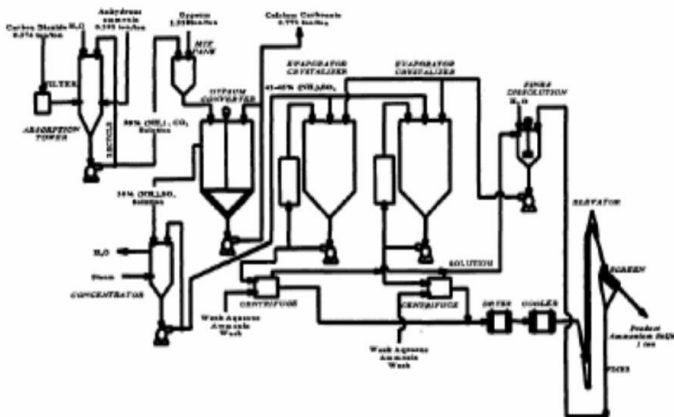
II.1.1 Proses Merseburg

Pembuatan ammonium sulfat dengan proses merseburg menggunakan bahan baku ammonia (NH_3), karbon dioksida (CO_2) dan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Menurut Chou (1995), dalam pembuatan ammonium sulfat dengan proses merseburg terdapat empat unit utama, yaitu:

1. Absorbtion tower
2. Gypsum tower
3. Concentrator-crystallizer
4. Solid Handling System

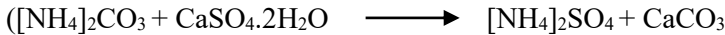
Diagram blok dari pembuatan ammonium sulfat dengan menggunakan proses merseburg dapat dilihat pada **Gambar II**





Gambar II.1 Blok Diagram Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Meseburg

Di absorption tower, ammonium karbonat ($[\text{NH}_4]_2\text{CO}_3$), reaktan utama, dibentuk dengan mereaksikan karbon dioksida (CO_2) dengan ammonia cair (NH_3). Larutan ammonium karbonat kemudian dicampur dengan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan dialirkan ke dalam gipsum konverter. Di gipsum konverter, campuran dikonversikan menjadi larutan ammonium sulfat ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) dan kalsium karbonat (CaCO_3) dengan reaksi:

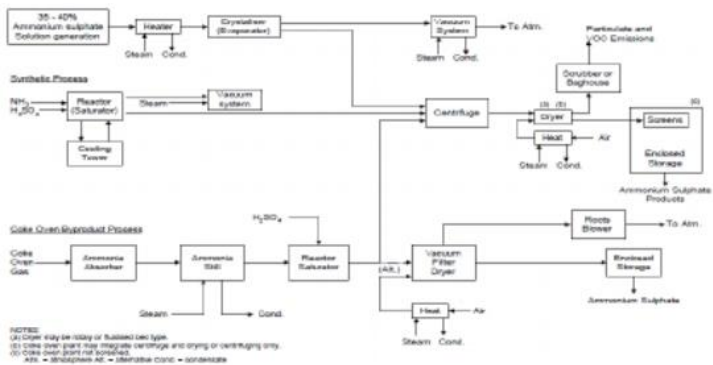


Output dari gipsum konverter yaitu 35% larutan ammonium sulfat. Larutan ammonium sulfat ini selanjutnya akan dipekatkan dari 35% menjadi 42-45% dengan menggunakan standard swenson vacuum type concentrator dengan sirkulasi paksa. Concentrator ini juga dilengkapi oleh Heat Exchanger (Evaporator-Crystallizer) untuk mengontrol kondisi pembentukan kristal. Kristal yang terbentuk mempunyai ukuran beragam. Untuk mengurangi waktu tinggal proses kristalisasi digunakan dua unit crystallizer. Slurry dan kristal dari concentrator kemudian dialirkan ke centrifuge untuk dipisahkan antara larutan dengan kristal yang terbentuk. Kristal kemudian dialirkan ke rotary dryer untuk dikeringkan lalu didinginkan di cooler. Kristal yang telah dingin selanjutnya disaring dengan menggunakan double deck vibrating screen. Kristal undersized dialirkan ke dissolution tank sedangkan yang oversized (1,2 -3,3 mm) dialirkan ke bulk storage.



II.1.2 Proses Sistesis Caprolactam

Menurut NPI (2004), caprolactam adalah senyawa organik yang umumnya digunakan sebagai bahan baku utama atau monomer dalam proses polimerisasi pembuatan nylon-6 atau polyamide-6 atau biasa disebut polycaprolactam. Pembuatan caprolactam menggunakan bahan baku ammonia, cyclohexone, dan larutan hydroxilamonium sulfat. Diagram blok dari pembuatan ammonium sulfat dengan proses sistensis caprolactam dapat dilihat pada **Gambar II.2**



Gambar II.2 Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Sintesis Caprolactam

Ammonium sulfat ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) dihasilkan dari produk samping proses oksidasi caprolactam. Ammonium sulfat diproduksi dengan cara mereaksikan ammonia anhidrat dengan asam sulfat dalam reaktor. Tungku kokas produk disamping ammonium sulfat dihasilkan dari mereaksikan ammonia recovery dari tungku kokas off-gas dengan asam sulfat. Kristal ammonium sulfat dibentuk dengan mengalirkan larutan ammonium sulfat ke water evaporator untuk memekatkan larutan. Selanjutnya kristal ammonium sulfat yang terbentuk dipisahkan dari larutan induknya,



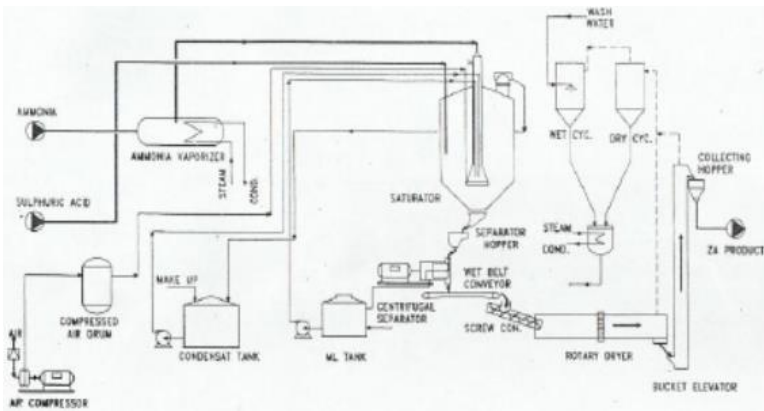
selanjutnya larutan induk dikembalikan ke evaporator, sedangkan kristal diumpankan ke fluidised bed dryer atau rotary dryer. Fluidised bed dryer dilewatkan steam panas secara kontinu, sedangkan jika menggunakan rotary dryer, panasnya didapatkan dari pembakaran langsung dengan menggunakan minyak atau gas alam atau bisa juga dengan menggunakan steam. Setelah pengeringan, kristal umum tidak disaring lagi, walaupun terdapat variasi ukuran partikel. Kristal selanjutnya diangkut ke bulk storage menggunakan konveyor.

II.1.3 Proses Netralisasi Langsung

Pembuatan ammonium sulfat dengan menggunakan proses netralisasi langsung terdiri dari empat proses, yaitu:

1. Tahap Netralisasi dan Kristalisasi
2. Tahap pemisahan kristal
3. Tahap Pengeringan
4. Tahap Penampungan Produk

Blok diagram pembuatan ammonium sulfat dengan menggunakan proses netralisasi langsung dapat dilihat pada **Gambar II.3**

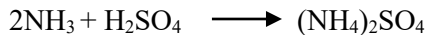




Gambar II.3 Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Netralisasi Langsung

II.1.3.1 Tahap Netralisasi dan Kristalisasi

Alat utama dari tahapan ini adalah saturator (sebagai reaktor dan crystallizer). Fungsi dari saturator yaitu untuk mereaksikan ammonia dengan asam sulfat dan memekatkan ammonium sulfat yang terbentuk. Uap ammonia (NH_3) masuk melalui sparger di bagian atas dan asam sulfat (H_2SO_4) masuk melewati sparger bagian dinding saturator, sedangkan udara masuk melalui bagian atas saturator yang berfungsi dengan mencegah pengendapannya kristal pada dasar saturator. Pada prakteknya, ammonium sulfat dimasukkan terlebih dahulu, dalam selang waktu yang tidak lama uap ammonia kemudian dimasukkan ke dalam saturator. Hal ini dimasukkan agar uap ammonia tidak mengalami losses. Suhu reaksi dijaga pada rentang $105^\circ\text{C} - 106^\circ\text{C}$. Sedangkan udara pengaduk dihembuskan dari bagian atas untuk mencegah mengendapnya kristal pada dasar saturator. Sebagian uap terbentuk diembunkan dan dikembalikan ke saturator sebagai condensate return untuk mengatur konsentrasi dan penyerap panas reaksi. Reaksi di dalam saturator yaitu:



II.1.3.2 Tahap Pemisahan Kristal

Di dalam saturator terjadi tahap kristalisasi dan saturasi. Tahapan kristalisasi ditandai dengan terbentuknya kristal-kristal ammonium sulfat, sedangkan tahap saturasi yaitu tahap dimana larutan didalam saturator telah mengalami kejenuhan sehingga kristal-kristal ammonium sulfat yang telah terbentuk mengendap dan turun ke bagian dasar saturator.

Produk keluar dari saturator berupa campuran kristal dan



mother liquor dengan perbandingan antara solid:liquid = 1:1. Selanjutnya, dialirkan menuju centrifuge melalui separator hopper. Didalam centrifuge terdapat screen basket untuk memisahkan kristal dari larutannya. Kristal diharapkan 75% tertahan di ayakan screen 30 US mesh. Kristal basah yang telah terpisah dari mother liquor ditampung di dalam mother liquor tank sedangkan return condensate ditampung didalam condensate tank. Larutan dalam mother liquor tank selanjutnya di recycle ke saturator dengan bantuan pompa.

II.1.3.3 Tahap Pengeringan Produk

Untuk mengeringkan produk kristal, kristal basah dari belt conveyor diteruskan ke screw conveyor kemudian dikeringkan ke dalam rotary dryer sehingga kadar H₂O maksimal 1%. Untuk mencegah penggumpalan, di dalam belt conveyor diinjeksikan anti-cacking. Zat anti-cacking digunakan untuk melapisi tiap-tiap kristal sehingga kristal ammonium sulfat tidak menggumpal. Pengeringan dilakukan dengan mengontakkan bahan dengan udara panas yang telah dialirkan lewat filter secara searah. Udara panas dan uap air ditarik ke udara dengan bantuan fan. Dengan adanya debu ammonium sulfat yang terikut dalam udara maka pada suction dilengkapi dengan wet cyclone untuk menangkap debu tersebut. Selanjutnya debu basah dialirkan ke dissolution drum untuk dialirkan lagi ke mother liquor tank. Sedangkan udara yang lolos dari wet cyclone cukup bersih dan dihisap oleh fan untuk langsung dibuang ke udara bebas.

II.1.3.4 Tahap Penampungan Produk

Produk ammonium sulfat yang keluar dari rotary dryer dilewatkan di vibrating feeder menuju bucket elevator lalu dikirim ke hopper untuk diteruskan ke belt conveyor dan akhirnya ditampung dalam sebuah bin. Dari bin ini selanjutnya kristal



menuju bagian pengantongan untuk dilakukan proses pengepakan (bagging).

II.2 Seleksi Proses

Dari proses-proses yang telah dijelaskan diatas, pemilihan proses yang akan digunakan dalam pembuatan ammonium sulfat ini akan ditinjau dari segi keuntungan tiap-tiap proses yang ada. Tabel perbandingan masing-masing proses dapat dilihat pada **Tabel II.1**

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Ammonium Sulfat

No	Parameter	Proses Meseburg	Proses Sintesis Caprolactam	Proses Netralisasi
1.	Aspek Teknis:			
	a. Proses	Batch	Kontinyu	Kontinyu
	b. Konversi	98%	-	99,5%
	c. Kualitas Produk	Tinggi	Rendah	Tinggi
	d. Kandunga ZA dalam Larutan Induk	25%	35-40%	40%
	e. Produk Samping	Batu Kapur	Tar	Air
2.	Kondisi Operasi			
	a. Suhu (°C)	65-73	>500	105-106
	b. Tekanan	Vakum	-	1 atm
	c. Waktu Operasi (jam)	6	-	±4



3.	Modal dan Bahan Baku			
	a. Bahan Baku	NH ₃ , CO ₂ , gypsum, H ₂ O, H ₂ SO ₄	Hasil samping pembuatan caprolactam	NH ₃ , H ₂ SO ₄
	b. Ketersediaan Bahan Baku	Dalam negeri	Impor	Dalam negeri
	c. Modal	Besar	Besar	Sedang

Keuntungan:

1. Proses Meseburg:
 - Konversi Tinggi
 - Kualitas Produk Tinggi
 - Suhu Operasi Rendah
 - Bahan Baku Mudah didapat
2. Proses Sintesis Caprolactam:
 - Penggunaan bahan baku sedikit
 - Kandungan ZA dalam larutan induk cukup besar
3. Proses Netralisasi:
 - Memiliki nilai konversi yang besar
 - Kualitas produk tinggi
 - Kandungan ZA dalam larutan induk cukup besar
 - Beroperasi pada tekanan atmosfer
 - Waktu operasi cukup singkat
 - Bahan baku mudah didapat
 - Modal tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan dua proses lain
 -



Kerugian:

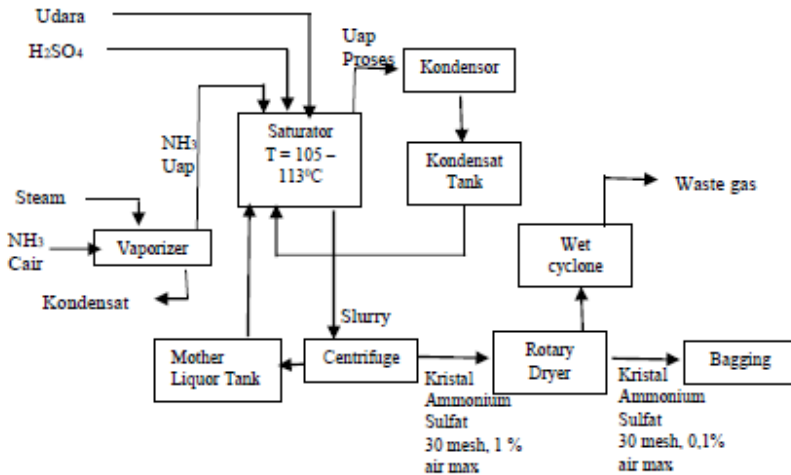
1. Proses Merseburg:
 - Kandungan ZA dalam larutan induk kecil
 - Beroperasi pada tekanan vakum
 - Waktu operasi lama
2. Proses Sintesis Caprolactam
 - Kualitas produk rendah
 - Beroperasi pada suhu tinggi
 - Bahan baku sulit didapat
3. Proses Netralisasi
 - Beroperasi pada suhu tinggi

II.3 Uraian Proses Terpilih

Pada prarancang ini digunakan proses netralisasi langsung. Proses pengolahan dari bahan baku sampai produk akhir melewati beberapa tahapan, yaitu:

1. Tahap Netralisasi dan Kristalisasi
2. Tahap Pemisahan Kristal
3. Tahap Pengeringan
4. Tahap Penampungan Produk

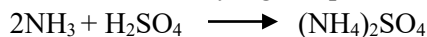
Berikut ini dapat dilihat blok diagram pembuatan ammonium sulfat dengan proses netralisasi:



Gambar II.4 Blok Diagram Pembuatan Ammonium Sulfat dengan Proses Netralisasi

II.3.1 Tahap Kristalisasi dan Netralisasi

Pada tahap ini, gas amonia direaksikan dengan asam sulfat cair yang dialirkan dari tangki penyimpanan asam sulfat di dalam reaktor. Mula-mula mother liquor yang berasal dari mother liquor tank dimasukkan ke dalam reaktor sampai mencapai level yang diinginkan, kemudian asam sulfat dan ammonia dimasukkan ke dalam reaktor secara kontinyu dalam bentuk gelembung melalui sparger, sehingga terjadi reaksi dan membentuk ammonium sulfat. Gas ammonia dan asam sulfat cair dimasukkan secara terus-menerus sampai kondisi jenuh. Setelah tercapai kondisi jenuh, gas ammonia dan asam sulfat cair terus dimasukkan hingga mencapai kondisi superjenuh (super saturated), yang pada akhirnya terbentuk kristal ammonium sulfat. Reaksi yang ada pada adalah:



Kristal ammonium sulfat yang terbentuk cenderung



mengendap di dasar reaktor, oleh karena itu untuk mencegah pengendapan kristal dan menjaga homogenitas slurry, ke dalam reaktor dialirkan udara. Gelembung-gelembung gas (udara dan ammonia) merupakan media pengaduk yang cukup efektif, karena selain memperluas kontak antara reaktan, gelembung-gelembung gas juga mensirkulasi kristal yang cenderung mengendap di dasar reaktor.

Suhu reaksi di dalam reaktor dijaga pada rentang 105°C – 113°C . Reaksi yang terjadi didalam reaktor merupakan reaksi eksoterm, jadi untuk menyerap panas reaksi menggunakan condensate return yang dialirkan dari tanki penampung kondensat. Selain itu, level dalam reaktor juga harus dijaga antara 70-80% tinggi reaktor. Apabila level larutan terlalu tinggi maka akan banyak uap amonia yang terlepas ke udara sehingga akan terjadi pengkristalan kondensor. Sebaliknya, apabila level terlalu rendah maka saluran asam sulfat tidak akan terendam dalam larutan di reaktor yang menyebabkan asam sulfat yang masuk ke dalam reaktor dan sparger mengakibatkan korosi. Untuk menjaga level dialirkan mother liquor dari mother liquor tank. Dari proses netralisasi dan kristalisasi dihasilkan kristal ammonium sulfat dengan mother liquor (larutan induk) dengan perbandingan 1:1 dengan suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Jumlah kristal yang terbentuk ini dijaga tidak boleh lebih dari 50% volume, karena jika terlalu banyak kristal maka akan terjadi penggumpalan yang menyumbat saluran reaktor. Kristal ammonium sulfat kemudian dialirkan ke centrifuge.

II.3.2 Tahap Pemisahan Kristal

Pada tahap pemisahan kristal, produk keluaran reaktor selanjutnya dialirkan ke centrifuge melalui hopper. Centrifuge ini berfungsi untuk memisahkan kristal ammonium sulfat dari mother



liquor. Didalam centrifuge terdapat screen ukuran 30 US mesh, sehingga kristal oversized dan undersized terpisah. Kristal oversized kemudian dialirkan ke rotary dryer, sedangkan mother liquor dan kristal undersized dialirkan ke mother liquor tank.

II.3.3 Tahap Pengeringan Produk

Tahap pengeringan produk ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam kristal ammonium sulfat sehingga kandungan air dalam kristal maksimal 0,15% berat. Alat yang digunakan untuk pengeringan ini adalah rotary dryer. Rotary dryer ini menggunakan pemanas udara berupa steam dengan tekanan 10 kg/cm², suhu 180°C, dan menghasilkan udara panas dengan suhu 110°C di rotary dryer.

Kristal basah dari centrifuge diangkat dengan menggunakan screw conveyor untuk kemudian diangkat menuju rotary dryer. Pada saat kristal ammonium sulfat diangkat dengan screw conveyor, kristal ammonium sulfat diinjeksi dengan larutan anti-cacking (uresoft) yang dialirkan dari tanki penampungan uresoft. Larutan anti-cacking ini digunakan untuk melapisi molekul-molekul kristal sehingga kristal ammonium sulfat tidak menggumpal saat dikeringkan di dalam rotary dryer.

Pengeringan dilakukan dengan melewati udara panas yang telah dilewatkan melalui filter. Udara panas dan uap air serta debu-debu kristal yang terikut dalam udara panas ditarik ke udara dengan menggunakan dust fan. Dust fan ini dilengkapi dengan wet cyclone untuk menangkap debu-debu kristal ammonium sulfat. Di dalam wet cyclone, debu-debu kristal tersebut di spray dengan air sehingga basah. Selanjutnya debu basah dialirkan ke dalam dissolution drum untuk dilarutkan kembali dan selanjutnya dialirkan ke mother liquor tank. Udara keluaran wet cyclone cukup



bersih untuk dibuang ke atmosfer (PT Petrokimia Gresik, 2009).

II.3.4 Tahap Penampungan Produk

Kristal ammonium sulfat keluaran rotary dryer selanjutnya dilewatkan ke bucket elevator lalu dimasukkan ke dalam silo untuk kemudian diangkut ke storage menggunakan belt conveyor.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Produksi : 200.000 ton/tahun
: 610 ton/hari
Bahan Baku NH₃ : 146937 kg/hari
Bahan Baku H₂SO₄ : 472104 kg/hari
Waktu Operasi : 330 hari
Basis Waktu : 1 hari
Satuan Massa : kg

1. VAPORIZER (V-110)

Fungsi: untuk mengubah fase NH₃ cair menjadi NH₃ gas



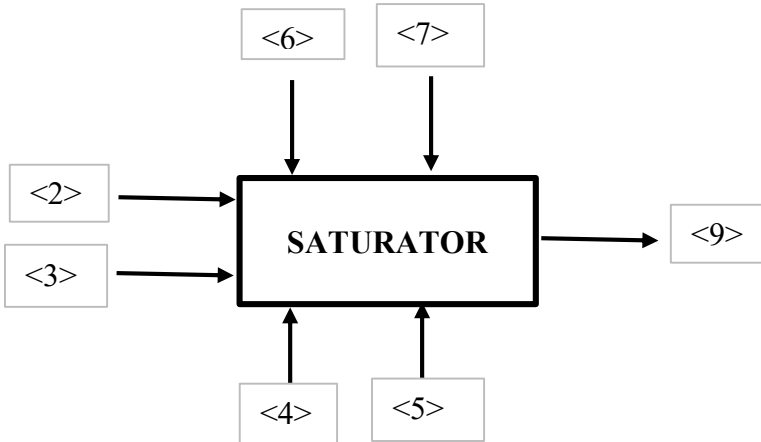
Tabel III.1. Neraca Massa pada Vaporizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
<u>Aliran <1></u>		<u>Aliran <2></u>	
NH ₃ (liquid)	145468	NH ₃ (g)	145468
H ₂ O (liquid)	1469.3713	H ₂ O (g)	1469.3713
Total	146937.13	Total	146937.13



2. SATURATOR (R-210)

Fungsi: Mereaksikan NH_3 dan H_2SO_4 hingga terbentuk kristal ZA



Tabel III.2. Neraca Massa pada Saturator

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran <2>		Aliran <7>	
NH_3	145468	NH_3 (gas)	732
H_2O	1469	H_2O (gas)	2603.93
Aliran <3>		Udara	1000
H_2SO_4	462661.8899	Aliran <9>	
H_2O	9442.079385	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	760353.9272
Aliran <4>		H_2SO_4	60347.268
Udara	1000	H_2O (liquid)	13792.842
Aliran <5>			
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	194957.1749		
H_2SO_4	17347.2025		



H ₂ O	4985.466107		
Aliran <6>			
NH ₃	999.5051655		
H ₂ O	499.8546613		
Total	837,830	Total	837,830

3. KONDENSOR (E-211)

Fungsi: Alat untuk mengkondensasikan uap keluar dari saturator



Tabel III.3 Neraca Massa pada Kondensor

Masuk		Keluar	
Aliran <7>		Aliran <8>	
NH ₃	732	NH ₃	732
H ₂ O	2604	H ₂ O	2604
Total	3336.2663	Total	3336.2663

3. CENTRIFUGE (H-220)

Fungsi: Memisahkan antara padatan Amonium Sulfat dengan Mother Liquor





Tabel III.4 Neraca Massa pada Centrifuge

Masuk		Keluar	
Aliran <9>		Aliran <11>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	760353.9272	(NH ₄) ₂ SO ₄ (s)	570265.445
H ₂ SO ₄	60347	H ₂ SO ₄	45260.4511
H ₂ O	13793	H ₂ O	10344.6311
		Aliran <10>	
		(NH ₄) ₂ SO ₄ (l)	190088.482
		H ₂ SO ₄	15086.817
		H ₂ O	3448.21038
Total	834494.037	Total	834494.037

5. SCREW CONVEYOR (J-225)

Fungsi: Menampung padatan Amonium Sulfat dan terjadi penambahan anti cacking



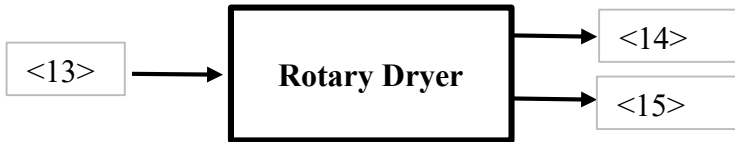
Tabel III.5 Neraca Massa pada Screw Conveyor

Masuk		Keluar	
Aliran <11>		Aliran <13>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.4454	(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.445
H ₂ SO ₄	45260.45107	H ₂ SO ₄	45260.4511
H ₂ O	10344.63113	Uresoft	625.870528
		H ₂ O	10344.6311
Aliran <12>			
Uresoft	625.8705276		
Total	626496.40	Total	626496.40



6. ROTARY DRYER (B-310)

Fungsi: Menurunkan kadar air pada kristal amonium sulfat



Tabel III.6 Neraca Massa pada Rotary Dryer

Masuk		Keluar	
Aliran <13>		Aliran <15>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.4454	(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.791
H ₂ SO ₄	45260.45107	H ₂ SO ₄	44807.8466
Uresoft	625.8705276	Uresoft	619.611822
H ₂ O	10344.63113	H ₂ O	10.3446311
		Aliran <14>	
		(NH ₄) ₂ SO ₄	5702.65445
		H ₂ SO ₄	452.604511
		H ₂ O	10334.2865
		Uresoft	6.25870528
Total	626496.398	Total	626496.398



7. WET CYCLONE (H-320A)

Fungsi: Menangkap debu-debu amonium sulfat yang terbawa di udara



Tabel III.7 Neraca Massa pada Wet Cyclone A

Masuk		Keluar	
Aliran <14>		Aliran <17>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	5702.654454	(NH ₄) ₂ SO ₄	4562.12356
H ₂ SO ₄	452.6045107	H ₂ SO ₄	362.083609
H ₂ O	10334.2865	H ₂ O	4787.11811
Aliran <16>		Aliran <18>	
H ₂ O (liquid)	4787.118114	(NH ₄) ₂ SO ₄	1140.53089
		H ₂ SO ₄	90.5209021
		H ₂ O	10334.2865
Total	21276.6636	Total	21276.6636

8. WET CYCLONE (H-320B)

Fungsi: Menyaring debu-debu yang belum terolah di Wet Cyclone A



**Tabel III.8 Neraca Massa pada Wet Cyclone B**

Masuk		Keluar	
Aliran <18>		Aliran <20>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	1140.530891	(NH ₄) ₂ SO ₄	1129.12558
H ₂ SO ₄	90.52090215	H ₂ SO ₄	89.6156931
H ₂ O	10334.2865	H ₂ O	1184.81173
Aliran <19>		Aliran <21>	
H ₂ O (liquid)	1184.811733	(NH ₄) ₂ SO ₄	11.4053089
		H ₂ SO ₄	0.90520902
		H ₂ O	10334.2865
Total	12750.15	Total	12750.15

9. DISSOLUTION TANK (F-322)

Fungsi: Memanaskan larutan mother liquor supaya suhunya sama saat masuk mother liquor tank





Tabel III.9. Neraca Massa pada Dissolution Drum

Masuk		Keluar	
Aliran <17>		Aliran <22>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	4562.123563	(NH ₄) ₂ SO ₄	5691.249145
H ₂ SO ₄	362.0836086	H ₂ SO ₄	451.6993017
H ₂ O	4787.118114	H ₂ O	5971.929848
Aliran <20>			
(NH ₄) ₂ SO ₄	1129.125582		
H ₂ SO ₄	89.61569313		
H ₂ O	1184.811733		
Total	12114.8783	Total	12114.8783

10. MOTHER LIQUOR TANK (F-222)

Fungsi: Menampung mother liquor yang berasal dari centrifuge dan dissolution drum



Tabel III.10. Neraca Massa pada Mother Liquor Tank

Masuk		Keluar	
Aliran <10>		Aliran <5>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	190088.4818	(NH ₄) ₂ SO ₄	194957.175
H ₂ SO ₄	15086.81702	H ₂ SO ₄	17347.2025
H ₂ O	3448.210376	H ₂ O	4985.46611
Aliran <22>			
(NH ₄) ₂ SO ₄	5691.249145		



H ₂ SO ₄	451.6993017		
H ₂ O	5971.929848		
Total	220738.387	Total	220738.387

11. KONDENSAT TANK (F-212)

Fungsi: Menampung air kondensat yang berasal dari kondensor



Tabel III.11. Neraca Massa pada Kondensat Tank

Masuk		Keluar	
Aliran <8>		Aliran <6>	
NH ₃	1,000	NH ₃	999.505166
H ₂ O	500	H ₂ O	499.854661
Total	1499.35983	Total	1499.35983



12. BUCKET ELEVATOR (J-311)

Fungsi: Memindahkan produk akhir ammonium sulfat ke hopper storage



Tabel III.12. Neraca Massa pada Bucket Elevator

Masuk		keluar	
Aliran <15>		Storage	
(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.7909	(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.7909
H ₂ SO ₄	44807.84656	H ₂ SO ₄	44807.84656
Uresoft	619.6118223	Uresoft	619.6118223
H ₂ O	10.34463113	H ₂ O	10.34463113
Total	610000.5939	Total	610000.5939



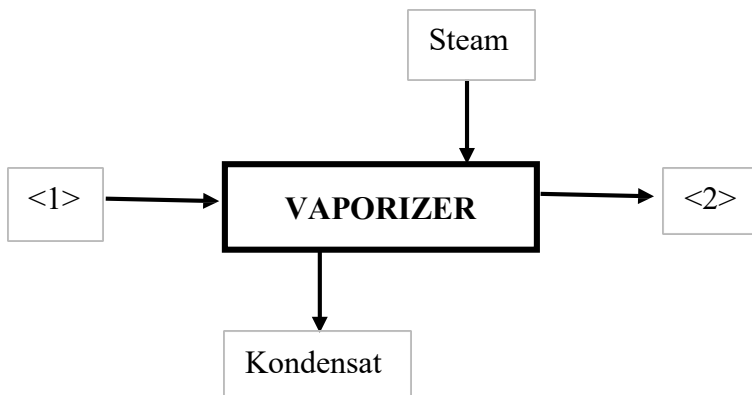
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV NERACA ENERGI

Kapasitas Produksi	: 200.000 ton/tahun
	: 610 ton/hari
Bahan Baku NH ₃	: 146937 kg/hari
Bahan Baku H ₂ SO ₄	: 472104 kg/hari
Waktu Operasi	: 330 hari
Basis Waktu	: 1 hari
Satuan panas	: kkal
Suhu Reference	: 25 °C

1. VAPORIZER (V-110)

Fungsi: untuk mengubah fase NH₃ cair menjadi NH₃ gas



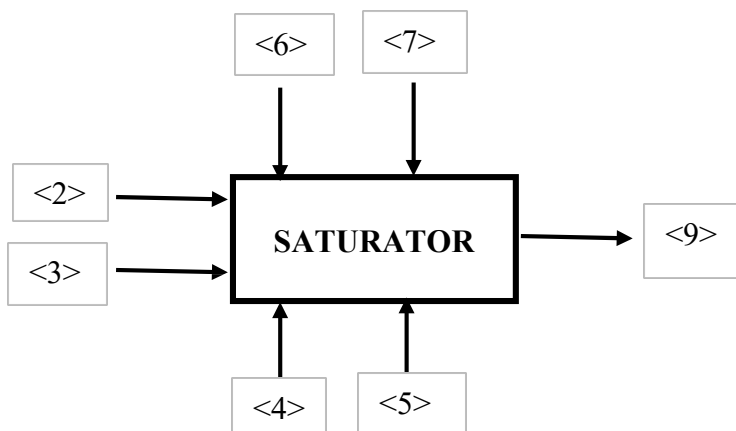


Tabel IV.1. Neraca panas pada Vaporizer

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <1>$	385553.4793	$\Delta H <2>$	6453478.77
		ΔH_v	24113917.7
Q_{supply}	31770361.08	Q_{loss}	1588518.05
Total	32155914.6	Total	32155914.6

2. SATURATOR (R-210)

Fungsi: Mereaksikan NH_3 dan H_2SO_4 hingga terbentuk kristal ZA



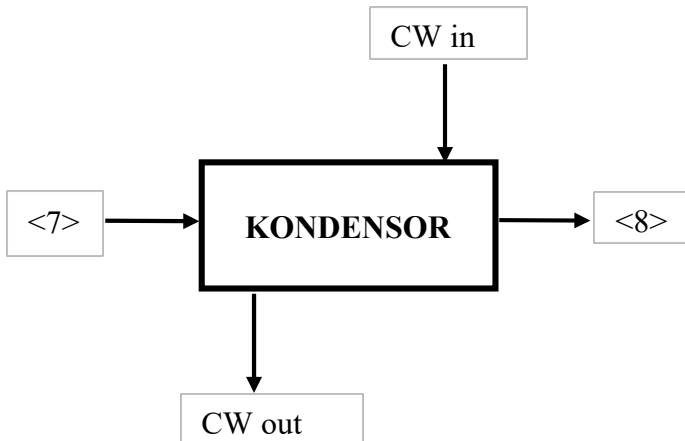


Tabel IV.2. Neraca panas pada Saturator

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <2>$	6518131.106	$\Delta H <7>$	1657534.637
$\Delta H <3>$	1542253.195	$\Delta H <9>$	26060609.44
$\Delta H <4>$	3621		
$\Delta H <5>$	4819493.17		
$\Delta H <6>$	66053.86703		
ΔH reaksi	177642867.3	Q Serap	162874275.6
Total	190592420	Total	190592420

3. KONDENSOR (E-211)

Fungsi: Alat untuk mengkondensasikan uap keluar dari saturator



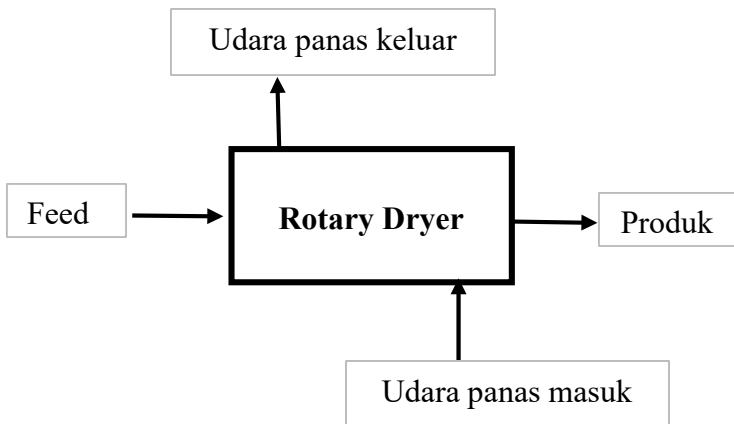


Tabel IV.3 Neraca panas pada Kondensor

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <7>$	1646848.147	$\Delta H <8>$	240407.0384
		Qserap	1406441.119
Total	1646848.147	Total	1646848.147

4. ROTARY DRYER (B-310)

Fungsi: Menurunkan kadar air pada kristal amonium sulfat



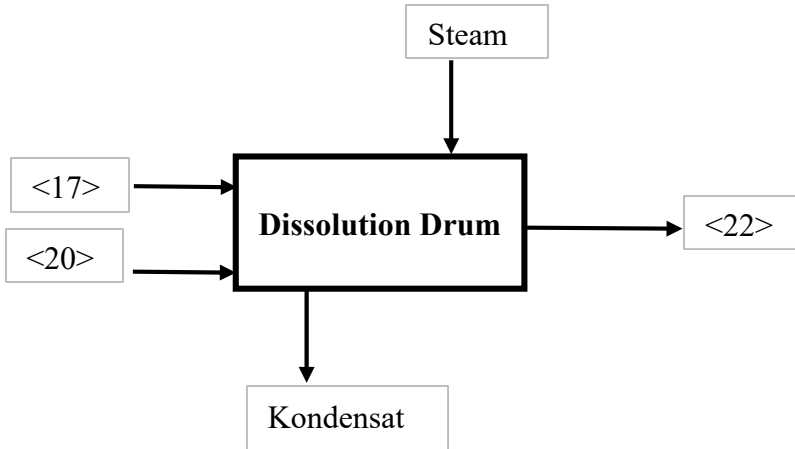
Tabel IV.4 Neraca panas pada Rotary Dryer

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
ΔH Feed	4533024.765	ΔH produk	3165555.547
ΔH Udara	12119634.84	ΔH Udara	12275225.8
		Qloss	1211963.484
Total	16652659.61	Total	16652659.61



5. DISSOLUTION TANK (F-322)

Fungsi: Memanaskan larutan mother liquor supaya suhunya sama saat masuk mother liquor tank



Tabel IV.5. Neraca panas pada Dissolution Drum

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <17>$	167333.7946	$\Delta H <22>$	460959.756
$\Delta H <20>$	33108.24413		
Qsupply	274229.1763	Qloss	13711.4588
Total	474671.22	Total	474671.22



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. POMPA

Nama Alat	=	Pompa Centrifugal
Fungsi	=	Untuk mengalirkan asam sulfat dari tangki penampung ke saturator
Bahan	=	Commercial Steel
Kapasitas	=	10,69076017 m ³ /jam
Power pompa	=	1,7 hp
Perpipaan	=	inlet = outlet dengan nominal size 3 1/2 in sch 40
Jumlah	=	1 buah

2. TANGKI MOTHER LIQUOR (F-222)

Kapasitas	=	60 ft ³
Bentuk	=	Tangki silinder tegak dengan tutup dan standar dished



	head dan tutup bawah berbentuk kronis
Fungsi	= Untuk menampung larutan induk dari Wet Cyclone dan Centrifuge
Diameter	= 60 in
Tinggi tangki	= 5 ft
Tebal tangki	= 3/16 in
Tebal tutup atas	= 3/16 in
Tebal tutup bawah	= 1/4 in
Macam Las	= Double welded dished head
Bahan konstruksi	= Carbon Steel SA - 283 grade C
Jumlah	= 1 buah

3. KONDENSOR (E-211)

Nama Alat	= Vertical Condensor
Fungsi	= Mengkondensasikan uap air dari Saturator
Type	= 1-2 Shell and Tube Heat Exchanger



Ukuran	:	Slide side
ID	:	8 in
Baffle Space	=	12 in
Passes	=	1
Tube Side		
Jumlah	=	13
Panjang	=	1 ft
OD	=	0,75 in
BWG	=	16
Pitch	=	1 in square
Passes	=	2

4. SATURATOR (R-210)

Spesifikasi Saturator

Bentuk = Tangki silinder tegak dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah berbentuk konis

Fungsi = Mencampurkan ammonia dan asam sulfat menjadi ammonium sulfat

Volume Tangki = 185413,86 ft³



Diameter Tangki	=	54	in
Tinggi Tangki	=	81	ft
Tebal Tangki	=	8 7/16	in
Tebal Tutup Atas	=	5 3/8	in
Tebal Tutup Bawah	=	2 1/4	in
Macam Las	=	Double Welded Butt Joint	
Bahan Konstruksi	=	Stainless Steel Sa-24-grade T	
Jumlah	=	2	buah

Spesifikasi Jacket Pendingin

Fungsi	=	Sebagai pendingin dan pengatur suhu pada saturator	
Volume Jacket	=	31,24258386	m ³
Diameter Jacket	=	13,73321906	ft
Tebal Jacket	=	(1/2)	in
Bahan Konstruksi	=	Stainless Steel SA-240 grade T	

Distributor Gas

Tipe Distributor	=	Perforated Pipe
------------------	---	-----------------



	Distributor
ID Pipa	= 7,981 in
OD Pipa	= 8,625 in
Panjang Pipa	= 2 m
Jumlah Lubang	= 2330 buah
Diameter Lubang	= 3 mm
Pressure Drop	= 947,5068054 Pa

5. CENTRIFUGE (H-220)

Nama Alat	= Centrifuge
Tipe	= Continous Decanter Centrifuge
Fungsi	= Untuk memisahkan kristal ZA dan larutan induk
Jumlah	= 1
Laju bahan	= 34770,58487 kg/jam
Densitas	= 1095,5724 kg/m ³
Kecepatan putaran	= 100 rps
Waktu tinggal	= 0,75 jam
Kapasitas tangki	= 16 m ³

6. ROTARY DRYER (B-310)

Nama Alat	= Rotary Dryer
-----------	----------------



Fungsi	= Untuk mengeringkan kristal ammonium sulfat dengan udara panas
Tipe	= Single shell direct heat
Laju udara kering	= 72,14140193 kg/s
Diameter	= 4,287187308 m
Panjang	= 34,29749846 m
Putaran	= 25,07006369
Waktu Tinggal	= 1,056739562 jam
Time of Passage	= 866,5508042 s
Overall heat transfer area	= 3,01760744
Jumlah flight	= 42
Kemiringan	= 1

7. VAPORIZER (V-110)

Nama Alat	=	Vaporizer
Fungsi	=	Mengubah fase amonia dari cair menjadi gas
Type	=	Shell and Tube
Ukuran	:	Slide side
	ID	: 31,25 in
	Baffle Space	= 12 in



Passes	=	2
Tube Side		
Jumlah	=	275
Panjang	=	30 ft
OD	=	0,75 in
BWG	=	16
Pitch	=	1 in square
Passes	=	4

8. WET CYCLONE (H-320)

Nama Alat	=	Wet Cyclone
Fungsi	=	Menyerap kandungan debu-debu ammonium sulfat yang terbawa di udara
Tipe	=	High efficiency separator
Jumlah	=	2
Laju bahan	=	531,2562509 kg/jam
Densitas bahan	=	127,8441667 kg/m ³
Diameter cyclone	=	1,451275363 m
Diameter gas outlet	=	0,725637681 m
Tinggi silinder	=	2,902550726 m
Tinggi konis	=	2,902550726 m



Diameter lubang inlet = 0,00256 m

Kecepatan cyclone = 100 m/jam

BAB VI UTILITAS

VI.1 Unit Utilitas

Unit utilitas merupakan suatu unit penunjang operasional pabrik yang bertugas untuk menyediakan, mempersiapkan dan mendistribusikan bahan-bahan penunjang operasional pabrik. Unit utilitas pada pabrik ammonium sulfat ini dinamakan *service* unit. *Service* unit pada ini bertanggungjawab terhadap berlangsungnya operasi yang ada di pabrik.

Berdasarkan kebutuhannya, unit-unit utilitas pada pabrik pupuk ammonium sulfat dengan proses netralisasi langsung ini terdiri atas:

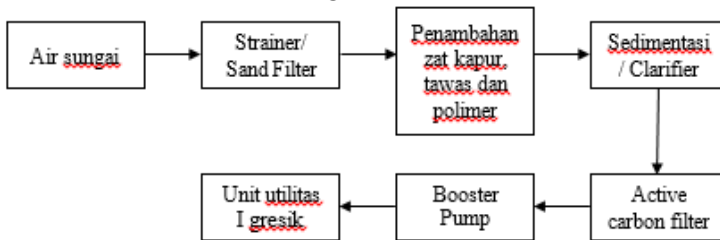
1. Unit pengadaan air
2. Unit pengadaan steam
3. Unit penyedia udara tekan (air instrumentation)
4. Unit pendinginan (refrigeration)
5. Unit pengadaan tenaga listrik
6. Unit pengadaan bahan bakar

VI.2 Unit Pengadaan Air

Pabrik Ammonium Sulfat ini memiliki sumber air yang biasa diolah untuk digunakan sebagai penunjang proses yang terdapat pada setiap pabrik. Sumber air tersebut adalah water intake Babad Lamongan.



Water Intake Babad Lamongan



Gambar VI.1 Blok diagram *Raw Clarified Water*

VI.2.1 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan pada laboratorium, perkantoran, keperluan karyawan seperti untuk kamar mandi, dan keperluan lainnya. Air untuk sanitasi memiliki standar kualitas air bersih yaitu:

- **FISIKA**

Bau	: Tidak berbau
TDS	: maks. 1000 mg/L
Kekeruhan	: maks. 5 NTU
Rasa	: Tidak berasa
Suhu	: maks. $\pm 3^{\circ}\text{C}$

- **KIMIA**

Besi	: maks. 1,0 mg/L
Mangan	: maks. 0,5 mg/L
Timbal	: maks. 0,05 mg/L
CaCO ₃	: maks. 500 mg/L
Klorida	: maks. 600 mg/L



pH : 6,5 – 8,5

- Untuk keperluan karyawan

Asumsi:

Jumlah karyawan = 400 orang

Kebutuhan air/orang = 150 kg/hari

Total kebutuhan air = $150 \times 400 = 60.000$
kg/hari

- Untuk laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium adalah 25% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air adalah:

$25\% \times 60000 \text{ kg/hari} = 15.000 \text{ kg/hari}$

- Total kebutuhan air sanitasi

$60000 + 15.000 = 75000$

kg/hari.

Direncanakan berlebih 10% sehingga total kebutuhan air sanitasi = 82.500 kg /hari

b. Kebutuhan Air Proses

Air proses adalah air yang digunakan sebagai pelarut sisa-sisa ammonium sulfat di dalam wet cyclone. Berdasarkan perhitungan neraca massa, total kebutuhan air proses untuk pabrik pupuk ammonium sulfat ini dapat dilihat pada tabel VI.2.1

Tabel VI.2.1 Total Kebutuhan Air Proses

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Wet cyclone A	4787,11811
2.	Wet cyclone B	1184,81173



Total	5971,9298
-------	-----------

Kebutuhan air proses dihitung berlebih 10% sehingga total kebutuhan air proses = 6569,12278 kg /hari

c. Kebutuhan Air untuk Steam

Berdasarkan perhitungan neraca massa, total kebutuhan air untuk steam untuk pabrik pupuk ammonium sulfat ini dapat dilihat pada tabel VI.2.2

Tabel VI.2.2 Total Kebutuhan Air untuk Steam

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Vaporizer	216619,34
2.	Dissolution tank	568,822187
Total		217188,1622

Kebutuhan air untuk steam dihitung berlebih 10% sehingga total kebutuhan air untuk steam = 238906,97842 kg /hari

d. Kebutuhan Air Pendingin

Berdasarkan perhitungan neraca massa, total kebutuhan air untuk steam untuk pabrik pupuk ammonium sulfat ini dapat dilihat pada tabel VI.2.3

Tabel VI.2.3 Total Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Kondensor	64345,73899
2.	Saturator	5623665,095
Total		5688010,834

Kebutuhan air pendingin dihitung berlebih 10% sehingga



total kebutuhan air pendingin = 6256811,9174 kg /hari

VI.2.2 Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Sumber air untuk pabrik ammonium sulfat berasal dari sungai Bengawan, Babad Lamongan.

Untuk menjamin kelangsungan penyediaan air, maka dibangun fasilitas penampungan air (water intake) yang juga merupakan tempat awal pengolahan air sungai. Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air. Selanjutnya air dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya. Pengolahan air di pabrik ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Screening

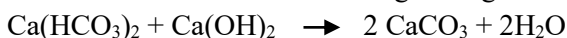
Pengendapan merupakan tahap awal dari pengolahan air. Pada screening, partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya.

2. Koagulasi dan Flokulasi

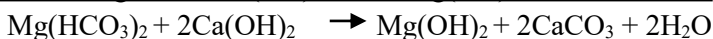
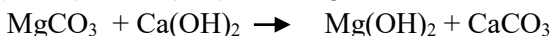
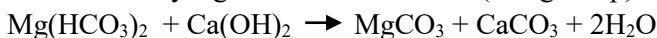
Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan suspensi partikel koloid yang tidak terendapkan karena ukurannya sangat kecil dan muatan listrik pada permukaan partikel yang menimbulkan gaya tolak menolak antara partikel koloid. Untuk mengatasi masalah tersebut air dialirkan menuju tangki koagulasi dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan koagulan berupa larutan kapur yang dapat memecahkan kestabilan yang ditimbulkan oleh



muatan listrik tersebut. Kemudian, air dari tangki koagulasi dialirkan secara over flow kedalam tangki flokulasi dengan pengadukan lambat dan dilakukan penambahan flokulan berupa polyelektrolit. Partikel-partikel koloid yang tidak stabil akan saling berkaitan sehingga terbentuk flok dengan ukuran besar dan mudah terendapkan. Setelah itu, air dari tangki flokulasi dialirkan secara overflow kedalam clarifier. Berikut reaksi kimia di tangki koagulasi:



Kapur mengubah Ca bikarbonat yang larut dalam air menjadi Ca karbonat yang tidak larut dalam air (mengendap).



3. Klarifikasi

Tahap ini dilakukan dengan memakai alat pulsator untuk mendapatkan flok yang terbentuk pada proses flokulasi dan koagulasi pada zona-zona pengendapan di alat tersebut. Air yang bersih menuju proses filtrasi sedangkan lumpur atau flok-flok yang terbentuk masuk ke dalam bak penampung lumpur.

4. Filtrasi

Filtrasi berfungsi untuk memisahkan flok dan koagulan yang masih terikat bersama air. Penyaring pasir (sand filter) yang digunakan terdiri dari 2 lapisan, yaitu:

- a. Lapisan I terdiri dari pasir hijau (green sand)
- b. Lapisan II terdiri dari batu kerikil (gravel)

Bagian bawah alat penyaring dilengkapi dengan stainer sebagai penahan. Selama pemakaian, daya saring



sand filter akan menurun. Untuk itu diperlukan regenerasi secara berkala dengan cara pencucian balik (back washing). Dari sand filter, air dipompakan ke carbon active untuk pemurnian lebih lanjut.

Untuk umpan air boiler dan pendingin masih diperlukan pengolahan lebih lanjut, yaitu proses demineralisasi dan deaerasi. Untuk air domestik, laboratorium, kantin, dan tempat ibadah, serta poliklinik, dilakukan proses disinfektan, yaitu mereaksikan air dengan klorin yaitu kalsium hipoklorit untuk membunuh kuman-kuman didalam air dan sebagai oksidan untuk penghiangan/ mengurangi kadar Fe dan Mn dari air. Sehingga, air terbebas bau dan rasa. Khusus air minum, setelah dilakukan proses klorinasi diteruskan ke penyaring air (water treatment system) sehingga air yang keluar memenuhi syarat air minum.

5. Demineralisasi

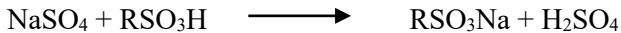
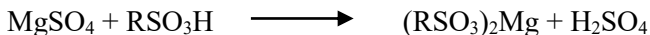
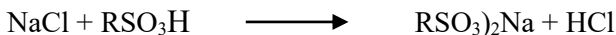
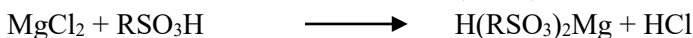
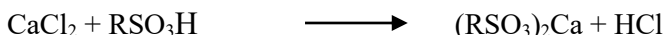
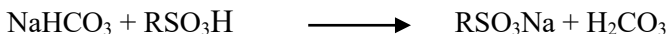
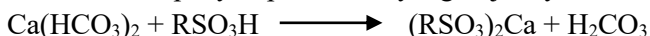
Air untuk umpan boiler dan air proses harus murni dan bebas garam-garam terlarut. Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi yang bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air yang dapat menyebabkan deposit pada dinding boiler dan perpipaan. Alat-alat yang terdapat pada unit ini adalah *Activated Carbon*, *Cation tower*, *Decarbonator Tower*, *Anion Tower*, dan *Storage Tank*.

Proses yang digunakan pada unit demineralisasi ini adalah *Counter Flow (Hi-Flow Type)*, dimana *water treatment flow* berlawanan arah dengan *regeneration flow*. Aliran air dari bawah, sedangkan regenerasi dari atas. *Hi-Flow* ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu:

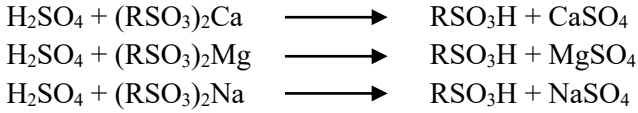


1. Menghemat pemakaian bahan kimia untuk regenerasi
2. *Water pressure* kecil
3. Bisa menghemat pemakaian air untuk *washing*
4. *Water* regenerasi relatif pendek

Air yang diolah yaitu *Lime Treated Water* dialirkan masuk bagian atas dari *Activated Carbon Filter*. *Active carbon* berfungsi menyerap mikroorganismenya, *suspended solid* dan khlor (Cl_2) yang terkandung di dalam air. Keluar dari *Activated Carbon Filter* menuju bagian bawah *Cation Tower*. Di bagian ini ditambahkan resin Lewatit S-100 WS (RSO_3H) untuk mengikat mineral-mineral yang bermuatan positif. Reaksi-reaksi penyerapan kation yang terjadi yaitu:



Air kation bersifat asam dengan pH 2,8 – 3,5. Jenuhnya resin kation ditandai dengan lolosnya ion-ion Na^+ yang akan dideteksi pada *outlet anion tower*. Untuk regenerasinya pada *Cation Tower* digunakan dengan ion H^+ yang diambil dari asam sulfat. Reaksinya adalah:



Air hasil *cation tower* dikeluarkan lewat bagian atas dan masuk ke *decarbonator tower* yang berisi *net ring*. Disamping itu udara di *blower* masuk ke bagian bawah *decarbonator tower* untuk menghilangkan CO₂ yang menyebabkan garam - garam karbonat. Penghilangan CO₂ ini bertujuan untuk meringankan kerja dari *Anion Tower*.

Air anion bersifat netral dan sudah bebas dari garam - garam mineral dan disebut dengan *demineralized water*. Jernihnya resin anion ditandai dengan lolosnya ion-ion SiO₂ yang dibatasi maks 0,2 ppm. Untuk regenerasi *anion tower* digunakan NaOH sebesar 2%. Penambahan ini bertujuan untuk mengembalikan keaktifan resin R=N-OH.



Gambar VI.2 Demineralized Water Process

Produk air dari *anion tower* ditampung di *demineralized water tank* dengan kapasitas 70 m³/jam. *Demineralized water* digunakan untuk *make up power*



generation dan untuk *regeneration* di kation/anion *tower*.

Tank ini dilengkapi dengan:

- a. *Demineralized Water Pump* untuk *make up Power Generation*.
- b. *Regeneration Pump* untuk regenerasi di kation/anion *tower*.
- c. *Alarm low* dan *high level*.

Kualitas produk yang dihasilkan pada unit demineralisasi, yaitu:

pH	: 9-10
Konduktifitas	: < 10 s
Total hardness	: 0
SiO ₂	: <0.1 (max 0,2 ppm)

Tabel VI.2.4 Spesifikasi Air Unit Demineralisasi

	RCW	LTW	CW	DMW	
	Syarat	Syarat	Syarat	Syarat	
pH	9 ~ 10	9 ~ 10	7,3 ~ 7,8	9 ~ 10	
Conductivity		< 3000	< 3000	Max 10	Micro mhos
Ca Hardness	30 ~ 40	Max 75	400 ~ 600	0	Ppm CaCO ₃
Alkali M	Max 60	Max 60	20~ 250		Ppm CaCO ₃
Silikat (SiO ₂)	Max 30	Max 30	< 150	Max 0,2	Ppm SiO ₂
Phosphate		Max 0,5	5,0 ~ 7,0		ppm PO ₄
Chlorida (Cl ⁻)	25 ~ 60	25 ~ 60	< 423		ppm CaCO ₃
Chlor sisa (Cl ₂)		0,5	0,2 ~ 0,5		ppm Cl ₂
Sulfat (SO ₄)		25 ~ 100			ppm SO ₄
Besi		< 0,1	< 2		ppm Fe
Zinc			Min 0,5		ppm Zinc
Kekeruhan		6	< 25		NTU



Tabel VI.2.5 Spesifikasi Tangki

		T-6520	T-6520
Recirculation water	m ³ /jam	5000	5000
Holding water Capacity	m ³	1350	1750
Temp. different	°C	39,5 – 30 = 9,5	41 – 31 = 10
Evaporation loss	m ³ /jam	85	

VI.3 Unit Pengadaan Steam

Steam adalah salah satu dari banyak macam utilitas yang berperan penting dalam proses industri. Steam dibutuhkan dalam proses sebagai media untuk menghantarkan panas. Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca energi kebutuhan steam untuk pabrik ini, yaitu sebesar 217188,1622 kg/hari. Alat pembangkit steam yang digunakan adalah boiler jenis water tube boiler dengan bahan carbon steel SA-129 Grade A.

Air hasil pengoalahan *demineralized water* dimasukkan sebagai umpan ketel atau boiler menggunakan boiler *feed water pump* didistribusikan menuju:

1. Boiler, kapasitas NCR 41 ton *steam*/jam menggunakan pump
2. Boiler, kapasitas NCR 70 ton *steam*/jam menggunakan pump

Produk yang dihasilkan oleh boiler , yaitu:

1. *Low Pressure Steam*, dengan tekanan 10 kg/cm² dan temperatur 180°C.

Steam ini digunakan untuk keperluan berbagai unit, antara lain:

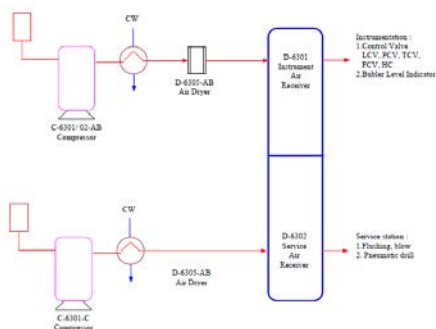


- a. Pada Pabrik Amonium Sulfat ini, digunakan untuk pemanasan pada vaporizer, yaitu mengubah NH_3 cair menjadi gas
- b. Digunakan pada dissolution tank, untuk mempertahankan panas mother liquor yang berasal dari Wet Cyclone

VI.4 Unit Penyedia udara tekan (*Air instrumentation*)

Untuk mensuplai kebutuhan *instrument air* dan *service air* disediakan *compressor reciprocating single action* dan *non lubricated* C-6301 A/B dan C-6302 A/B. C-6301 C yang dipakai untuk *service air* sedangkan C6320 AB untuk *instrument air* dengan kapasitas masing-masing $215 \text{ Nm}^3/\text{Hr}$ dan tekanan $7,5 \text{ kg/cm}^2$.

Sebelum didistribusikan, lebih dahulu ditampung di *vessel* yang mempunyai kapasitas 30 m^3 untuk masing-masing unit. Untuk *instrument air* sebelum masuk *vessel* lebih dahulu dimasukkan dalam unit *Air Dryer* untuk mengurangi *moisture content*. Kebutuhan seluruh *plant* sebesar $165 \text{ Nm}^3/\text{Hr}$ untuk *service air*, sedangkan untuk *instrument air* sebesar $197 \text{ Nm}^3/\text{Hr}$.



Gambar VI.3 Service Air & Instrument Air



VI.5 Unit pendinginan (*refrigeration*)

Refrigerant adalah fluida kerja pada suatu siklus refrigerasi yang bertugas menyerap panas pada temperature dan tekanan rendah dan membuang panas pada temperature dan tekanan tinggi. Umumnya refrigerant mengalami perubahan fasa dalam satu siklus. Media pendingin (*cooling media*) adalah media yang digubakan untuk mengantarkan efek refrigerasi ke tempat yang membutuhkan. Medium yang umum digunaaKn adalah air, glycol, dan larutan garam.

Cooling water unit adalah unit yang menyediakan air primer bagi pabrik produksi sebagai air pendingin. Air pendingin adalah air yang digunakan sebagai bahan pendingin pada proses industri. Pendinginan bisa dilakukan dengan mengkontakan air pendingin langsung dilakukan dengan bahan yang diinginkan. Sementara pendingin tak langsung dilakukan dengan menggunakan bantuan alat transfer panas.alat yang digunakan untuk membuat air pendingin di Pabrik Amonium Sulfat ini adalah *cooling tower*.

Secara umum *Cooling water system* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- a. *Open recirculating cooling water system* (Pabrik III).
- b. *Closed recirculating cooling water system*.
- c. *Brine cooling water system*.

Pada *Open recirculating cooling water system* air menyerap panas dari fluida didalam heat exchanger cooler sehingga temperatur air naik kemudian dialirkan kembali ke *Cooling tower*. Air yang panas dipercikkan dan bersinggungan



dengan udara untuk menyerap panas dari air. Sebagian air akan menguap dan terpecah keluar sehingga konsentrasi garam - garam terlarut dalam *cooling water* akan lebih pekat dibandingkan dengan make up water yang disebut *cycle concentration*. Masalah - masalah yang sering ditemui pada *cooling tower* yaitu:

1. Korosi

Disebabkan karena kelarutan garam atau udara didalam air atau karena tingginya suhu dan konduktivitas elektrik serta pH yang lebih dari 4.

2. Kerak

Endapan kalsium karbonat (CaCO_3) mengakibatkan turunnya *heat transfer* antara *cooling water* dengan fluida yang didinginkan. Hal ini disebabkan karena kenaikan konsentrasi CaCO_3 akibat penguapan.

3. *Slime*

Disebabkan karena berkembang biaknya mikroorganisme di dalam *cooling tower* akibat terkandungnya *nutrient* (N,P,C) dan oksigen terlarut pada suhu 20 – 40°C dengan pH 7.

Kualitas air pendingin yang dihasilkan pada unit *cooling water* adalah sebagai berikut :

pH	: 7,3 – 7,8
Konduktivitas	: < 3000 μs
Total Hardness	: 400 – 600 ppm
Alk M	: 20 - 250 ppm
SiO_2	: < 150 ppm
P_2O_5	: 5,0 – 7,0 ppm
Cl^-	: < 423 ppm
Cl_2 (Sisa)	: 0,2 – 0,5 ppm



Fe : < 2
Zinc : > 0,5 ppm
Kekeruhan : < 25

VI.6 Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Kebutuhan daya listrik awal diperoleh dari PLN, tetapi sebagai cadangan dan tidak bergantung sepenuhnya. Pada unit *power generation* ini terdiri atas dua buah turbin uap. *High Pressure Turbin* dan *Condensing Turbin* yang masing-masing digunakan untuk menggerakkan Turbin Generator. Untuk keperluan *Start Up* dan *Emergency Power* digunakan satu buah diesel generator dengan kapasitas 2000 Kw. *High Pressure* turbin mempunyai kapasitas 8500 Kw yang digerakkan oleh *steam* bertekanan 35 kg/cm^2 dan *temperature* 400°C . *Outlet steam* dari *High Pressure Turbin* yang bertekanan 10 kg/cm^2 dan *tempertaure* 270°C digunakan untuk menggerakkan *Condensing Turbin* yang mempunyai kapasitas 11500 Kw. Maka disediakan satu unit generator diesel (emergency generator diesel/EGD) yang mampu untuk memenuhi seluruh kebutuhan listrik, kebutuhan tersebut meliputi:

1. Penerangan ke seluruh area pabrik
2. Listrik untuk keperluan proses dan pengolahan air
3. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi.

EGD yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan, menggunakan transformator

EGD yang digunakan adalah jenis generator AC, tiga phase yang mempunyai keuntungan:



1. Tenaga listrik lebih stabil
2. Daya kerja lebih besar
3. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
4. Harganya relatif murah dan sederhana

VI.7 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik ammonium sulfat ini adalah bahan bakar minyak solar. Pabrik ini menggunakan bahan bakar solar pada unit boiler untuk menghasilkan steam, dan pada generator yaitu unit penghasil listrik. Minyak solar dipilih karena mempunyai nilai bahan bakar yang tinggi.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

VII.1 Pendahuluan

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan program yang mutlak harus dikerjakan dalam setiap perusahaan sebagai upaya pencegahan dan pengendalian kerugian akibat kecelakaan, kerusakan sarana perusahaan, serta kerusakan lingkungan. Penerapan K3 di lingkungan Pabri Ammonium Sulfat ini sebagai usaha penjabaran Undang –Undang No. 1 tahun 1970 dan peraturan mengenai K3 yang lainnya dalam rangka perlindungan terhadap seluruh aset perusahaan, baik sumber daya manusia (SDM) maupun faktor produksi yang lainnya.

Program K3 telah terintegrasi dalam seluruh fungsi perusahaan, baik fungsi perencanaan, produksi, dan pemasaran serta fungsi yang lainnya dalam perusahaan. Tanggung jawab pelaksanaannya merupakan kewajiban seluruh karyawan dan orang yang berada atau bekerja di lingkungan perusahaan

Keberhasilan penerapan K3 didasarkan atas kebijakan pengelolaan K3 yang diambil oleh pimpinan perusahaan yang di antaranya adalah :

1. Komitmen top manajemen
2. Kepemimpinan yang tegas
3. Organisasi K3 dalam struktur organisasi perusahaan
4. Sarana dan prasarana yang memadai
5. Integrasi K3 pada semua fungsi perusahaan



6. Dukungan seluruh karyawan dalam pelaksanaan K3

Sasaran pencapaian pengelolaan K3 adalah “*nihil kecelakaan*” yang disertai dengan produktivitas yang tinggi. Dengan demikian diharapkan tujuan perusahaan dapat dicapai secara optimal.

VII.2 Filosofi Dasar Penerapan K3

Berikut ini merupakan filosofi dasar penerapan K3:

1. Setiap tenaga kerja berhak mendapatkan perlindungan atas keselamatan dalam melakukan pekerjaan untuk meningkatkan produksi dan produktivitas.
2. Setiap orang lainnya yang berada di tempat kerja perlu adanya jaminan keselamatan.
3. Setiap sumber-sumber produksi harus digunakan secara aman dan efisien.
4. Pengurus/pimpinan perusahaan diwajibkan memenuhi dan menaati semua syarat-syarat dan ketentuan keselamatan kerja yang berlaku bagi usaha dan tempat kerja yang dijalankan.
5. Setiap orang yang memasuki tempat kerja diwajibkan menaati semua persyaratan keselamatan kerja.
6. Tercapainya kecelakaan nihil.

VII.3 Tujuan dan Sasaran K3

VII.3.1 Tujuan K3

Tujuan dari adanya K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) adalah menciptakan sistem K3 di tempat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, tenaga kerja, kondisi dan lingkungan kerja yang terintegrasi dalam rangka mencegah



terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta terciptanya tempat kerja yang aman, nyaman, efisien dan produktif.

VII.3.2 Sasaran K3

Sasaran dari adanya K3 adalah sebagai berikut :

- Memenuhi Undang-undang No.1/1970 tentang keselamatan kerja.
- Memenuhi Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER/05/MEN/1996 tentang System Manajemen K3.
- Mencapai nihil kecelakaan.

VII.4 Kebijakan Sistem Manajemen K3

Pabrik Ammonium Sulfat Lamongan bertekad menjadi produsen pupuk dan produk kimia lainnya yang berdaya saing tinggi dan produknya paling diminati konsumen dengan kinerja unggul dan berkelanjutan, melalui penerapan Sistem Manajemen Mutu, Sistem Manajemen Lingkungan, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) secara terintegrasi dengan komitmen :

1. Menjamin kepuasan pelanggan dengan menyediakan produk pupuk, produk kimia dan jasa tepat mutu, tepat jumlah, tepat jenis, tepat tempat, tepat waktu, dan tepat harga.
2. Mencegah pencemaran lingkungan signifikan dengan mengendalikan emisi udara, limbah cair, limbah padat dan kebisingan serta menerapkan *Reduce, Recycle, dan Reuse* (3R).
3. Mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta kerusakan sarana dan prasarana dengan mengendalikan



potensi bahaya sehingga tercipta budaya dan sistem kerja yang aman.

4. Mentaati dan mematuhi Peraturan Perundangan dan persyaratan lainnya yang berlaku; tanggap terhadap isu-isu K3, lingkungan global dan konservasi sumber daya alam; menerapkan Responsible Care dan Corporate Social Responsibility (CSR).

Kebijakan ini dikomunikasikan kepada seluruh karyawan, rekanan, pemasok dan pemangku kepentingan lainnya untuk dipahami dan keefektifannya ditinjau secara berkala sekurang-kurangnya satu kali dalam setahun.

Beberapa program kerja dan sistem yang telah dan akan diimplementasikan di Pabrik Ammonium Sulfat Lamongan untuk mencapai “*HSE Excellence*” antara lain :

1. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), berdasarkan PERMENAKER 05/1996
2. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), berdasarkan PP 50/2012
3. ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan
4. *Zero Accident*
5. *LTI-free manhours*
6. Program Pola Hidup Sehat (PPHS)
7. *Contractor Safety Management System* (CSMS)
8. *Process Safety Management* (PSM)
9. *Behaviour Based Safety* (BBS)

VII.5 Organisasi K3 Di Pabrik Ammonium Sulfat

Organisasi K3 dibentuk sebagai berikut :

- Organisasi Struktural
- Organisasi Non Struktural



VII.5.1 Organisasi Struktural

Organisasi K3 Struktural dibentuk agar dapat menjamin penerapan K3 di Pabrik Ammonium Sulfat sesuai dengan Undang-undang No. 1/70 serta peraturan K3 lainnya dan penerapan K3 dapat dilaksanakan sebaik-baiknya sehingga tercapai kondisi yang aman, nyaman dan produktif. Organisasi Struktural yang membidangi K3 adalah K3 dan bertanggungjawab kepada Departemen Lingkungan dan K3. Organisasi struktural yang membidangi K3 adalah Bagian K3 dan bertanggungjawab kepada Departemen Lingkungan & K3.

TUGAS K3 :

1. Menjamin pelaksanaan Undang-Undang No.1 Tahun 1970 dan peraturan – peraturan K3 di tempat kerja.
2. Melakukan pengawasan K3 di tempat kerja.
3. Melakukan pembinaan K3 kepada setiap orang yang berada di tempat kerja.
4. Menjamin tersedianya Alat Pelindung Diri (APD) bagi karyawan sesuai dengan bahaya kerja di tempat kerjanya masing – masing.
5. Membuat dan merencanakan program kesehatan kerja dan gizi kerja karyawan.
6. Pemeriksaan lingkungan kerja.

Bagian PMK

Departemen LK3 Pabrik Ammonium Sulfat ini memiliki Bagian PMK yang berkewajiban untuk mengidentifikasi dan mitigasi potensi risiko kebakaran, menyediakan dan melakukan pemeriksaan berkala terhadap peralatan pemadam kebakaran di seluruh area perusahaan, menyelenggarakan pendidikan dan pelatihan tentang



penanggulangan kebakaran kepada semua karyawan dan mitra kerja. Bagian PMK juga merupakan pusat *Rescue and Response Team* Pabrik Ammonium Sulfat.

Kelengkapan *rescue and response equipment*, antara lain :

1. 2 *Fire truck* dengan media pemadam air kapasitas 2000 liter dan 9500 liter.
2. 4 *Fire truck* dengan media pemadam kombinasi air dan *foam* kapasitas masing-masing 4000 liter air dilengkapi 1000 liter *foam*, 3000 liter air dilengkapi 300 liter *foam*, 4500 liter air dilengkapi 250 liter *foam*, dan 4500 liter air dilengkapi 1000 liter *foam*.
3. 1 *back up fire truck* dengan media pemadam air.
4. 1 *Rescue truck* yang dilengkapi dengan peralatan *rescue* untuk semua jenis kejadian darurat.
5. 2 Mobil *ambulance*
6. 3 *Rubber boat* untuk area pelabuhan dan laut.

Sebagai bagian dari program *Corporate Social Responsibility (CSR)* dan wujud kepedulian terhadap warga sekitar perusahaan, Tim Pemadam Kebakaran, serta *Rescue and Response Team* Pabrik Ammonium Sulfat siap memberikan bantuan pertolongan apabila terjadi kebakaran di lokasi warga dengan radius sekitar 5 km dari wilayah perusahaan.

VII.5.2 Organisasi Non Struktural

1. Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3) Dibentuk sebagai pemenuhan Bab VI Pasal 10 Undang-Undang No. 1/1970, sebagai wadah kerjasama antara pimpinan perusahaan dan tenaga kerja dengan tugas menangani aspek K3 secara strategis di perusahaan.



2. Sub P2K3 adalah organisasi yang dibentuk di unit kerja untuk menangani aspek K3 secara teknis di Unit Kerja Kompartemen
3. *Safety Representative*.
Dibentuk sebagai perwakilan K3 di unit-unit kerja yang bersangkutan sebagai usaha mempercepat pembudayaan K3, melakukan peningkatan K3, dan menjadi model K3 di unit kerjanya.

VII.5.2.1 Pembentukan P2K3 dan Sub P2K3

Dasar pembentukan :

1. Undang – undang No. 1 Tahun 1970 Bab VI Pasal 10
Tentang : Pembentukan Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja
2. Permen Naker No. PER-04/Men/1987
Tentang : P2K3 serta tata cara penunjukkan Ahli K3 (AK3)
3. Permen Naker No. PER-05/MEN/1996
Tentang : Sistem Manajemen K3

Tujuan :

1. Meningkatkan budaya K3
2. Meningkatkan tanggung jawab K3 kepada Pimpinan Unit Kerja
3. Mengembangkan dalam pengelolaan dan penerapan K3 di perusahaan.

Struktur Organisasi P2K3 :

Ketua : Direktur Produksi
Wakil Ketua : Management Representative (MR)
Sekretaris I : Manager LK3
Sekretaris II : Kabag Keselamatan dan Kesehatan Kerja



- Anggota tetap : 1. Manager Keamanan
2. Manager Personalia
4. Manager Pemadam Kebakaran
- Anggota biasa : Semua Pejabat Eselon I dan II

Tugas dan Tanggung Jawab :

- Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3) :
1. Mengembangkan kerjasama saling pengertian dan partisipasi aktif antara pimpinan perusahaan dengan setiap orang di tempat kerja, dalam melaksanakan tugas dan kewajibannya di bidang keselamatan dan kesehatan kerja.
 2. Menyelenggarakan pembinaan dan pengawasan bagi setiap orang di tempat kerja dalam usaha pencegahan kecelakaan, kebakaran dan pencemaran lingkungan (tempat) kerja.
 3. Mengembangkan kerjasama di bidang keselamatan dan kesehatan kerja dengan lembaga pemerintah dan/atau lembaga lainnya untuk pengembangan dan peningkatan dalam pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja di Pabrik Ammonium Sulfat ini.
 4. Menyelenggarakan sidang P2K3 secara periodik.
- Sub Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SP2K3) :
1. Membuat Program K3 untuk meningkatkan kesadaran K3 di unit kerjanya.
 2. Melaksanakan pengawasan dan pembinaan K3 di unit kerjanya.
 3. Melakukan pemeriksaan K3 yang mencakup kondisi yang tidak aman, sikap yang tidak aman, kebersihan lingkungan kerja, dan estetika.



4. Melaksanakan identifikasi bahaya, penilaian risiko, menerapkan Job Safety Analisis (JSA), dan Job Safety Observation (JSO).
5. Melaksanakan rapat K3 pada bulan berjalan untuk membahas aspek K3 di unit kerjanya.
6. Melaksanakan tindak lanjut hasil temuan pemeriksaan dan rapat K3 di masing-masing unit kerjanya.
7. Melaporkan temuan K3 yang mempunyai potensi bahaya tinggi pada sidang P2K3.

Struktur Organisasi Sub Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SP2K3) :

Ketua : General Manager per masing-masing unit kerja setempat.

Wakil Ketua : Kabag masing-masing unit kerja yang ditunjuk.

Anggota kerja :

1. Semua Manager unit Kerja setempat.
2. Semua kabag unit kerja setempat.
3. Semua *safety Representative* unit setempat
4. Staf K3 unit kerja setempat

Objek Pengawasan P2K3 :

1. Sikap kerja yang dapat membahayakan.
2. Keadaan yang dapat membahayakan.
3. Kebersihan lingkungan kerja

VII.6 Safety Representative

Safety Representative adalah merupakan komite pelaksana K3 yang mempunyai tugas untuk melaksanakan dan menjabarkan kebijakan K3 perusahaan serta melakukan peningkatan-peningkatan K3 di unit kerja yang menjadi wewenang dan



tanggung jawabnya. SKPTS No. 0254/08/TU.04.02/36/SK/2004.
Tanggal: 10 Agustus 2004 tentang *SAFETY REPRESENTATIVE*,
berisi sebagai berikut :

1. Struktur Organisasi

Anggota Tetap : Pejabat Eselon V sampai dengan Eselon I
Pembina : Manager dimasing-masing Unit Kerja.
Pengawas : Kabag/Eselon III Di masing-masing Unit
Kerja.

Anggota Bergilir : Karyawan Eselon IV/V/Pelaksana yang
ditunjuk masing – masing unit kerja.

2. Tugas dan tanggung jawab

1. Menjadi teladan pelaksanaan K3 di unit kerjanya.
2. Berperan aktif :
 - a. Menegakkan peraturan K3 di unit kerjanya
 - b. Memberikan teguran dan/atau saran kepada setiap orang yang melakukan penyimpangan/pelanggaran peraturan dan prosedur K3 yang ditetapkan pimpinan perusahaan.
3. Melakukan *safety* patrol/pemeriksaan K3 di unit kerjanya secara mandiri atau gabungan bersama Tim Sub P2K3 yang mencakup sikap dan kondisi yang tidak aman, pemeriksaan lingkungan kerja, estetika dan aspek K3 lainnya, secara rutin
4. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan kebersihan, keindahan, kenyamanan dan menjaga kerapian baik di dalam maupun di luar gedung di unit kerjanya



5. Mencatat semua temuan dan secara rutin membuat laporan kegiatan sesuai dengan prosedur pelaporan dan pemantauan K3
6. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan tindak lanjut setiap temuan K3 di unit kerjanya.
7. Berperan aktif :
 - a. Di dalam upaya pencegahan kecelakaan, kebakaran, penyakit akibat kerja dan pencemaran lingkungan di unit kerjanya.
 - b. Melakukan pengawasan pemakaian sepeda static (crosstrainer) yang ada di unit kerjanya.
8. Menghadiri undangan Rapat Sub P2K3 dan/atau rapat-rapat K3 yang diadakan oleh Sub P2K3 atau unit kerjanya.
9. Sebagai Unit Bantuan Penanggulangan Kebakaran dan Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik di unit kerjanya dan/atau di seluruh kawasan perusahaan.
10. Sebagai unit bantuan Pengamanan Perusahaan di Unit Kerjanya.
11. Memantau fasilitas K3 :
 - a. Kotak P3K dan kelengkapan isinya serta memberikan saran pengisiannya.
 - b. Alat Pemadam Api Ringan yang ada di unit kerjanya serta memberikan saran penggantian apabila tidak layak digunakan.
 - c. Penempatan bendera petunjuk evakuasi.
12. Sebagai pembawa bendera evakuasi yang ada di unit kerjanya untuk tindakan evakuasi ke *Assembly Point* pada saat terjadi kondisi darurat.



13. Mengikuti pelatihan K3 yang dilaksanakan oleh perusahaan.

VII.6.1 Aktivitas K3 untuk Mencapai Nihil Kecelakaan

Kegiatan yang dilakukan :

- Penerapan SMK3 sesuai dengan Peraturan Menteri No. 5/MEN/1996.
- Pelatihan dan penyegaran K3 seluruh karyawan sesuai dengan jenjang jabatannya.
- Pengawasan peraturan K3
- Pemeriksaan P2K3
- Promosi K3 dengan *Pagging System*
- Penerapan Surat Ijin Keselamatan Kerja.
- Pembagian APD setiap karyawan sesuai dengan bahaya kerjanya
- Pemasangan *safety sign* dan poster K3
- Kampanye bulan K3
- Investigasi kecelakaan untuk pelaporan dan penyelidikan kecelakaan kerja.
- Membentuk dan mengefektifkan *Safety Representative*
- Audit SMK3 internal dan eksternal.
- Pemeriksaan dan pemantauan gas-gas berbahaya
- Pelatihan Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik atau STDL.
- Pembinaan K3 tenaga bantuan.
- Pembinaan K3 bagi pengemudi dan pembantu pengemudi B3.
- Pembinaan K3 untuk mahasiswa kerja praktek
- Membuat rencana dan program kesehatan kerja karyawan



- Meningkatkan gizi kerja karyawan
- Memeriksa lingkungan kerja
- Pemeriksaan kebersihan tempat kerja

VII.6.2 Peran Aktif Pimpinan Unit Kerja

- Menjadi *Safety Man* di unit kerjanya
- Membudayakan K3 di unit kerjanya
- Mengevaluasi bahaya kerja di unitnya dan mencari solusi terbaik.
- Membuat *Job Safety Analysis* dan *Job Safety Observation* (JSA/JSO)
- Melakukan kontrol proaktif dan reaktif terhadap kondisi dan sikap yang membahayakan serta kebersihan lingkungan kerja.
- Mengevaluasi kebutuhan alat pelindung diri yang sesuai dengan bahaya kerja di unit kerjanya serta melakukan pengawasan pemakaiannya.
- Mengawasi dan melaksanakan peraturan, prosedur dan ketentuan K3 di unit kerjanya.

VII.7 Evaluasi Kinerja K3

1. *Frequency Rate*

Ukuran yang digunakan menghitung atau mengukur tingkat kekerapan kecelakaan kerja untuk setiap juta jam kerja orang.

$$\text{Rumus : } \frac{\text{Jumlah karyawan yang kecelakaan} \times 1.000.000}{\text{Jumlah seluruh jam kerja karyawan}}$$

2. *Severity Rate*

Ukuran yang digunakan menghitung atau mengukur



tingkat keparahan kecelakaan kerja untuk setiap juta jam kerja orang.

$$\text{Rumus : } \frac{\text{Jumlah hilangnya hari kerja karena kecelakaan kerja} \times 1.000.000}{\text{Jumlah seluruh jam kerja karyawan}}$$

3. Audit SMK3

Sistem penilaian program dan kinerja K3 di perusahaan dengan pokok sasaran :

1. *Management Audit*

⇒ Menilai pelaksanaan K3 di perusahaan.

2. *Physichal Audit*

⇒ Penilaian perangkat keras di unit kerja.

Tujuan Audit K3 :

1. Menilai dan mengidentifikasi secara kritis dan sistematis semua sumber bahaya potensial.
2. Mengukur dan memastikan secara objektif pekerjaan apakah telah berjalan sesuai dengan perencanaan dan standar.
3. Menyusun suatu rencana koreksi untuk menentukan langkah dan cara mengatasi sumber bahaya potensial.

Pelaksanaan Audit K3 :

1. Audit Intern.

⇒ Audit K3 intern dilakukan setiap 6 bulan sekali.

2. Audit Ekstern.

⇒ Audit K3 ekstern dilakukan 3 tahun sekali atau sesuai dengan kebutuhan.



VIII.8 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, namun hanya merupakan salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja yang sesuai dengan standar kerja yang diijinkan. Pengertian alat pelindung diri adalah :

- ☞ Alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang dalam melakukan pekerjaan yang fungsinya mengisolasi tubuh seorang tenaga kerja dari bahaya yang mungkin terjadi di tempat kerja.
- ☞ Cara terakhir perlindungan bagi tenaga kerja setelah upaya menghilangkan sumber bahaya tidak dapat dihilangkan.

Penyediaan alat pelindung diri ini merupakan kewajiban dan tanggung jawab bagi setiap pengusaha atau pimpinan perusahaan sesuai dengan UU No. 1 tahun 1970.

VII.8.1 Syarat – syarat Alat Pelindung Diri

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan – gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.



VII.8.2 Kelemahan – kelemahan Penggunaan Alat Pelindung Diri

1. Tidak enak dipakai atau kurang nyaman.
2. Sangat sensitif terhadap perubahan waktu.
3. Mempunyai masa kerja tertentu.
4. Dapat menularkan penyakit apabila digunakan secara bergantian

VII.8.3 Jenis – jenis Alat Pelindung Diri

1. Topi keselamatan (*safety hat*)

Untuk melindungi kepala terhadap benturan, kemungkinan tertimpa benda – benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari sengatan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya. Digunakan selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.

2. Alat pelindung mata (*eye goggle*)

Untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan, digunakan pada saat :

- ⇒ Di daerah berdebu
- ⇒ Menggerinda, mamahat, mengebor, membubut, dan mem – *frais*
- ⇒ Di mana terdapat bahan atau menangani bahan kimia yang berbahaya, termasuk asam atau alkali
- ⇒ Pengelasan

3. Alat pelindung muka

Untuk melindungi muka (dari dahi sampai batas leher)



- ⇒ Pelindung muka yang tahan terhadap bahan kimia yang berbahaya (warna kuning. Digunakan pada saat menangani bahan asam atau alkali.
 - ⇒ Pelindung muka terhadap pancaran panas (warna abu – abu). Digunakan di tempat kerja di mana pancaran panas dapat membahayakan pekerja.
 - ⇒ Pelindung muka terhadap pancaran sinar ultra violet dan infra merah.
4. Alat pelindung telinga
- Untuk melindungi telinga terhadap kebisingan di mana bila alat tersebut tidak digunakan dapat menurunkan daya pendengaran dan menyebabkan ketulian yang bersifat tetap. Macam dari alat pelindung pendengaran ini adalah :
- a. *Ear plug*
 - ⇒ Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB.
 - b. *Ear muff*
 - ⇒ Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.
5. Alat pelindung pernafasan
- Untuk melindungi hidung dan mulut dari berbagai gangguan yang membahayakan tenaga kerja. Terdiri dari :
- a. Masker dengan filter untuk debu
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan dapat menyaring debu pada ukuran rata – rata 0,6 mikron sebanyak 98 %.
 - b. Masker dengan filter untuk debu dan gas
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan gas asam, uap bahan organik, *fumes*, asap, dan kabut.
-



- ⇒ Dapat menyaring debu pada ukuran rata – rata 0,6 mikron sebanyak 99,9 % serta dapat menyerap gas atau uap sampai 0,1% volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
- c. Masker gas dengan tabung penyaring (*canister filter*)
- ⇒ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, dan *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan kerja.
- ⇒ Syarat – syarat pemakaian :
- Tidak boleh untuk pekerjaan penyelamatan korban atau digunakan di ruangan tertutup.
 - Tidak boleh digunakan bila kontaminasi gas tidak dikenal atau di daerah dengan kontaminasi lebih dari 1% untuk amoniak.
 - Konsentrasi oksigen harus lebih dari 16 %.
 - Tabung penyaring yang digunakan harus sesuai dengan kontaminasi uap, gas, atau *fumes*.
- d. Masker gas dengan udara bertekanan dalam tabung (*self containing breathing apparatus*)
- ⇒ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, ataupun *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan keselamatan dan kesehatan para tenaga kerja.
- ⇒ Syarat pemakaian :
- Digunakan di daerah dengan konsentrasi oksigen kurang dari 16%.
 - Digunakan jika kontaminan tidak bisa diserap dengan pemakaian tabung penyaring (kontaminasi > 1%)



- Dapat digunakan untuk penyelamatan korban.
 - Waktu pemakaian selama 30 menit.
- e. Masker gas dengan udara tekan (*supplied air respirator*)
- ⇒ Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, ataupun *fumes* yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan para tenaga kerja.
 - ⇒ Digunakan di daerah yang konsentrasi oksigennya rendah, kontaminasi gas, uap, ataupun *fumes* yang tinggi dan dapat digunakan secara terus menerus sepanjang suplai udara dari tabung tersedia.
6. Alat pelindung kepala
- Jenis – jenis alat pelindung kepala :
- a. Kerudung kepala (*hood*)
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka terhadap kotoran dan bahan lainnya yang dapat membahayakan maupun yang dapat membahayakan para pekerja.
 - b. Kerudung kepala dengan alat pelindung pernafasan
 - ⇒ Digunakan di daerah kerja yang berdebu serta terdapat gas, uap, ataupun *fumes* yang tidak lebih dari 1% volume atau 10 kali konsentrasi maksimum yang diijinkan.
 - c. Kerudung kepala anti asam atau alkali
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi seluruh kepala dan bagian muka dari percikan bahan kimia yang bersifat asam atau alkali.
7. Sarung tangan
-



Digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik.

- a. Sarung tangan kulit
 - ⇒ Dipakai apabila bekerja dengan benda yang kasar dan tajam.
- b. Sarung tangan asbes
 - ⇒ Digunakan apabila bekerja dengan benda yang panas.
- c. Sarung tangan katun
 - ⇒ Digunakan apabila bekerja dengan mesin.
- d. Sarung tangan karet
 - ⇒ Digunakan apabila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritatif.
- e. Sarung tangan listrik
 - ⇒ Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik.

8. Sepatu pengaman

Digunakan untuk melindungi kaki terhadap gangguan yang membahayakan para pekerja di tempat kerja. Macam dari sepatu pengaman adalah :

- a. Sepatu keselamatan
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh air atau minyak.
- b. Sepatu karet
 - ⇒ Digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya.
- c. Sepatu listrik



⇒ Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya listrik.

9. Baju pelindung

Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja.

a. Baju pelindung yang tahan terhadap asam atau alkali

⇒ Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan bahan kimia yang berbahaya baik asam maupun alkali.

b. Baju pelindung terhadap percikan pasir

⇒ Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan pasir saat membersihkan logam dengan semprotan pasir.

VII.9 Keselamatan Pabrik

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang telah berkembang dengan pesat memberikan manfaat yang nyata dalam kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya. Bidang industri merupakan aplikasi kemajuan manusia kedepannya.

Pada saat revolusi berlangsung perundangan yang berlaku hanyalah hukum-hukum kebiasaan atau pandangan umum, tanpa adanya undang-undang khusus yang melindungi dan memberikan jaminan keselamatan kepada para pekerja. Selain jaminan pada para pekerja, keselamatan dari pabrik itu sendiri juga harus diperhatikan demi kelancaran produksi di pabrik Pabrik Ammonium Sulfat Lamongan. Untuk menghadapai masalah ini maka ada dua metode penanggulangan yaitu penanggulangan secara preventif dan curative.



VII.9.1 Penanggulangan Preventif

Penanggulangan ini diarahkan pada penanggulangan sebelum bahaya itu terjadi. Untuk menanggulunginya maka harus ditinjau terlebih dahulu bahaya yang mungkin terjadi dalam pabrik, bahaya-bahaya tersebut diantaranya:

- a. Chemical hazards (bahaya yang ditimbulkan oleh bahan kimia)
- b. Mechanical hazards (bahaya yang disebabkan oleh mesin)
- c. Electrical hazards (bahaya yang disebabkan oleh listrik)
- d. Construction hazards (bahaya yang disebabkan oleh konstruksi)

Usaha-usaha yang dapat dilakukan dalam rangka penyelamatan preventif antara lain sebagai berikut :

- a. Pencegahan terhadap kebakaran dan peledakan berupa :
 1. Penyediaan alat deteksi dan sistem alarm yang sensitif terhadap kebakaran pada daerah rawan api
 2. Penyedia peralatan pemadam kebakaran
- b. Peralatan perlindungan diri
 Selama berada dilokasi pabrik disediakan peralatan dan perlengkapan perlindungan diri bagi karyawan berupa :
 - 1) Pakaian kerja, masker, sarung tangan bagi karyawan yang bekerja berhubungan dengan bahan kimia, misalnya pekerja dilaboratorium
 - 2) Helm, sepatu safety dan perlindungan mata bagi karyawan yang bekerja di bagian alat-alat berat.
 - 3) Penutup telinga untuk karyawan bagian ketel
- c. Keselamatan kerja terhadap listrik

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk menjaga keselamatan kerja terhadap listrik, antara lain:



- 1) Setiap instalasi dan peralatan listrik harus diamankan dengan sekering pemutus arus listrik otomatis dan dirancang secara terpadu dengan tata letak pabrik untuk menjaga keselamatan kerja dan kemudahan jika harus dilakukan perbaikan
 - 2) Memasang papan tanda larangan yang jelas pada daerah sumber tegangan listrik
 - 3) Penempatan dan pemasangan motor-motor listrik tidak boleh mengganggu lalu lintas pekerja
 - 4) Isolasi kawat hantaran listrik harus disesuaikan dengan keperluan
 - 5) Setiap peralatan atau bangunan yang menjulang tinggi harus dilengkapi dengan penangkal petir yang dibumikan
 - 6) Kabel-kabel listrik yang letaknya berdekatan dengan alat-alat yang bekerja pada suhu tinggi harus diisolasi secara khusus.
- d. Keselamatan kerja terhadap sifat zat
- 1) Disediakan alat-alat yang dapat mencegah masuknya atau terhirupnya zat-zat kimia seperti masker penutup mulut
 - 2) Disediakan tabung oksigen sebagai alat pensuplai oksigen bila ada keadaan darurat sewaktu terjadi kebocoran alat proses yang mengeluarkan uap berbahaya yang dapat mengganggu pernafasan.

VII.9.1 Penanggulangan Curative

Pencegahan secara curative dilakukan apabila bahaya sudah terjadi. Seperti penanganan bahaya kebakaran diatasi dengan penyedia sarana pemadam kebakaran, disamping itu bangunan-



bangunan yang penting harus dilengkapi dengan fasilitas jalan yang memadai. Selain itu pada ruang-ruang kantor yang menyimpan arsip-arsip harus disediakan racun api (fire stop).

Keselamatan kerja dalam proses produksi dapat ditingkatkan dengan mengambil langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Tidak boleh merokok dan minum berakohol
- 2) Setiap ruang gerak harus aman dan tidak licin
- 3) Jarak antara mesin-mesin dan peralatan lainnya harus cukup luas
- 4) Disediakan fasilitas pengungsian bila terjadi kebakaran (assembly point)
- 5) Setiap proses yang berbahaya dan sensitif harus diisolasi pelaksanaannya
- 6) Tanda-tanda gambar pengaman harus dipasang pada setiap tempat yang berbahaya



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII

INSTRUMENTASI PENGENDALIAN PROSES

VIII.1 Pendahuluan

Instrumentasi merupakan pengetahuan dalam penerapan alat ukur dan sistem pengendalian pada suatu sistem dengan menggunakan harga numerik variabel besaran proses dan dengan tujuan agar parameter berada dalam batas daerah tertentu atau mencapai tujuan kinerja yang diinginkan. Operasi di industri proses sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Instrumentasi adalah suatu alat yang dipakai didalam suatu system control untuk mengatur jalannya suatu proses agar hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan. Sedangkan system control adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel), sehingga berada pada suatu harga yang ditetapkan.

Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses, misalnya aliran di dalam pipa, tekanan (*pressure*) di dalam sebuah *vessel*, temperatur di unit *heat exchanger*, tinggi permukaan (*level*) zat cair di sebuah tangki, *conductivity*, *density or specific gravity*, dan sebagainya. Program K3 telah terintegrasi dalam seluruh fungsi perusahaan, baik fungsi perencanaan, produksi, dan pemasaran serta fungsi yang lainnya dalam perusahaan. Tanggung jawab pelaksanaannya merupakan kewajiban seluruh karyawan dan orang yang berada atau bekerja di lingkungan perusahaan.

Instrumentasi dapat berupa controller, recorder, dan indikator atau kombinasi ketiganya. Prinsip kerjanya ada yang secara otomatis, semi otomatis, dan manual. Instrumentasi yang bekerja secara otomatis, set point diatur pada kondisi yang diinginkan. Bila terjadi penyimpangan maka secara langsung



instrumentasi tersebut mengembalikan variabel yang dikontrol pada kondisi setting. Instrumentasi secara semi otomatis biasanya bekerja sebagai indicator atau recorder. Apabila terjadi penyimpangan, maka secara manual variabel tersebut harus dikembalikan ke kondisi yang diharapkan. Alat kontrol mempunyai peranan yang sangat penting untuk menjamin jalannya proses dan kelancaran operasi pabrik.

Cara pengukuran merupakan bidang yang sangat luas dipandang dari ilmu pengetahuan dan teknik, meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisa data. Besaran yang diukur atau dicatat oleh suatu instrumen termasuk besaran-besaran fisika, kimia, mekanik, listrik, magnetik, optik dan akustik. Parameter besaran-besaran tadi merupakan bahan kegiatan yang penting dalam tiap cabang penelitian ilmu dan proses industri yang berhubungan dengan sistem pengaturan proses, instrumentasi proses dan pula reduksi data.

Sistem pengukuran umum terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- a. Transduser yang mengubah besaran yang diukur (kuantitas yang diukur, sifat atau keadaan) menjadi output listrik yang berguna.
- b. Pengkondisi sinyal yang mengubah output transduser menjadi besaran listrik yang cocok untuk mengatur perekaman atau pemrograman.
- c. Pemraga atau alat yang dapat dibaca, memeragaan informasi tentang besaran yang diukur menggunakan satuan yang dikenal dalam bidang teknik.
- d. Catu daya listrik memberikan tenaga kepada transduser dan bagian pengkondisi sinyal dan pula untuk alat pemraga.



Fungsi alat ukur adalah untuk meraba atau mendeteksi parameter yang terdapat dalam proses industri atau penelitian ilmu pengetahuan seperti : tekanan temperatur aliran, gerakan, tegangan, arus listrik, dan daya. Alat ukur harus mampu mendeteksi tiap perubahan dengan teliti dan dapat membangkitkan sinyal peringatan yang menunjukkan perlunya dilakukan pengaturan secara manual atau mengaktifkan peralatan otomatis.

Instrumentasi merupakan peralatan yang sangat penting dalam mengamati, mengontrol, dan mengendalikan proses produksi suatu industri. Pengontrolan atau pengendalian proses dipasang pada unit pabrik yang benar-benar memerlukan pengontrolan atau pengendalian secara cermat dan akurat agar kapasitas produksi sesuai yang diharapkan. Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain :

- a. Manual atau indicator, yaitu alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indicator*) atau perekam (*recorder*).
- b. Otomatis, yaitu *controller* yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian kondisi prosesnya. Perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga alat proses ini perlu dipasang alat pengendali (*controller*).

VIII.2 Tujuan Sistem Pengontrolan

Tujuan dari system pengontrolan dalam menjalankan operasi pada suatu pabrik adalah sebagai berikut :



1. Keamanan (safety)

Keamanan dalam operasi suatu pabrik kimia merupakan kebutuhan primer untuk orang-orang yang bekerja dipabrik dan bagi kelangsungan perusahaan. Untuk menjaga keamanan tersebut, berbagai kondisi operasi pabrik seperti tekanan operasi, temperature, konsentrasi bahan kimia dan lain-lain harus dijaga tetap dalam batasan-batasan tertentu yang diizinkan.

2. Spesifikasi produk (production specification)

Suatu pabrik harus menghasilkan produk dalam jumlah dan kualitas tertentu yang diinginkan, dengan demikian dibutuhkan suatu system pengendali untuk menjaga tingkat produksi dan kualitas produk yang diinginkan.

3. Peraturan lingkungan (environmental regulation)

Terdapat berbagai peraturan lingkungan yang memberikan syarat-syarat tertentu bagi berbagai buangan pabrik kimia agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

4. Kendala-kendala operasi (operational constraints)

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam operasi pabrik kimia memiliki kendala-kendala operasional tertentu yang harus dipenuhi agar terus sesuai dengan konsisi operasi yang diinginkan.

5. Keekonomian (economics)

Operasi kimia ditujukan untuk memberikan keuntungan yang maksimum, sehingga pabrik harus dijalankan pada kondisi yang menyebabkan biaya bahan baku menjadi minimum dan laba yang diperoleh mejadi maksimum.

VIII.3 Elemen-elemen Sistem Kontrol

Dalam suatu instrumen ada beberapa elemen-elemen



yang berfungsi sebagai berikut:

- a. *Indicator*, yaitu bagian instrumen yang berfungsi untuk menunjukkan atau pengukuran secara langsung, misalnya *level indicator* yaitu alat penunjuk ketinggian liquidida didalam suatu alat pemrosesan.
- b. *Recorder*, yaitu bagian instrumen yang berfungsi untuk mencatat suatu kondisi proses yang merupakan kelengkapan instrument tipe penunjuk, misalnya pena pada jarum penunjuk pengukur tekanan.
- c. *Controller*, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan kondisi proses dan operasi, misalnya : *Flow controller* untuk mengendalikan laju alir fluida didalam pipa, *Temperatur controller* untuk mengendalikan suhu operasi selama proses berlangsung agar sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan.
- d. *Sensor (transducer)*, bagian instrumen yang berfungsi untuk berkontak langsung dengan objek yang diukur untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik.
- e. *Sensor Error Detector*, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengukur kesalahan yang terjadi antara keluaran actual dengan keluaran yang diinginkan.
- f. *Penggerak daya (ajuator)*, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan aliran energy ke system yang dikendalikan. Alat ini disebut juga elemen pengendali akhir. Elemen pengeluaran ini harus mampu menggerakkan beban ke suatu harga yang diinginkan.

VIII.4 Instrumentasi Alat pada Prarancangan Pabrik

Alat-alat kontrol yang digunakan secara umum dalam industri antara lain :



- a. Pengatur suhu :
- Temperatur *Indicator* (TI)
Fungsi: untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis temperatur indikator antara lain: termometer, termokopel
 - Temperatur *Control* (TC)
Fungsi: mengendalikan atau mengatur temperature operasi sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Pengaturan dilakukan dengan mengatur laju alir panas maupun laju alir dingin.
- b. Pengaturan Tekanan :
- *Pressure Indicator* (PI)
Fungsi: untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis pressure indikator antara lain: *pressure gauge*.
 - *Pressure Controller* (PC)
Fungsi: mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta. Pengukuran tekanan dilakukan dengan mengatur jumlah vapor atau gas yang keluar dari suatu alat.
- c. Pengatur aliran :
- *Flow Controller* (FC)
Fungsi: menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *Control Valve*. Pengukuran aliran fluida biasanya diatur dengan mengubah output dari alat yang menyebabkan fluida mengalir dalam system pipa.



- d. Pengatur tinggi permukaan
Level indicator (LI)
Fungsi: menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu cairan dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis level indikator antara lain: *Level glass*.
Level Controller (LC)
Fungsi: mengendalikan atau mengatur level operasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan dengan cara mengatur laju fluida masuk dan keluar.

VIII.5 Penerapan Instrumentasi

Berikut ini macam-macam instrumentasi yang digunakan pada pabrik Ammonium Sulfat:

Tabel. VIII.1 Penerapan Alat Instrumentasi

No	Alat	Sistem instrumentasi	Fungsi
1.	Saturator	Level Control (LC)	Mengontrol ketinggian bahan yang ada didalam saturator.
		Temperature Contol (TC)	Mengatur suhu dalam reaktor dengan mengontrol laju alir cw yang masuk.
2.	Tangki Kondensat	Level Control (LC)	Mengontrol ketinggian bahan yang ada didalam kondensat.
		Flow Control (FC)	Mengontrol laju alir bahan yang masuk.
3.	Tangki	Level	Mengontrol



	Mother Liquor	Control (LC)	ketinggian bahan yang ada didalam mother liquor.
		Flow Control (FC)	Mengontrol laju alir bahan yang masuk.
4.	Dissolution Tank	Temperature Contol (TC)	Mengatur suhu dalam dissolution tank dengan mengontrol laju alir steam yang masuk.
5.	Klarifier	<i>Alarm High (AH)</i>	Menunjukkan jika terjadi gaya putarannya yang terlalu tinggi pada klarifier.
6.	Sand Filter	<i>Flow Indicator (FI)</i>	Menunjukkan laju alir yang keluar dari sand filter.
		<i>Alarm High (AH)</i>	Menunjukkan jika sudah saatnya dilakukan pembersihan pada sand filter.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

IX.1 Pendahuluan

Air limbah merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum didalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan didalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak.

Limbah dari suatu pabrik harus diolah sebelum dibuang ke badan air atau atmosfer, Karena limbah tersebut mengandung bermacam-macam zat yang dapat membahayakan alam sekitar maupun manusia itu sendiri. Demi kelestarian lingkungan hidup, maka setiap pabrik harus mempunyai unit pengolahan limbah.

Sumber-sumber limbah pada pabrik pupuk ammonium sulfat meliputi:

- a. Limbah gas sisa proses produksi
Limbah ini berasal dari proses produksi berupa bahan-bahan sisa dari hasil proses yang tidak dipergunakan.
- b. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik
Limbah ini diperkirakan mengandung sisa kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.
- c. Limbah domestic
Limbah ini mengandung bahan organik yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan limbah cair.
- d. Limbah laboratorium



Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses.

IX.2 Macam-macam Limbah

IX.2.1 Limbah Cair

a. Limbah Domestik

Limbah domestic merupakan pembuangan air yang berasal dari perumahan karyawan, antin, musholla, keperluan kantor dan pabrik lainnya seperti pécucian, air masak dan lain-lain.

Penanganan limbah ini tidak memerlukan penanganan khusus karena limbah rumah tangga dan lainnya tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Namun perlu diperhatikan kapasitas buangan yang diizinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.

b. Limbah Laboratorium dan Limbah Cair dari Proses

Secara umum air limbah yang berasal dari setiap kegiatan di pabrik pupuk ammonium sulfat ini harus diolah agar dapat dibuang ke lingkungan dengan kisaran parameter air yang sesuai dengan peraturan pemerintah.

Adapun langkah-langkah proses waste water treatment adalah sebagai berikut:

1. Kolam Anaerobik

Didalam kolam uplow anaerobic sludge blanket (USAB) ini, air limbah dari dasar kolam naik melewati lumpur



anaerobic dalam bentuk pellet/granular. Setelah itu, air limbah mengalir melalui separator 3 fasa (air-lumpur-biogas) yang ada pada bagian atas kolam untuk memisahkan larutan dengan biogas, sedangkan lumpur bakterikeluar dari blanket yang kemudian kembali ke kolam.

Efluent kolam anaerobic mengalir ke unit fakultatif, dimana BOD dan COD air limbah diturunkan lebih lanjut sampai batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Biogas yang terbentuk dari kolam anaerobic dibakar.

2. Kolam Fakultatif

Unit proses fakultatif berfungsi untuk menguraikan kandungan bahan pencemar organik yang masih mengandung senyawa organik karbon (BOD dan COD) yang cukup tinggi yaitu 250 – 400 mg/liter, sehingga memenuhi persyaratan influent untuk diolah pada unit proses fakultatif.

Desain teknis unit proses fakultatif ini pada umumnya berbentuk kolam penampungan yang menerima influent leachate dari unit proses anaerobic. Desain untuk bak ini berupa kolam penampungan yang berbentuk persegi panjang dengan kedalaman 1-2 meter. Dari unit ini selanjutnya leachate dialirkan ke unit proses pengolahan aerobik dengan sistem pengaliran secara gravitasi.

3. Kolam Aerobik

Kolam aerobik berfungsi menguraikan bahan organik yang terdapat pada lumpur tinja dengan menggunakan bakteri pengurai aerob yang dibiakkan dengan tekanan udara yang dihasilkan oleh komposer yang bertujuan untuk memasukan oksigen (secara mekanis maupun



alami).

Dalam kolam ini air limbah yang keluar dari kolam fakultatif diolah dengan menggunakan mikroorganisme aerobik. Aerasi diperlukan pada unit ini untuk keperluan mikroorganisme. Dalam unit ini senyawa-senyawa dalam air limbah diubah menjadi mikroba baru dan senyawa yang lebih sederhana.

IX.2.2 Limbah Padat

Limbah padat dari toilet diolah di septic tank dan dikirim ke perusahaan pengelola limbah lanjut.

IX.2.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Pengolahan Limbah B3 adalah proses untuk mengurangi dan/atau menghilangkan sifat bahaya dan/atau sifat racun. Upaya pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan melaksanakan konsep 4R, yaitu:

- *Reduce*, minimalisasi sampah dari sumber
- *Reuse*, memanfaatkan kembali sampah
- *Recovery*, melakukan upaya untuk perolehan kembali bahan bahan yang berguna.
- *Recycle*, melakukan pemrosesan sehingga menghasilkan produk lainnya.

IX.2.4 Limbah Gas

Limbah ini berasal dari proses produksi berupa bahan-bahan sisa dari hasil proses yang tidak dipergunakan, Pada pabrik ammonium sulfat ini limbah gas di keluarkan menggunakan



exhauster ke udara bebas. Terdapat alat berupa wet cyclone yang berfungsi untuk menangkap sisa ZA yang terbawa oleh udara basah dari rotary dryer.

Alat yang digunakan adalah irrigate Cyclone Cyclonic Spray, digunakan untuk mencuci gas yang berasal dari rotary dryer. Alat ini memiliki konstruksi bagian inlet gas dibuat pada posisi tangensial terhadap silinder cyclone sehingga gas yang diserap oleh fan mengalir secara turbulen dan akan bersinggungan dengan dinding silinder cyclone. Hal ini menyebabkan gas yang mengalir bertambah kecepatan alirannya.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH_3) dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Proses Netralisasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik Amonium Sulfat dari Amonia (NH_3) dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Proses Netralisasi adalah sebesar 610 ton/hari atau 200.000 ton/tahun.
2. Bahan baku yang digunakan adalah Amonia (NH_3) sebesar 146937 kg/hari dan Asam Sulfat (H_2SO_4) sebesar 472104 kg/hari.
3. Proses pembuatan Amonium Sulfat dengan Proses Netralisasi diperlukan beberapa tahapan proses antara lain:
 - a. Tahap Netralisasi dan Kristalisasi
untuk mereaksikan ammonia dengan asam sulfat dan memekatkan ammonium sulfat yang terbentuk. Suhu reaksi dijaga pada rentang $105^\circ\text{C} - 106^\circ\text{C}$.
 - b. Tahap pemisahan kristal
Untuk memisahkan kristal dari larutannya. Kristal basah yang telah terpisah ditampung di dalam mother liquor tank.
 - c. Tahap Pengeringan
Untuk mengeringkan produk kristal, kristal basah dari belt conveyor diteruskan ke screw conveyor kemudian dikeringkan ke dalam rotary dryer sehingga kadar H_2O maksimal 1%.
 - d. Tahap Penampungan Produk
Produk ammonium sulfat yang keluar dari rotary dryer dilewatkan bucket elevator lalu dikirim ke hopper untuk diteruskan ke belt conveyor dan akhirnya ditampung dalam sebuah bin.



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	m	Massa	Kg
2.	T	Suhu	°C/°K
3.	Cp	Kapasitas panas	Kkal/mol K
4.	n	Mol	mol
5.	ΔH	Entalpi panas	Kkal
6.	ΔH_f	Entalpi pembentukan	Kkal/mol
7.	ΔH_p	Entalpi produk	Kkal
8.	H	Entalpi	Kkal
9.	Hv	Entalpi vapor	Kkal/Kg
10.	Hl	Entalpi liquid	Kkal/Kg
11.	ms	Massa steam	Kg
12.	Q	Panas	Kkal
13.	ρ	Massa jenis	Kg/m ³
14.	R	Jari – jari	m
15.	D	Diameter	m
16.	H	Tinggi	m
17.	P	Tekanan	atm
18.	V	Volume	m ³
19.	A	Luas perpindahan panas	ft ²
20.	f	Faktor friksi	ft ² /in ²
21.	C	Faktor korosi	-
22.	Ts	Tebal tangki	in
23.	Th	Tebal tutup atas	in

DAFTAR PUSTAKA

- Alsop, P. A. (1998). *Cement Plant Operation Handbook*.
United Kingdom: Tradeship Publications Ltd.
- Alfred, Smith (1979). Assistance for The Utilization of Phosphogypsum by Product Syrian Arab Republic.
- Brown, G. G. *Unit Operations*. New Dehli: CBS.
- Brownell, Young. (1959). *Process Equipment Design*. New York:
John Wiley & Sons, Inc.
- Cochez, E & Wouter . (2010). *Energy Technology Systems Analysis Programme*.
- Committee, E. (2000). *European Standard*. CEN.
- Committee, A. *Guide for the Use of Silica Fume in Concrete*.
- Gael, D. U. (1984). *A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*. New York: John Wiley & Sons,
Inc.
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Process and Separation Process Principles*. New Jersey: Pearson Education.
- Hidayat, S. (2009). *Semen dan Jenis Aplikasinya*. Jakarta : PT. Kawan Pustaka.
- Himmelblau, D. M. (1996). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering 6th Edition*. Austin, Texas: Prentice Hall PTR.
- Kawaratani, R. (1979). *Fly Ash Structural Fill Handbook*. GAI CONSULTANS, INC.
- Kern, D.Q.(1965). *Process Heat Transfer*. Japan: McGraw Hill

- Kirk, R. (1979). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Taiwan: John Wiley & Sons, Inc.
- Kousalya, P. Rajakarthiskeyan, K. Janani, B. (2014). Production Process of Cement in India. *International Journal of Scientific Research* .
- Laintarawan, I. P. (2009). *Buku Ajar Konstruksi Beton I*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- Lloyd E Brownell, Edwin H Young. (1959). *Process Equipment Design* . New York: Johny Wiley & Sons, INC.
- Mahfud, M. (2018). *Industri Kimia Industri*. Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- McCabe, W. L. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. Singapore: Mc Graw-Hill. Inc.
- Peray, K. E. (1979). *Cement Manufacturer's Handbook*. New York: Chemical Publishing Co., Inc.
- Perry, R. H. (1997). *Perry's Chemical Engineer's Handbook 7th edition*. USA: Donnelley & Sons Company.
- Rahma, R. Dwi, F. Purwo, J. (2015). Studi Awal Desain Pabrik Semen Portland. *Jurnal Teknik ITS* .
- Robert H, P. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook 8th edition*.
- Schmidt, Alfred. (1979). *Assistance for The Utilization of Phospogypsum*. Syrian Arab Republic: UNIDO
- SNI. (2004). Semen Portland.
- SNI. (2004). *Semen Portland Komposit*. SNI Indonesia.
- Sukandarrumidi. (2009). *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press.
- Timmerhaus, Max. (1991). *Plant Design and Economic for*

Chemical Engineers. USA: McGraww Hill
Ullman. (1989). *Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
USA: Bayer Material Science
UNIDO, IFDC. (1979). *Fertilizer Manual*. Netherlands:
Kluwer
Academic Publishers.
Witt, J. (1966). *Portland Cement Technology secon edition*.
New
York: Chemical Publishing Company, INC.

APPENDIX A NERACA MASSA

Kapasitas Produksi	: 200.000 ton/tahun
	: 610 ton/hari
Bahan Baku NH ₃	: 146937 kg/hari
Bahan Baku H ₂ SO ₄	: 472104 kg/hari
Waktu Operasi	: 330 hari
Basis Waktu	: 1 hari
Satuan Massa	: kg

Untuk memproduksi sebesar 610.000 kg/hari dapat dihasilkan dengan rincian sebagai berikut :

Data berat molekul komponen :

Komponen	BM (Kg/Kmol)
NH ₃	17.03
H ₂ SO ₄	98.08
(NH ₄) ₂ SO ₄	132.14
H ₂ O	18.02

(sumber : Perry's Table 2-1)

1. VAPORIZER (V-110)

Fungsi: untuk mengubah fase NH₃ cair menjadi NH₃ gas

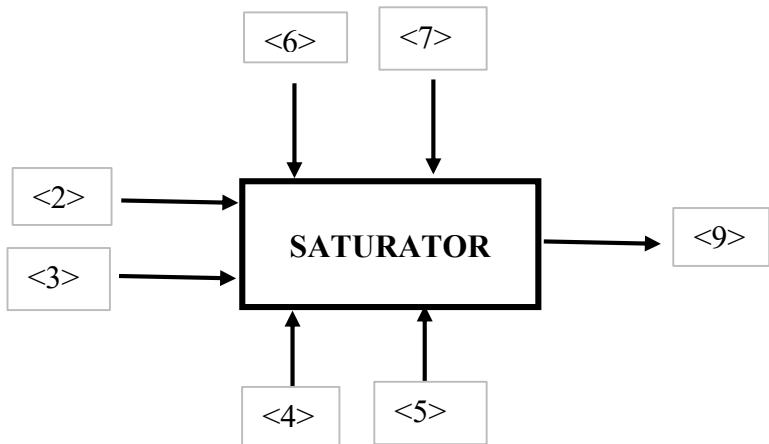


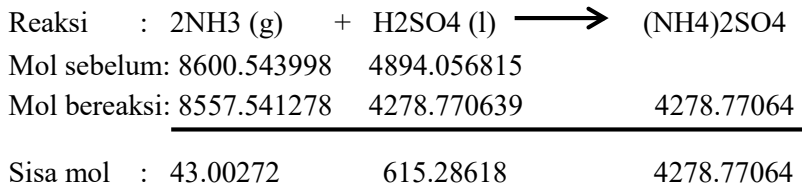
Tabel A.1. Neraca Massa pada Vaporizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
<u>Aliran <1></u>		<u>Aliran <2></u>	
NH ₃ (liquid)	145468	NH ₃ (g)	145468
H ₂ O (liquid)	1469.3713	H ₂ O (g)	1469.3713
Total	146937.13	Total	146937.13

2. SATURATOR (R-210)

Fungsi: Mereaksikan NH₃ dan H₂SO₄ hingga terbentuk kristal ZA





Jumlah NH₃ = 146467 kg

Massa Relatif NH₃ = 17.08 kg/mol

Mol NH₃ = 8600.543998 mol

Jumlah H₂SO₄ = 480009.0924 kg

Massa Relatif H₂SO₄ = 98.08 kg/mol

Mol H₂SO₄ = 4894.056815 mol

Sisa H₂SO₄ = 615.28618 kg

Mr H₂SO₄ = 98.08 kg/mol

Massa H₂SO₄ = 60347.27 mol

Sisa NH₃ = 43.00272 mol

Mr NH₃ = 17.08 kg/mol

Massa NH₃ = 732.3363 kg

Mol (NH₄)₂SO₄ = 4278.77064 mol

Mr (NH₄)₂SO₄ = 132.14 kg/mol

Massa (NH₄)₂SO₄ = 565396.752 kg

Tabel A.2. Neraca Massa pada Saturator

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran <2>		Aliran <7>	
NH ₃	145468	NH ₃ (gas)	732
H ₂ O	1469	H ₂ O (gas)	2603.93
Aliran <3>		Udara	1000
H ₂ SO ₄	462661.8899	Aliran <9>	
H ₂ O	9442.079385	(NH ₄) ₂ SO ₄	760353.9272
Aliran <4>		H ₂ SO ₄	60347.268
Udara	1000	H ₂ O (liquid)	13792.842
Aliran <5>			
(NH ₄) ₂ SO ₄	194957.1749		
H ₂ SO ₄	17347.2025		
H ₂ O	4985.466107		
Aliran <6>			
NH ₃	999.5051655		
H ₂ O	499.8546613		
Total	837,830	Total	837,830

3. KONDENSOR (E-211)

Fungsi: Alat untuk mengkondensasikan uap keluar dari saturator



Tabel A.3 Neraca Massa pada Kondensor

Masuk		Keluar	
Aliran <7>		Aliran <8>	
NH ₃	732	NH ₃	732
H ₂ O	2604	H ₂ O	2604
Total	3336.2663	Total	3336.2663

3. CENTRIFUGE (H-220)

Fungsi: Memisahkan antara padatan Amonium Sulfat dengan Mother Liquor



Padatan yang keluar = 0.75 berat

Sisa Mother Liquor = 0.25 berat

Tabel A.4 Neraca Massa pada Centrifuge

Masuk		Keluar	
Aliran <9>		Aliran <11>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	760353.9272	(NH ₄) ₂ SO ₄ (s)	570265.445
H ₂ SO ₄	60347	H ₂ SO ₄	45260.4511
H ₂ O	13793	H ₂ O	10344.6311
		Aliran <10>	
		(NH ₄) ₂ SO ₄ (l)	190088.482
		H ₂ SO ₄	15086.817
		H ₂ O	3448.21038

Total	834494.037	Total	834494.037
--------------	-------------------	--------------	-------------------

5. SCREW CONVEYOR (J-225)

Fungsi: Menampung padatan Amonium Sulfat dan terjadi penambahan anti cacking



Tabel A.5 Neraca Massa pada Screw Conveyor

Masuk		Keluar	
Aliran <11>		Aliran <13>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.4454	(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.445
H ₂ SO ₄	45260.45107	H ₂ SO ₄	45260.4511
H ₂ O	10344.63113	Uresoft	625.870528
Aliran <12>		H ₂ O	10344.6311
Uresoft	625.8705276		
Total	626496.40	Total	626496.40

6. ROTARY DRYER (B-310)

Fungsi: Menurunkan kadar air pada kristal amonium sulfat



Perhitungan udara panas masuk :

$$T \text{ udara masuk} = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Kelembapan udara: 80 %

Dari humidity chart, didapatkan :

$$\text{Humidity udara masuk (H1)} = 0.031 \text{ kg uap air / kg udara kering}$$

$$\text{Kadar air dalam feed} = 0.01$$

$$\text{Kadar air dalam produk} = 0.001$$

Neraca massa komponen air:

$$G \times H1 + Ls \times X1 = G \times H2 + Ls \times X2$$

Komponen masuk:

$$(G \times H1) + (Ls \times X1) = 0.031 G + 6161.52$$

Komponen keluar:

$$(G \times H2) + (Ls \times X2) = G \times H2 + 609.381$$

Neraca massa komponen air :

$$0.031 G - G \times H2 = -5552.136688 \text{ (pers.1)}$$

Neraca Panas Rotary dryer

$$G \cdot H'G1 + Ls \cdot H's1 = G \cdot H'G2 + Ls \cdot H's2 + Q_{\text{loss}}$$

Komponen masuk :

Enthalpy udara panas masuk :

$$H'G1 = (1.005 + 1.88H) (Tg1 - T0) + H \lambda 0$$

(pers.9.10-24, Geankoplis hal 603)

$$H'G1 = 194.4918 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\text{Panas udara masuk} = 194.4918 G$$

Enthalpy feed masuk :

$$H's_1 = C_{ps} (T_s - T_0) + X_1 C_{PA} (T_s - T_0)$$

(pers.9.10-24, Geankoplis hal 603)

$$H's_1 = 30.3044 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\text{Panas feed masuk} = 18966630.82 \text{ KJ}$$

Menghitung Komponen keluar:

Enthalpy udara panas keluar :

$$H'G_2 = (1.005 + 1.88H) (T_{g2} - T_0) + H \lambda_0$$

$$H'G_2 = 60.3 + 113 H_2 + 2501 H_2$$

$$\begin{aligned} \text{Panas udara masuk} &= G \times (60.3 + 113 H_2 + 2501 H_2) \\ &= 60.3 G + 2613.8 G H_2 \end{aligned}$$

Enthalpy produk keluar :

$$H's_2 = C_{ps} (T_s - T_0) + X_1 C_{PA} (T_s - T_0)$$

$$H's_2 = 21.735175$$

$$\text{Panas produk keluar} : 13245002.29 \text{ KJ}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 10 \% \times \text{enthalpy udara panas masuk} \\ &= 19.44918 G \end{aligned}$$

Neraca panas rotary dryer :

$$\begin{aligned} G \cdot H'G_1 + L_s \cdot H's_1 &= G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_2 + Q_{\text{loss}} \\ 194.4918 G + 18966630.82 &= 60.3 G + 2613.8 G H_2 + \\ &13245002.29 + 19.44918 G \\ 114.743 G - 2613.8 G H_2 &= -5721629 \text{ (Pers.2)} \end{aligned}$$

Eliminasi pers. 1 dan 2 :

$$0.031 G - G H_2 = -5721629$$

$$114.743 G - 2613.8 G H_2 = -5721629$$

$$(-82.7967) G + 1583.27 G H_2 = 0$$

$$H_2 = 0.05229 \text{ kg uap air / kg udara kering}$$

rate udara panas :

substitusi ke pers.1 :

$$0.031 G - G H_2 = -5552.14$$

$$G = 260729 \text{ kg/hari}$$

Tabel A.6 Neraca Massa pada Rotary Dryer

Masuk		Keluar	
Aliran <13>		Aliran <15>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	570265.4454	(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.791
H ₂ SO ₄	45260.45107	H ₂ SO ₄	44807.8466
Uresoft	625.8705276	Uresoft	619.611822
H ₂ O	10344.63113	H ₂ O	10.3446311
		Aliran <14>	
		(NH ₄) ₂ SO ₄	5702.65445
		H ₂ SO ₄	452.604511
		H ₂ O	10334.2865
		Uresoft	6.25870528
Total	626496.398	Total	626496.398

7. WET CYCLONE (H-320A)

Fungsi: Menangkap debu-debu amonium sulfat yang terbawa di udara



Tabel A.7 Neraca Massa pada Wet Cyclone A

Masuk		Keluar	
Aliran <14>		Aliran <17>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	5702.654454	(NH ₄) ₂ SO ₄	4562.12356
H ₂ SO ₄	452.6045107	H ₂ SO ₄	362.083609
H ₂ O	10334.2865	H ₂ O	4787.11811
Aliran <16>		Aliran <18>	
H ₂ O (liquid)	4787.118114	(NH ₄) ₂ SO ₄	1140.53089
		H ₂ SO ₄	90.5209021
		H ₂ O	10334.2865
Total	21276.6636	Total	21276.6636

8. WET CYCLONE (H-320B)

Fungsi: Menyaring debu-debu yang belum terolah di Wet Cyclone A



Tabel A.8 Neraca Massa pada Wet Cyclone B

Masuk		Keluar	
Aliran <18>		Aliran <20>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	1140.530891	(NH ₄) ₂ SO ₄	1129.12558
H ₂ SO ₄	90.52090215	H ₂ SO ₄	89.6156931
H ₂ O	10334.2865	H ₂ O	1184.81173
Aliran <19>		Aliran <21>	
H ₂ O (liquid)	1184.811733	(NH ₄) ₂ SO ₄	11.4053089
		H ₂ SO ₄	0.90520902
		H ₂ O	10334.2865
Total	12750.15	Total	12750.15

9. DISSOLUTION TANK (F-322)

Fungsi: Memanaskan larutan mother liquor supaya suhunya sama saat masuk mother liquor tank



Tabel A.9. Neraca Massa pada Dissolution Drum

Masuk		Keluar	
Aliran <17>		Aliran <22>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	4562.123563	(NH ₄) ₂ SO ₄	5691.249145
H ₂ SO ₄	362.0836086	H ₂ SO ₄	451.6993017
H ₂ O	4787.118114	H ₂ O	5971.929848
Aliran <20>			
(NH ₄) ₂ SO ₄	1129.125582		
H ₂ SO ₄	89.61569313		
H ₂ O	1184.811733		
Total	12114.8783	Total	12114.8783

10. MOTHER LIQUOR TANK (F-222)

Fungsi: Menampung mother liquor yang berasal dari centrifuge dan dissolution drum



Tabel A.10. Neraca Massa pada Mother Liquor Tank

Masuk		Keluar	
Aliran <10>		Aliran <5>	
(NH ₄) ₂ SO ₄	190088.4818	(NH ₄) ₂ SO ₄	194957.175
H ₂ SO ₄	15086.81702	H ₂ SO ₄	17347.2025
H ₂ O	3448.210376	H ₂ O	4985.46611
Aliran <22>			
(NH ₄) ₂ SO ₄	5691.249145		

H ₂ SO ₄	451.6993017		
H ₂ O	5971.929848		
Total	220738.387	Total	220738.387

11. KONDENSAT TANK (F-212)

Fungsi: Menampung air kondensat yang berasal dari kondensor



Tabel A.11. Neraca Massa pada Kondensat Tank

Masuk		Keluar	
Aliran <8>		Aliran <6>	
NH ₃	1,000	NH ₃	999.50516
			6
			499.85466
H ₂ O	500	H ₂ O	1
Total	1499.35983	Total	1499.3598
			3

12. BUCKET ELEVATOR (J-311)

Fungsi: Memindahkan produk akhir ammonium sulfat ke hopper storage



Tabel A.12. Neraca Massa pada Bucket Elevator

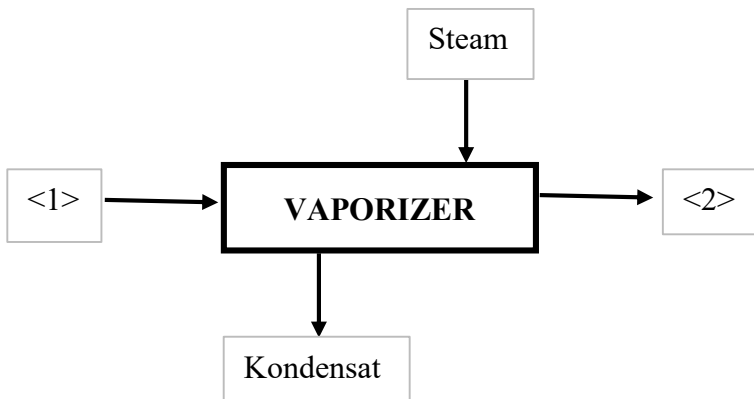
Masuk		keluar	
Aliran <15>		Storage	
(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.7909	(NH ₄) ₂ SO ₄	564562.7909
H ₂ SO ₄	44807.84656	H ₂ SO ₄	44807.84656
Uresoft	619.6118223	Uresoft	619.6118223
H ₂ O	10.34463113	H ₂ O	10.34463113
Total	610000.5939	Total	610000.5939

APPENDIX B NERACA ENERGI

Kapasitas Produksi	: 200.000 ton/tahun
	: 610 ton/hari
Bahan Baku NH ₃	: 146937 kg/hari
Bahan Baku H ₂ SO ₄	: 472104 kg/hari
Waktu Operasi	: 330 hari
Basis Waktu	: 1 hari
Satuan energi	: kkal
Suhu Reference	: 25 °C

1. VAPORIZER (V-110)

Fungsi: untuk mengubah fase NH₃ cair menjadi NH₃ gas



Menghitung ΔH masuk :

$$T_{in} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ NH}_3 \text{ (l) pada suhu } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.52 \text{ Kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O pada suhu } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.9987 \text{ Kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

(Geankoplis, fig. A.2-5)

Komponen	Massa (Kg)	C_p (Kkal/kg $^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	ΔH (Kkal)
NH ₃ (l)	145,468	0.52	5	378216.174
H ₂ O	1,469	0.9987	5	7337.30561
Total	146,937			385553.479

Menghitung ΔH keluar :

$$T_{out} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ NH}_3 \text{ (g) pada suhu } 105 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.55 \text{ Kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O pada suhu } 105 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.45 \text{ Kkal/kg } ^\circ\text{C}$$

(Geankoplis, fig. A.2-5)

Komponen	Massa (Kg)	C_p (Kkal/kg $^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	ΔH (Kkal)
NH ₃ (l)	145,468	0.55	80	6400581.4
H ₂ O	1,469	0.45	80	52897.367
Total	146,937			6453478.77

Menghitung energi penguapan (ΔH_v) :

$$\Delta H_v = C_1 \times (1 - T_r)^{C_2 + C_3 \times T_r} + C_4 \times T_r \times T_r$$

Data T_c diambil dari Himmelblau, tabel D.1

Data C_1 - C_4 diambil dari Perry, tabel 2.193

Komp.	Tc (K)	Tr = T/Tc	C1	C2	C3	C4
NH3	405.5	0.932182491	31523000	0.3914	-0.2289	0.23
H2O	647.4	0.583873957	52053000	0.3199	-0.212	0.25

$$\begin{aligned} \Delta H_v : & \quad 11402732.23 \quad \text{J/kmol} \\ & \quad 2725.318411 \quad \text{kkal/kmol} \\ & \quad 160.3128477 \quad \text{kkal/kg} \\ \Delta H_v \text{ NH}_3 : & \quad 23320350.71 \quad \text{kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_v : & \quad 40673939.89 \quad \text{J/kmol} \\ & \quad 9721.304944 \quad \text{kkal/kmol} \\ & \quad 540.0724969 \quad \text{kkal/kg} \\ \Delta H_v \text{ H}_2\text{O} : & \quad 793567.0292 \quad \text{kkal} \end{aligned}$$

$$\Delta H_v \text{ Total} : \quad 24113917.74 \quad \text{kkal}$$

Menghitung jumlah steam yang dibutuhkan :

Kondisi : P = 10 kg/cm²

T = 180 °C

T (°C)	Hv (kJ/kg)	HI (kJ/kg)	λ (kJ/kg)	λ
				(kkal/kg)
180	2778.2	763.2	2015	482.1

(Geankoplis, fig. A.2-9)

$$Q_{\text{supply}} = m_s \times \lambda = 482.1 \text{ ms}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}} = 24.105 \text{ ms}$$

Neraca energi total :

$$\begin{aligned} \text{Energi masuk} &= \text{Energi keluar} \\ \Delta H \text{ masuk} + Q_{\text{supply}} &= \Delta H \text{ keluar} + \Delta H_v + Q_{\text{loss}} \\ 385553.4793 + 482.1 \text{ ms} &= 30567396.5 + 24.105 \text{ ms} \\ \text{ms} &= 65899.94 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{supply}} &= m_s \times \lambda \\ &= 482.1 \text{ ms} \\ &= 482.1 \times 65899.94 = 31770361.08 \text{ kkal} \end{aligned}$$

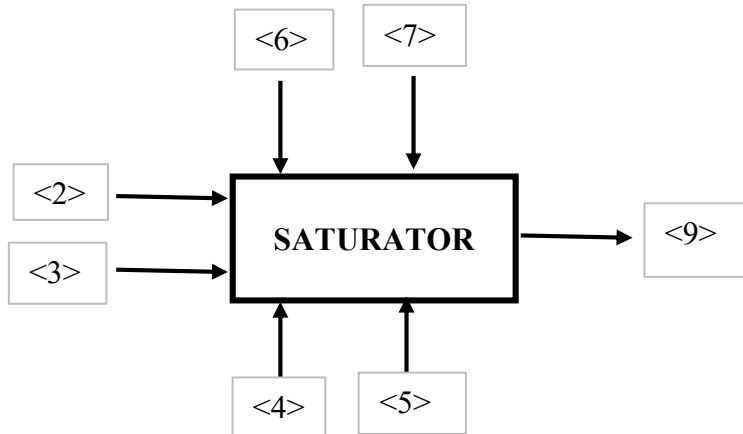
$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supply}} \\ &= 24.105 \text{ ms} \\ &= 24.105 \times 65899.94 = 1588518.054 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Tabel B.1. Neraca energi pada Vaporizer

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <1>$	385553.4793	$\Delta H <2>$	6453478.77
		ΔH_v	24113917.7
Q_{supply}	31770361.08	Q_{loss}	1588518.05
Total	32155914.6	Total	32155914.6

2. SATURATOR (R-210)

Fungsi: Mereaksikan NH_3 dan H_2SO_4 hingga terbentuk kristal ZA



Menghitung ΔH masuk:

Menghitung energi yang terkandung dalam $\text{NH}_3(\text{g})$ (ΔH_2):

$$\Delta H = m \times c \times \Delta T$$

$$T_{\text{in}} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{reference}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Komp	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ$ C	$^\circ\text{C}$	kkal
NH3 (g)	145,468	0.55	80	6400581.4
H2O (g)	1,469	1	80	117549.704
Total	146,937			6518131.11

Menghitung energi yang terkandung dalam H₂SO₄ (ΔH_3):

T_{in} = 34 °C

T_{reference} = 25 °C

Komponen	Massa	C _p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg ^o C	°C	kkal
H ₂ SO ₄ (l)	462,662	0.35	9	1457384.95
H ₂ O (l)	9,442	0.9987	9	84868.2421
Total	472,104			1542253.2

Menghitung energi yang terkandung dalam Udara (ΔH_4):

T_{in} = 40 °C

T_{reference} = 25 °C

Komponen	Massa	C _p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg ^o C	°C	kkal
Udara	1,000	0.2414	15	3621

Menghitung energi yang terkandung dalam mother liquor (ΔH_5):

T_{in} = 80 °C

T_{reference} = 25 °C

Komponen	Massa	C _p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg ^o C	°C	kkal
H ₂ SO ₄ (l)	17,347	0.37	55	353015.571
H ₂ O (l)	4,985	1.0029	55	274995.818
(NH ₄) ₂ SO ₄	194957.1749	0.3909	55	4191481.78
Total	217,290			4819493.17

Menghitung energi yang terkandung dalam kondensat (ΔH_6):

$T_{in} = 89\text{ }^\circ\text{C}$

$T_{reference} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

Komponen	Massa	C_p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kkal
NH ₃	1,000	0.53	64	33903.2152
H ₂ O	500	1.005	64	32150.6518
Total	1499			66053.867

Menghitung ΔH keluar:

Menghitung energi yang terkandung dalam uap air (ΔH_7):

$$\Delta H = (m \times c \times \Delta T) + (m \times \lambda)$$

$T_{out} = 105\text{ }^\circ\text{C}$

$T_{reference} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

Komponen	Massa	C_p	ΔT	λ	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kkal/kg	kkal
H ₂ O	2604	1	80	536.76	1605999.839

Menghitung ΔH keluar:

Menghitung energi yang terkandung dalam NH₃ (ΔH_7):

$T_{out} = 105\text{ }^\circ\text{C}$

$T_{reference} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

Komponen	Massa	C_p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kkal
NH ₃	732	0.55	80	32222.7981

Menghitung energi yang terkandung dalam udara (ΔH_7):

$$T_{\text{out}} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{reference}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kkal
Udara	1,000	0.2414	80	19312

Menghitung energi yang terkandung dalam Slurry ZA (ΔH_8):

$$T_{\text{out}} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{reference}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

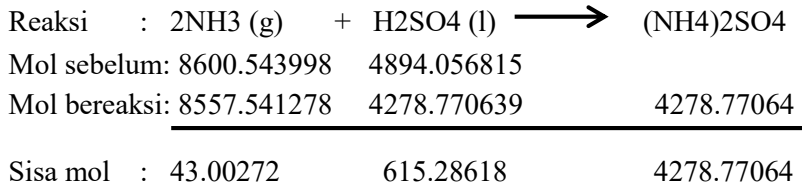
Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kkal
H ₂ SO ₄ (l)	60,347	0.37	80	1786279.14
H ₂ O (l)	13,793	0.45	80	496542.294
(NH ₄) ₂ SO ₄	760353.9272	0.3909	80	23777788
Total	834,494			26060609.4

Data panas pembentukan :

Senyawa	ΔH_f (kkal/g.mol)
NH ₃ (g)	-11040
H ₂ SO ₄ (l)	-193910
(NH ₄) ₂ SO ₄ (s)	-281860

(Hougen, Tabel 29 hal 295)

Menghitung panas reaksi (ΔH reaksi) :



Komponen	koefisien	kgmol	$\Delta H^{\circ} f$	H (kkal)
			kkal/kg $^{\circ}C$	
NH ₃ (g)	2	8557.541278	-11040	-188950511
H ₂ SO ₄ (l)	1	4278.770639	-193910	-829696415
(NH ₄) ₂ SO ₄ (s)	1	4278.770639	-281860	-1.206E+09
ΔH_{25}				-187367366

$$\Delta H \text{ reaktan} = (m\text{NH}_3 \times c_p \times \Delta T) + (m\text{H}_2\text{SO}_4 \times c_p \times \Delta T)$$

Komponen	Massa	C _p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kkal
NH ₃	146,467	0.55	-80	-6444559.6
H ₂ SO ₄	480,009	0.35	-9	-1512028.6
ΔH Reaktan				-7956588.3

$$\Delta H \text{ produk} = (m(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times c_p \times \Delta T)$$

Komponen	Massa	C _p	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kkal
(NH ₄) ₂ SO ₄	565,397	0.3909	80	17681087.2

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ reaksi total} &= \Delta H_{25} + \Delta H_p + \Delta H_R \\ &= -177642867.3 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

Menghitung jumlah kebutuhan air pendingin :

Suhu air masuk = 30 °C

Beda suhu 19 °C

Suhu air keluar = 49 °C

T reference = 25 °C

Cp air = 0.9987

Energi (Q) yang diserap air pendingin pada suhu 30°C

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$
$$= 4.9935 m$$

Energi (Q) yang diserap air pendingin pada suhu 49°C

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$
$$= 23.9688 m$$

Q serap total = 28.9623 m

Neraca energi total :

ΔH bahan masuk + ΔH reaksi = ΔH bahan keluar + Q serap

$$190592419.7 = 27718144.08 + 28.9623 m$$

$$m = 5623665.095 \text{ kg/hari}$$

Q serap total = 28.9623 m

$$= 28.9623 \times 5623665.095$$

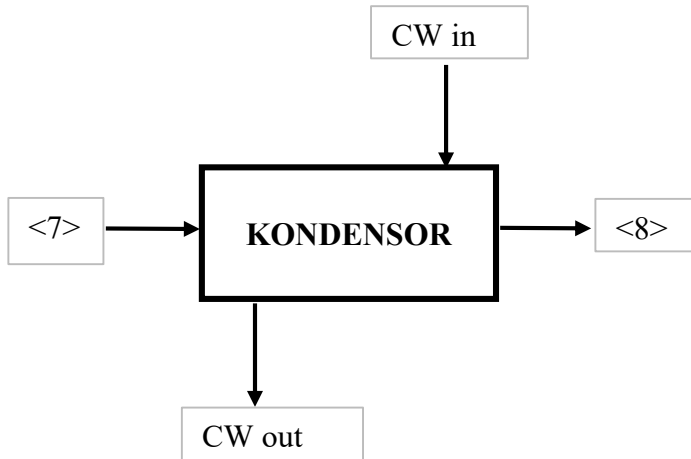
$$= 162874275.6 \text{ kkal/hari}$$

Tabel B.2. Neraca energi pada Saturator

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <2>$	6518131.106	$\Delta H <7>$	1657534.637
$\Delta H <3>$	1542253.195	$\Delta H <9>$	26060609.44
$\Delta H <4>$	3621		
$\Delta H <5>$	4819493.17		
$\Delta H <6>$	66053.86703		
ΔH reaksi	177642867.3	Q Serap	162874275.6
Total	190592420	Total	190592420

3. KONDENSOR (E-211)

Fungsi: Alat untuk mengkondensasikan uap keluar dari saturator



Menghitung energi masuk :

Panas Latent pada uap air :

$$\Delta H_v = C_1 \times (1 - T_r)^{C_2 + C_3 \times T_r} + C_4 \times T_r \times T_{rv}$$

Data T_c diambil dari Himmelblau, tabel D.1

Data C_1 - C_4 diambil dari Perry, tabel 2.193

Komp.	T_c (K)	$T_r = T/T_c$	C_1	C_2	C_3	C_4
H ₂ O	647.4	0.583873957	52053000	0.3199	0.212	0.25

$$\begin{aligned}\Delta H_v &= 40673939.89 \text{ J/kmol} \\ &= 9721.304944 \text{ kkal/kmol} \\ &= 540.0724969 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

Menghitung energi yang terkandung dalam uap air :

$$\Delta H = (m \times c \times \Delta T) + (m \times \lambda)$$

$$T_{in} = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{reference} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	λ	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal/kg	kkal
H2O	2,604	1	80	540.0725	1614625.349

Menghitung energi yang terkandung dalam NH₃(g):

$$T_{in} = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{reference} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal
NH ₃	732	0.55	80	32222.7981

Menghitung energi keluar :

Menghitung energi yang terkandung dalam kondensat:

$$\Delta H = (m \times c \times \Delta T)$$

$$T_{out} = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{reference} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal
NH ₃	732	0.53	80	31051.06
H ₂ O	2,604	1.005	80	209355.968
Total	3,336			240407.028

Menghitung jumlah kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu air masuk} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Beda suhu} = 12.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu air keluar} = 42.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{reference} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ air} = 0.9987$$

Energi (Q) yang diserap air pendingin pada suhu 30°C

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 4.9935 \text{ m}$$

Energi (Q) yang diserap air pendingin pada suhu 42.5°C

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 17.47725 \text{ m}$$

$$Q \text{ serap total} = 12.48375 \text{ m}$$

Neraca energi total :

$$\Delta H \text{ bahan masuk} + \Delta H \text{ reaksi} = \Delta H \text{ bahan keluar} + Q \text{ serap}$$

$$1646848.147 = 240407.0384 + 12.48375 \text{ m}$$

$$m = 112661.7498 \text{ kg/hari}$$

$$Q \text{ serap total} = 28.9623 \text{ m}$$

$$= 28.9623 \times 112661.7498$$

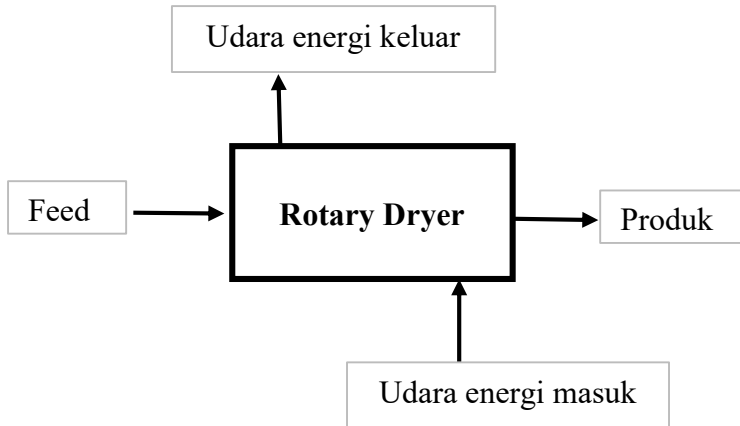
$$= 1406441.119 \text{ kkal/hari}$$

Tabel B.3 Neraca energi pada Kondensor

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <7>$	1646848.147	$\Delta H <8>$	240407.0384
		Qserap	1406441.119
Total	1646848.147	Total	1646848.147

4. ROTARY DRYER (B-310)

Fungsi: Menurunkan kadar air pada kristal amonium sulfat



Menghitung ΔH masuk:

a. energi yang dibawa udara masuk

Enthalpy udara energi masuk :

$$H'G1 = (1.005 + 1.88H) (Tg1 - T0) + H \lambda 0$$

(pers.9.10-24, Geankoplis hal 603)

T udara masuk = 110 °C

$\lambda 0 = 2501$

G = 260729.6 kg/hari (dari perhitungan nermas)

Kelembapan udara: 80%

Dari humidity chart, didapatkan :

Humidity udara masuk (H_1) = 0.031 kg uap air / kg udara kering

(geankoplis, p.568)

maka, enthalpy udara energi masuk:

$H'G1 = 194.4918$ kJ/kg udara kering

Energi udara masuk = 50709769.22 KJ

$$= 12119634.84 \text{ kkal}$$

b. Energi yang dibawa feed

Enthalpy feed masuk :

$$H's_1 = C_{ps} (T_s - T_0) + X_1 C_{PA} (T_s - T_0)$$

(pers.9.10-24, Geankoplis hal 603)

$$T \text{ feed in} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X_1 = 0.01$$

$$C_p \text{ kristal ZA} = 0.391 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pa} = 4.192$$

$$H's_1 = 30.3044 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi feed masuk} &= 18966630.82 \text{ KJ} \\ &= 4533024.765 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Menghitung ΔH masuk:

a. energi yang dibawa udara keluar

Enthalpy udara energi keluar :

$$H'G_2 = (1.005 + 1.88H) (T_{g2} - T_0) + H \lambda_0$$

(pers.9.10-24, Geankoplis hal 603)

$$T \text{ udara keluar} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\lambda_0 = 2501$$

$$G = 260729.6 \text{ kg/hari} \quad (\text{ dari perhitungan nermas})$$

Dari perhitungan nermas, humidity didapatkan :

$$\text{Humidity udara keluar (H}_2) = 0.052295 \text{ kg uap air / kg udara kering}$$

(geankoplis,p.568)

maka, enthalpy udara energi keluar:

$$H'G2 = 196.988671 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\text{Energi udara keluar} = 51360777.39 \text{ KJ}$$

$$= 12275225.8 \text{ kkal}$$

b. Energi yang dibawa produk

Enthalpy produk :

$$H's2 = C_{ps} (T_s - T_0) + X2 C_{PA} (T_s - T_0)$$

(pers.92.10-24, Geankoplis hal 603)

$$T \text{ produk} = 55 \text{ }^\circ\text{C} \qquad X2 = 0.001$$

$$C_p \text{ kristal ZA} = 0.391 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pa} = 4.185$$

$$H's2 = 21.735175 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\text{Energi produk} = 13245002.3 \text{ KJ}$$

$$= 3165555.55 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 10 \% \times \text{enthalpy udara energi masuk}$$

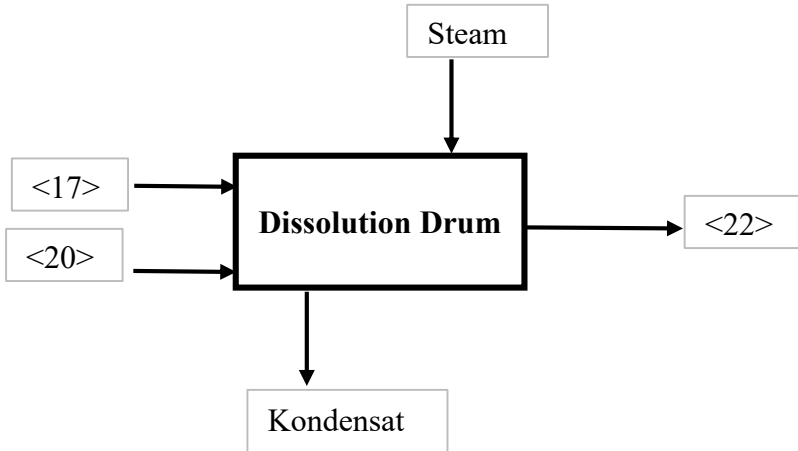
$$= 1211963.484 \text{ kkal}$$

Tabel IV.4 Neraca energi pada Rotary Dryer

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
ΔH Feed	4533024.765	ΔH produk	3165555.547
ΔH Udara	12119634.84	ΔH Udara	12275225.8
		Qloss	1211963.484
Total	16652659.61	Total	16652659.61

5. DISSOLUTION TANK (F-322)

Fungsi: Memanaskan larutan mother liquor supaya suhunya sama saat masuk mother liquor tank



Menghitung energi masuk:

Menghitung energi yang terkandung dalam aliran <17> :

$$T_{in} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 = 0.35 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 0.9992 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4 = 0.3909 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal
H ₂ SO ₄	362	0.35	25	3168.23158
H ₂ O	4787	0.9992	25	119582.21
(NH ₄) ₂ SO ₄	4562.123563	0.3909	25	44583.3525
Total	9711			167333.795

Menghitung energi yang terkandung dalam aliran <20> :

$$T_{in} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 = 0.34 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 0.99895 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0.3909 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal
H ₂ SO ₄	90	0.34	20	609.386713
H ₂ O	1185	0.99895	20	23671.3536
(NH ₄) ₂ SO ₄	1129.125582	0.3909	20	8827.5038
Total	2404			33108.2441

Menghitung energi keluar:

Menghitung energi yang terkandung dalam aliran

<22>:

$$T_{out} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 = 0.37 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 1.0029 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0.3909 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa	Cp	ΔT	ΔH
	(kg)	kkal/kg $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	kkal
H ₂ SO ₄	452	0.37	55	9192.08079
H ₂ O	5972	1.0029	55	329408.664
(NH ₄) ₂ SO ₄	5691.249145	0.3909	55	122359.011
Total	12115			460959.756

Menghitung jumlah steam yang dibutuhkan :

Kondisi : P = 10 kg/cm²

$$T = 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

T	Hv	HI	λ	λ
($^{\circ}\text{C}$)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kkal/kg)

180	2778.2	763.2	2015	482.1
-----	--------	-------	------	-------

(Geankoplis, fig. A.2-9)

$$Q_{\text{supply}} = m_s \times \lambda = 482.1 \text{ ms}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}} = 24.105 \text{ ms}$$

Neraca energi total :

Energi masuk = Energi keluar

$$\Delta H_{\text{masuk}} + Q_{\text{supply}} = \Delta H_{\text{keluar}} + \Delta H_v + Q_{\text{loss}}$$

$$200442.0387 + 482.1 \text{ ms} = 460960 + 24.105 \text{ ms}$$

$$m_s = 568.822 \text{ kg/hari}$$

$$Q_{\text{supply}} = m_s \times \lambda$$

$$= 482.1 \text{ ms}$$

$$= 482.1 \times 568.822 = 274229.1763 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}}$$

$$= 24.105 \text{ ms}$$

$$= 24.105 \times 568.822 = 13711.45882 \text{ kkal}$$

Tabel B.5. Neraca energi pada Dissolution Drum

Masuk (kkal)		Keluar (kkal)	
$\Delta H <17>$	167333.7946	$\Delta H <22>$	460959.756
$\Delta H <20>$	33108.24413		
Q_{supply}	274229.1763	Q_{loss}	13711.4588
Total	474671.22	Total	474671.22

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

1. POMPA

Fungsi: Untuk mentransportasikan asam sulfat dari tangki penampung ke saturator

Kondisi Operasi:

$P_1 = 1 \text{ atm}$
 $P_2 = 1 \text{ atm}$
Tipe = Centrifugal Pump

Data asam sulfat (H_2SO_4) :

Massa asam sulfat (H_2SO_4) yang itransportasikan ke saturator

Massa $\text{H}_2\text{SO}_4 = 472.104 \text{ kg/hari}$
 $= 19670,99872 \text{ kg/jam}$
 $\rho \text{ asam sulfat} = 1840 \text{ kg/m}^3$
 $= 114,9 \text{ lb/ft}^3$
 $= 0,016013925 \text{ kg/m.s}$

Rate Volumetrik V $= \frac{m}{\rho}$
 $= \frac{19670,99872 \text{ kg/jam}}{1840 \text{ kg/m}^3}$
 $= 10,69076017 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 0,178179336 \text{ m}^3/\text{menit}$
 $= 0,002969656 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 0,104873388 \text{ ft}^3/\text{s}$

Perhitungan Diameter Pipa

Asumsi : Aliran Turbulen : $N_{re} > 4100$

$$D_i \text{ Optimum} = 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \quad (\text{Timmerhouse, 2003})$$

Dimana :

$$Q = 0,002969656 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,104873388 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 1840 \text{ kg/m} = 114,9 \text{ lb/ft}^3$$

$$D_i \text{ Optimum} = 3,9 \times (0,104873)^{0,45} \times (114,9)^{0,13}$$

$$= 2,619422746 \text{ in}$$

$$= 3 \text{ in}$$

Dari App. 5 tabel A.5-1 (Geankoplis, 4th)

$$\text{Standarisasi ID} = 3 \frac{1}{2} \text{ in sch 40}$$

$$\text{Nom. Pipe size} = 3 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Sch. Number} = 40$$

$$\text{Diameter luar} = 4 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 3,548 \text{ in}$$

$$L. \text{ Alir/pipa, A} = 0,0687 \text{ ft}^2$$

Check Jenis Aliran

$$\text{Kecepatan Aliran, } v = \frac{0,104873388 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0687 \text{ ft}^2}$$

$$= 1,526541305 \text{ ft/s}$$

$$= 0,465595098 \text{ m/s}$$

$$N_{re} = \frac{\rho \times \text{ID} \times v}{\mu}$$

$$= \frac{1840 \times 0,09 \times 0,340}{0,016}$$

$$= 4814,718908$$

Perhitungan Friction Losses

1. Sudden Contraction

Friksi yang terjadi karena adanya perpindahan dari luas penampang besar ke luas penampang kecil

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$ (Geankoplis, 3th ed. P.98)

$$\begin{aligned}h_c &= K_c \times (v_2^2/2\alpha) \\K_c &= 0,55 \times (1 - A_2/A_1) \\&= 0,55 \times (1 - 0) \\&= 0,55\end{aligned}$$

Karena A_2 jauh lebih kecil daripada A_1 , maka A_2/A_1 , dianggap nol sehingga, harga $K_c = 0,55$

$$\begin{aligned}h_c &= 0,55 \times (465595^2/2 \times 1) \\&= 0,059614169 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

2. Friksi pada Pipa Lurus

Perhitungan panjang total pipa lurus :

$$\begin{aligned}\text{Panjang pipa dari tangki ke pompa} &= 2 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari pompa ke elbow 1} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari elbow 1 ke elbow 2} &= 13 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari elbow 2 ke elbow 3} &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari elbow 3 ke saturator} &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Panjang total pipa lurus} &= (2 + 1,5 + 13 + 4,5 + 1,5) \text{ m} \\ &= 22,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Friction Loss

Bahan pipa yang digunakan : Commercial Steel

Untuk pipa commercial steel, $\varepsilon = 0,000046 \text{ m}$ (Geankoplis, 3th ed., p94)

$$\text{ID} = 0,09 \text{ m}$$

$$\text{Panjang total pipa lurus} = 22,5 \text{ m}$$

$$\text{Nre} = 4814,718908 \text{ (Aliran turbulen)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Nilai } \varepsilon/D &= \frac{0,000046 \text{ m}}{0,09 \text{ m}} \\
&= 0,000511111 \text{ m} \\
&= 0,001 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dengan memplotkan harga ε/D dan N_{re} didapatkan faktor friksi:

$$f = 0,011 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3})$$

Sehingga friction loss:

$$\begin{aligned}
F_f &= \frac{4 f \times (\Delta L \times v^2)}{D \times 2} \\
&= \frac{4 \times 0,011 \times 22,5 \times (0,465595)^2}{0,09 \times 2} \\
&= 1,192283374 \text{ J/kg}
\end{aligned}$$

3. Friksi pada Elbow

Digunakan 4 buah elbow standar 90°

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, Table 2.10-1})$$

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$

Friksi pada elbow :

$$\begin{aligned}
h_f &= \frac{K_f \times v^2}{2\alpha} \quad (\text{Geankoplis, pers. 2.10-17}) \\
&= \frac{3 \times 0,465595^2}{2 \times 1} \\
&= 0,325168193 \text{ J/kg}
\end{aligned}$$

4. Friksi pada Valve

Digunakan 1 buah Gate Valve

$$K_f = 0,17 \quad (\text{Geankoplis, Table 2.10-1})$$

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$ (Geankoplis, 4th ed., p.98)

Friksi pada valve :

$$\begin{aligned}
h_f &= \frac{K_f \times v^2}{2\alpha} \\
&= \frac{0,17 \times 0,465494^2}{2 \times 1}
\end{aligned}$$

$$= 0,018426198 \text{ J/kg}$$

Digunakan 1 buah globe valve

$$K_f = 6$$

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$

Friksi pada Valve :

$$\begin{aligned} h_f &= K_f \times v^2 / 2\alpha \\ &= 6 \times 0,465595^2 \\ &\quad 2 \times 1 \\ &= 0,650336112 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } h_f &= 0,325168 + 0,018426 + 0,650336 \\ &= 0,993930503 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Friksi total pada pompa adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total } F &= h_c + F_f + \text{Total } H_f \\ &= 0,059164 + 1,192283 + 0,993931 \\ &= 2,245828045 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Menentukan Daya Pompa

Persamaan Bernoulli

$$W_s = (P_2 - P_1) / \rho + (Z_2 - Z_1)g + (v_2^2 - v_1^2) / 2\alpha + \text{Total } F$$

Dimana :

Tekanan pada titik 1 (P1) : Tekanan keluar dari tangki
Penampung

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

Tekanan pada titik 2 (P2) : Tekanan masuk ke saturator

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 0 \text{ Pa}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 14 - 3 = 11$$

$$v_2 = 0,465595 \text{ m/s}$$

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$\text{Total } F = 2,245828045$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned}
 -W_s &= (0/1840) + (11 \times 9,8) + (0,465595^2 - 0^2) + \\
 &= 2,245828 \\
 W_s &= -110,2626068 \\
 W_s &= -110,2626
 \end{aligned}$$

untuk $Q=0,2 \text{ m}^3/\text{min}$ didapatkan efisiensi pompa (η)=62,3%

$$\begin{aligned}
 W_s &= -\eta \times W_p \\
 -110,2626 &= -0,623 \times W_p \\
 W_p &= 176,9871589 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Power Pompa

Brake Horse Power = mass flowrate \times W_p (Geankoplis, 4th ed., p.71)

Dimana,

$$\begin{aligned}
 \text{Mass flow rate} &= 19.671 \text{ kg/jam} \\
 &= 5,464166311 \text{ kg/s} \\
 W_p &= 176,9871589 \text{ Kg/J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Brake Horse Power} &= 5,4542 \text{ kg/detik} \times 176,987158 \\
 &= 965,3233621 \text{ W} \\
 &= 1 \text{ kW} \\
 &= 1,293533305 \text{ hp} \\
 &= 1,3 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Dari fig. 12-18 Peter Timmerhause, untuk brake power = 1,3 hp,

didapatkan efisiensi (η) motor sebesar = 81 %

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga power actual} &= \text{BHP}/\eta \text{ motor} \\
 &= 1,3/0,81 \\
 &= 1,604938272 \text{ hp} \\
 &= 1,7 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

Nama Alat : Pompa Centrifugal
 Fungsi : Untuk mengalirkan asam sulfat dari tangki penampung ke saturator
 Bahan : Commercial Steel
 Kapasitas : 10,69076017 m³/jam
 Power pompa : 1,7 hp
 Perpipaian : inlet = outlet dengan nominal size 3 1/2 in sch 40
 Jumlah : 1

2. MOTHER LIQUOR TANK

Fungsi : Menampung larutan induk dari centrifuge dan wet cyclone

Tipe : Tangki silindeer tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah berbentuk konis

Kondisi Operasi

Suhu Operasi = 70 °C

Tekanan Operasi = 1 atm

Dasar Perancangan

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 283

Perhitungan kapasitas tangki :

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)
(NH ₄) ₂ SO ₄	8123,215621	17908,4412	110,3856
H ₂ O	722,8001043	1593,48511	60,67
H ₂ SO ₄	207,7277545	457,956607	114,87
Total	9053,74348	19959,8829	

Kapasitas tangki = 9053,74348 kg/jam

= 19959,88288 lb/jam

$$\rho_{\text{camp}} = \frac{(m_1 \times \rho_1) + (m_2 \times \rho_2) + (m_3 \times \rho_3)}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$\begin{aligned}
\rho \text{ camp} &= 106,5194747 \text{ lb/ft}^3 \\
\text{Waktu tinggal} &= 15 \text{ menit} = 0,25 \text{ jam} \\
\text{Kecepatan volumetrik} &= \text{kapasitas} \\
&= 19959,88288 \text{ lb/jam} \\
&= 187,3824756 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
\text{Kapasitas liquida} &= \text{Kecepatan volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\
&= 175,7277 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ jam} \\
&= 46,8456189 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

Digunakan 1 buah tangki dan larutan menempati 80% volume tangki keseluruhan

$$\begin{aligned}
V_t &= \text{Volume larutan} \\
&= 80\% \\
&= 46,8456189 \\
&= 80\% \\
&= 58,55702363 \text{ ft}^3 \\
&= 60 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

Jenis pengelasan : Double Welded butt Joint
 Dari tabel 13.2 untuk jenis pengelasan Double welded butt joint:

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi pengelasan, } E &= 0,8 \\
\text{Faktor korosi, } C &= 0,125 \text{ in} \\
\text{Untuk bahan konstruksi carbon steel SA - 283 grade} \\
\text{CA Allowable Stress (f)} &= 12650 \text{ psi}
\end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki :

V tangki = $V_{\text{silinder}} + V_{\text{dished head}} + V_{\text{conical}}$
 dimana,

$$V_{\text{silinder}} = V_s = \frac{\pi \times D_s^2 \times H_s}{4}$$

$$V_{\text{tutup atas}} = V_{\text{dish head}} = 0,0847 D_s^3$$

$$V_{\text{tutup bawah}} = V_{\text{konis}} = \frac{\pi \times D_s^3}{6}$$

$$24 \operatorname{tg}(0,5\alpha)$$

Tutup bawah berbentuk konis dengan sudut puncak, $\alpha = 90$

$$\text{Asumsi, } H/D = 1$$

$$V_s = \frac{\pi \times D_s^2 \times H_s}{4} = \frac{\pi \times D_s^2 \times D_s}{4} = 0,785 D_s^3$$

$$V_{\text{dish head}} = 0,0847 D_s^3$$

$$V_{\text{konis}} = \frac{\pi \times D_s^2 \times 24 \operatorname{tg}(0,5\alpha)}{4} = 0,080772526 D_s^3$$

$$V_{\text{total}} = V_s + V_{\text{dish head}} + V_{\text{konis}}$$

$$60 = 0,785 D_s^3 + 0,847 D_s^3 + 0,08 D_s^3$$

$$60 = 0,950472526 D_s^3$$

$$D = 3,981718573 \text{ ft} = 47,78062287 \text{ in}$$

$$R = 1,990859286 \text{ ft} = 23,89031144 \text{ in}$$

$$H = 3,981718573 \text{ ft} = 47,78062287 \text{ in}$$

Karena tinggi silinder 3,9 ft maka dibulatkan menjadi 5 ft maka digunakan plate dengan lebar 5 ft sebanyak 1 buah

Dari standarisasi tinggi silinder dan dengan perbandingan $H/D = 1$, maka besar

$$\text{Diameter (D)} = 5 \text{ ft} = 60 \text{ in}$$

Pengecekan diameter dan tinggi silinder, untuk pengelasan double welded butt joint dengan syarat

$$D.H > 1720$$

$$5 \times 5 = 25$$

Menentukan Tebal Tangki :

Karena $D.H < 1720$, maka tangki larutan induk adalah tangki bervolume kecil dengan perhitungan tebal tangki:

$$t_s = \frac{PR}{f \cdot E - P} + C$$

Digunakan jenis pengelasan double welded butt joint, dari tabel 13.2 didapatkan,

$$E = 0,8 \quad \text{dan} \quad C = 0,125$$

Bahan konstruksi adalah carbon steel SA - 283 grade C

$$\text{Dari tabel 13.1 diperoleh, } f = 12650$$

Perhitungan tebal :

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_1}{144} = \frac{106,5195 \times 5}{144} = 3,698592872 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{op}}) = 1,05 \times (3,698592872 + 14,7) = 19,31852252 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{19,31852 \times 25}{(12650 \times 0,8) - (0,6 \times 19,3088)} + 0,125 = 0,172778347 \text{ in}$$

$$\text{Jadi digunakan standar ukuran tebal} = 3/16 \text{ in}$$

$$OD1 = 60 + 2(3/16) = 60,4 \text{ in}$$

Menentukan Tebal Tutup Atas

Bentuk tutup atas berupa standard dished head

$$OD = 60 \text{ in}$$

$$r = 12 \text{ in}$$

$$t_{\text{ha}} = \frac{0,885 P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C = \frac{0,885 \times 19,3088 \times 12}{(12650 \times 0,8) - (0,1 \times 19,3088)} + 0,125 = 0,145276866 \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup standard} = (3/16) \text{ in}$$

$$= 0,1875 \text{ in}$$

Menentukan Tebal Tutup Bawah

Bentuk tutup bawah berupa conical dengan $\alpha = 90^\circ$

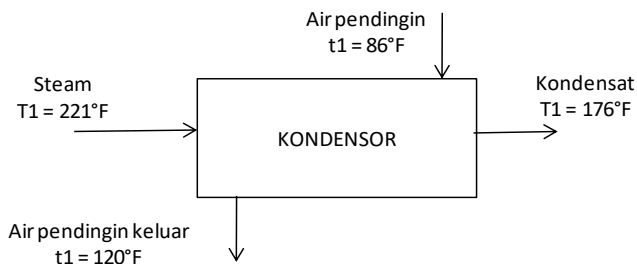
$$\begin{aligned}
 t_{hb} &= \frac{P \times D}{2 \cos 1/2\alpha (f.E - 0,6 P)} + C \\
 &= \frac{19,3088 \times 60}{2 \cos (1/2*90)*(12650*0,8-0,6*19,3088)} + 0,125 \\
 &= 0,234140712 \text{ in} \\
 \text{Tebal tutup standar} &= (1/4) \text{ in} \\
 &= 0,25 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat :

Kapasitas	= 60 ft ³
Bentuk	= Tangki silinder tegak dengan tutup dan standar dished head dan tutup bawah berbentuk kronis
Diameter	= 60 in
Tinggi tangki	= 5 ft
Tebal tangki	= 3/16 in
Tebal tutup atas	= 3/16 in
Tebal tutup bawah	= 1/4 in
Macam Las	= Double welded dished head
Bahan konstruksi	= Carbon Steel SA - 283 grade
Jumlah	= 1 buah

3. KONDENSOR

Fungsi : Mengkondensasikan uap air dari saturator



Temperatur fluida panas masuk (T_1) : $105\text{ }^\circ\text{C} = 221\text{ }^\circ\text{F}$
 Temperatur fluida panas keluar (T_2) : $80\text{ }^\circ\text{C} = 176\text{ }^\circ\text{F}$
 Temperatur fluida dingin masuk (t_1) : $30\text{ }^\circ\text{C} = 86\text{ }^\circ\text{F}$
 Temperatur fluida dingin keluar (t_2) : $42,5\text{ }^\circ\text{C} = 108,5\text{ }^\circ\text{F}$
 Rate massa fluida panas masuk = 139 kg/jam
 = $306,380453\text{ lb/jam}$

ΔP yang diizinkan untuk vapor : 2 psi

ΔP yang diizinkan untuk liquid : 10 psi

Total dirt factor : 0,003

(1) Neraca Massa dan Energi

ΔH bahan masuk = ΔH bahan keluar + Q yang diserap

$1638222,637 = 192325,6227 + Q$ yang diserap

Q yang diserap = $1445897,014\text{ kkal/hari}$

= $60245,70893\text{ kkal/jam}$

= $239070,0345\text{ btu/jam}$

$1445897,014 = m \times c_p \times \Delta T$

$1445897,014 = m \times 0,9987 \times (49 - 30)$

$1445897,014 = m \times 18,9753$

$m = 76198,90143\text{ kg/hari}$

$m = 3174,954226\text{ kg/jam}$

$m = 6997,599115\text{ lb/jam}$

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.	
221	Higher Temp	108,5	112,5	Δt_1
176	Lower Temp	86	90	Δt_2
45	Differences	22,5	22,5	

$\Delta LMTD = \Delta t_1 - \Delta t_2$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\ln(\Delta t_1/\Delta t_2)}{112,5 - 90} \\
 &= \frac{\ln(112,5/90)}{100,8319526} \text{ } ^\circ\text{F} \\
 R &= \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{221 - 176}{120 - 86} = 2 \\
 S &= \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{120 - 86}{221 - 86} = 0,5 \\
 F_T &= 0,97 \quad (\text{Kern, 1965. fig. 18}) \\
 \Delta T &= F_T \times \Delta t \text{ LTMD} = 0,97 \times 100,8319526 \\
 &= 97,80699407 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

(3) Suhu Caloric

$$\begin{aligned}
 T_c &= \frac{(T_1 + T_2)}{2} = \frac{397}{2} = 198,5 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 t_c &= \frac{(t_1 + t_2)}{2} = \frac{194,5}{2} = 97,25 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

Dalam perancangan ini digunakan tube dengan spesifikasi :

- OD = (3/4) in
- BWG= 16
- L = 12 ft
- Pitch= 1 in square

a. Trial U_D

Dari tabel 8 (Kern, 1965) harga U_D untuk cooler dengan fluida panas light organics dan fluida dingin water sebesar 75 - 150 Btu/(hr)(ft²)(°F)

$$\text{Diambil harga } U_D = 85 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

Luas permukaan perpindahan panas :

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T} = \frac{239070,0345}{85 \times 92,4}$$

$$\begin{aligned}
 &= 30,439271 \text{ ft}^2 \\
 \text{Luas permukaan luar (a'')} &= 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft} \\
 \text{Jumlah tube} &= \frac{A}{a'' \times l} \\
 &= \frac{30,439271}{0,1963 \times 12} \\
 &= 12,92208822 \text{ buah} \\
 &= 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

b. N_t distandartkan dan ID shell didapatkan dari (Kern, 1965) tabel 9.

$$\begin{aligned}
 N_t &= 13 \\
 \text{ID Shell} &= 8 \text{ in}
 \end{aligned}$$

c. Koreksi U_D

$$\begin{aligned}
 A &= N_t \times L \times a'' \\
 &= 13 \times 12 \times 0,1963 \\
 &= 20,4152 \text{ ft}^2 \\
 U_D &= \frac{Q}{A \times \Delta t} = \frac{239070,0345}{20,4152 \times 92,4} \\
 &= 119,7296171
 \end{aligned}$$

Kesimpulan sementara hasil perancangan :

Bagian shell		Bagian tube	
IDs	= 8 in	N_t	= 13
n	= 1	L	= 12 ft
B	= 12	OD	= 0,75 in
		PT	= 1 in square
		n	= 2

Fluida Dingin, Tube, Air pendingin

$$\begin{aligned}
 (4) \text{ Flow Area, } a_1' &= 0,302 \text{ in}^2 \\
 a_t &= N_t \times a_1' = 13 \times 0,302
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{144 \times n} &= \overline{144 \times 2} \\
 (5) G'_t &= \frac{w}{a_t} = \frac{0,013631944 \text{ ft}^2}{6997,599115} \\
 &= \frac{0,013631944}{513323,6233} \\
 (6) \text{ Vel, } V &= \frac{G_t}{3600 \times \rho} = \frac{513323,6233}{3600 \times 62,5} \\
 &= 2,281438326 \text{ ft/s} \\
 \text{Pada } t_{av} &= 103,1 \text{ }^\circ\text{F}, \mu = 0,72 \text{ cp} \quad (\text{Kern, 1965. Fig. 14}) \\
 \mu &= 0,72 \times 2,42 \\
 &= 1,7424 \text{ lb/(f)(hr)} \\
 \text{ID} &= 0,62 \text{ in} \quad (\text{Kern, 1965. Table 10}) \\
 &= 0,05 \text{ ft} \\
 R_{ef} &= \frac{\text{ID} \times G'_t}{\mu} = \frac{0,05 \times 513324}{1,7424} \\
 &= 41397,06639 \\
 (9) h_i &= 930 \quad (\text{Kern, 1965. Fig. 25}) \\
 (10) h_{i0} &= \frac{h_i \times \text{ID}}{\text{OD}} = \frac{930 \times 0,62}{0,75} = 768,8
 \end{aligned}$$

Fluida Panas, Shell, Steam

$$\begin{aligned}
 (4) a_s &= \text{ID} \times C''B \\
 &= 144 \times P_T \\
 C'' &= P_T - \text{OD} \\
 &= 1 - 0,75 \\
 &= 0,25 \\
 a_s &= 8 \times 0,25 \times 12 \\
 &= 144 \times 1 \\
 &= 0,166666667 \text{ ft}^2 \\
 (5) \text{ Loading, } G &= \frac{W}{3,14 \times N_t \times D_o}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_o &= \frac{0,75}{12} \\
 &= 0,0625 \text{ ft}^2 \\
 G' &= 1196,170789 \\
 &= 3,14 \times 13 \times 0,0625 \\
 &= 468,8567521 \text{ lb/(hr)(lin ft)}
 \end{aligned}$$

Pada kondensor vertikal, harga $h_o = 90 - 150 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$

Untuk trial h_o , diambil harga $h_o = 140 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$

$$\begin{aligned}
 t_w &= t_c + (h_o / (h_{io} + h_o)) \times (T_c - t_c) \\
 t_w &= 103,1 + (140 / (768,8 + 140)) \times 95,4 \\
 t_w &= 127,8287852 \text{ }^\circ\text{F} \\
 t_f &= \frac{(T_c + t_w)}{2} = \frac{198,5 + 133,578}{2} \\
 &= 163,1643926
 \end{aligned}$$

$k_f = 0,31 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$ (Kern, 1965. Table 4)

$s_f = 0,91$ (Kern, 1965. Table 6)

$\mu_f = 0,31 \text{ cp}$

Dari (Kern, 1965) grafik 12.9, diperoleh :

$h_o = 116,6703485 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$

(11) Clean Overall Coefficient (U_C) :

$$\begin{aligned}
 U_C &= \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \\
 &= \frac{768 \times 116}{768 + 116} \\
 &= 101,2977612 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}
 \end{aligned}$$

(12) Dirt Factor (R_d) :

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} \\
 &= \frac{126,28 - 101,297761}{126,28 \times 101,297761}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{126,28 \times 101,297761}{0,001519734 \text{ (hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)/Btu}}$$

Pressure Drop

Fluida Panas, Shell, Steam

$$(1) a_s = \frac{ID \times C''B}{144 \times PT}$$

$$C'' = P_T - OD$$

$$= 1 - 0,75$$

$$= 0,25$$

$$a_s = \frac{8 \times 0,25 \times 12}{144 \times 1}$$

$$= 0,166666667 \text{ ft}^2$$

$$G_s = \frac{W}{a_s}$$

$$= \frac{1196,170789}{0,166666667}$$

$$= 7177,024733 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$$

$$\text{Pada } T_v = 198,5$$

$$\mu_{\text{vapor}} = 0,013 \quad (\text{Kern, 1965. Fig. 15})$$

$$= 0,013 \times 2,42$$

$$= 0,03146 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)}$$

$$D_e = \frac{0,95}{12} = 0,079166667 \text{ ft}$$

$$R_{es} = \frac{D_e \times G'_s}{\mu}$$

$$= \frac{0,079 \times 7177}{0,03146}$$

$$= 18060,4299$$

$$f = 0,0022 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

$$\begin{aligned}
(2) N + 1 &= 12 \times L/B \quad (\text{Kern, 1965. Pers. 7.83}) \\
&= 12 \times 12/12 \\
&= 12 \\
\text{mol, } w_t &= 18 \\
\rho &= 18 \\
&= 359 \times (659/492) \times (14,7/14,7) \\
&= 18 \\
&= 480 \times 1 \\
&= 0,0375 \text{ lb/ft}^2 \\
s &= 0,0375 = 0,0006 \\
&= 62,5 \\
D_s &= 8 = 0,666666667 \\
&= 12
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(3) \Delta P &= 1 \times f \times (G_s)^2 \times D_s \times (N+1) \\
&= 2 \times 5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s \\
&= 1 \times 0,0022 \times 7177,02 \times 0,667 \times 12 \\
&= 2 \times 5,22 \times 10^{10} \times 0,079 \times 0,0006 \\
&= 0,182813156 \quad (<2 \text{ psi, memenuhi})
\end{aligned}$$

Fluida Dingin, Tube, Air Pendingin

$$\begin{aligned}
(1) \text{ Untuk } R_{et} &= 41397,06639 \\
f &= 0,0003 \\
(2) \Delta P_t &= \frac{f \times (G_t)^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D \times s \times f_s} \\
&= \frac{0,0003 \times (513324)^2 \times 12 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,05 \times 1 \times 1} \\
&= 0,726899703 \text{ psi} \\
(3) \text{ Rate Massa} &= 513323,6233 \\
\frac{V^2}{2g'} &= 0,036
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta P_n &= (4n \times s) \times (V^2 \times 2g') \\
&= (4 \times 2/1) \times 0,036 \\
&= 0,288 \\
(4) \Delta P_T &= \Delta P_t + \Delta P_n \\
&= 0,7268997 + 0,288 \\
&= 1,014899703 \text{ psi} \quad (<10 \text{ psi, memenuhi})
\end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

Nama Alat : Vertical Condensor
Fungsi : Mengkondensasikan uap air dari Saturator
Tipe : 1-2 Shell and Tube Heat Exchanger
Ukuran : Slide side
ID : 8 in
Baffle Space : 12 in
Passes : 1
Tube Side
Jumlah : 13
Panjang : 1 ft
OD : 0,75 in
BWG : 16
Pitch : 1 in square
Passes : 2

4. SATURATOR

Fungsi : Mereaksikan NH_3 dan H_2SO_4 hingga terbentuk kristal ammonium sulfat

Tipe : Tangki silinder tegak dengan tutup atas flanged and dished head, tutup bawah conical dilengkapi dengan jaket pendingin

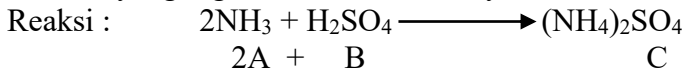
Kondisi operasi :

Suhu operasi = 105°C

Tekanan operasi = 101,3 kPa = 14,7
 Proses = Kontinyu

a. Menghitung volume reaktor

Reaktor yang digunakan adalah steady state mixed flow



Komposisi feed reaktor <2>

Komponen	Berat (kg)	BM	kmol	ρ (gr/cm ³)	ρ (lb/ft ³)
NH ₃	6.061	17	356,53863	0,86	53,664
H ₂ O	61	18	3,4013225	0,9999	62,39376

Komposisi feed reaktor <3>

Komponen	Berat (kg)	BM	kmol	ρ (gr/cm ³)	ρ (lb/ft ³)
H ₂ SO ₄	19277,57875	98	196,70999	1,84	114,816
H ₂ O	393,4199744	18	21,856665	0,9943	62,04432

Komposisi feed reaktor <4>

Komponen	Berat (kg)	BM	kmol	ρ (gr/cm ³)	ρ (lb/ft ³)
Udara	41,66666667	28,84	1,4447527	0,0016	0,09984

Komposisi feed reaktor <5>

Komponen	Berat (kg)	BM	kmol	ρ (gr/cm ³)	ρ (lb/ft ³)
(NH ₄) ₂ SO ₄	8123,215621	132	61,539512	37,126	2316,662
H ₂ SO ₄	722,8001043	98	7,3755113	3,646	227,5104
H ₂ O	207,7277545	18	11,540431	0,97183	60,64219

Komposisi feed reaktor <6>

Komponen	Berat (kg)	BM	kmol	ρ (gr/cm ³)	ρ (lb/ft ³)
NH ₃	41,64604856	17	2,4497676	0,86	53,664
H ₂ O	20,82727755	18	1,157071	0,97183	60,64219

Aliran feed <2>

$$\text{Mass rate NH}_3 = 6.061 \text{ kg/jam} = 13358,78921 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate NH}_3 = \frac{13.359 \text{ lb/jam}}{53,664 \text{ lb/ft}^3} = 248,9339075 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Mass rate H}_2\text{O} = 61 \text{ kg/jam} = 134,9372648 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate H}_2\text{O} = \frac{134,9372648 \text{ lb/jam}}{62,39376 \text{ lb/ft}^3} = 2,1626 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Aliran feed <3>

$$\text{Mass rate H}_2\text{SO}_4 = 19277,57 \text{ kg/jam} = 42487,78 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Vol. Rate H}_2\text{SO}_4 = \frac{42487,78355 \text{ lb/jam}}{114,816 \text{ lb/ft}^3} = 370,05 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Mass rate H}_2\text{O} = 393,4199744 \text{ kg/jam} = 867,097 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate H}_2\text{O} = \frac{867,0976236 \text{ lb/jam}}{62,04432 \text{ lb/ft}^3} = 13,975 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Aliran feed <6>

$$\text{Mass rate udara} = 41,66666667 \text{ kg/jam} = 91,833 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate <6>} = \frac{91,83333333 \text{ lb/jam}}{0,09984 \text{ lb/ft}^3} = 919,805 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Aliran feed <7>

$$\text{Mass rate ZA} = 8123,215621 \text{ kg/jam} = 17903,56 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate ZA} = \frac{17903,56723 \text{ lb/jam}}{2316,6624 \text{ lb/ft}^3} = 7,7281 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Mass rate H}_2\text{SO}_4 = 722,8001043 \text{ kg/jam} = 1593,05 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Vol. Rate H}_2\text{SO}_4 = \frac{1593,05143 \text{ lb/jam}}{227,5104 \text{ lb/ft}^3} = 7,0021 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Mass rate H}_2\text{O} = 207,7277545 \text{ kg/jam} = 457,8319 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate H}_2\text{O} = \frac{457,8319708 \text{ lb/jam}}{60,642192 \text{ lb/ft}^3} = 7,5497 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Aliran feed <8>

$$\text{Mass rate NH}_3 = 41,64604856 \text{ kg/jam} = 91,7878 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate NH}_3 = \frac{91,78789104 \text{ lb/jam}}{53,664 \text{ lb/ft}^3} = 1,7104 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Mass rate H}_2\text{O} = 20,82727755 \text{ kg/jam} = 45,9033 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume rate H}_2\text{O} = \frac{45,90331973 \text{ lb/jam}}{60,642192 \text{ lb/ft}^3} = 0,75695 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Rate total} &= 2,162672 + 248,9339 + 370,0511 + \\ &13,97546 + 919,805 + 7,728173 + \\ &7,002104 + 7,549727 + 1,710418 + \\ &0,756954 \\ &= 1579,675501 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 12,42546421 \text{ lt/s} \end{aligned}$$

$$\text{Rate feed} = 34909,59596 \text{ kg/jam} = 76940,7495 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ camp} = 9888,385712 \text{ kg/m}^3 = 617,1490658 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_{A0}, \text{NH}_3 = 356,5386253 \text{ kmol/jam}$$

$$\frac{248,9339075 \text{ ft}^3/\text{jam}}$$

$$= 1,432262197 \text{ kmol/ft}^3$$

$$= 0,050579588 \text{ kmol/lt}$$

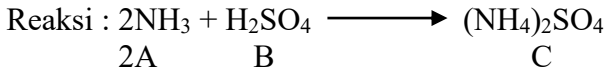
$$C_{B0}, \text{H}_2\text{SO}_4 = 196,7099872 \text{ kmol/jam}$$

$$\frac{370,0510691 \text{ ft}^3/\text{jam}}$$

$$= 0,531575244 \text{ kmol/ft}^3$$

$$= 0,018772301 \text{ kmol/lt}$$

Reaksi heterogen antara NH_3 (g) dan H_2SO_4 (l) mengikuti
reaksi orde 2 (Chwain & Prengle, 1986)



F_{A0} = Ammonia yang masuk ke dalam reaktor

$$= 356,538 \text{ kmol/jam}$$

$$= 99,038 \text{ mol/s}$$

X_A = Konversi pada ammonia

$$= 0,995$$

(Petrokimia, 2008)

Untuk reaksi orde 2:

$$-r_A = k \times C_A^2$$

(Levenspiel, 1999)

k didapatkan dari persamaan, $\log k = -3630 \times 1/T + 8,657$

(Chwain & Prengle, 1986)

$$T = 105 \text{ }^\circ\text{C} = 378 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\log k = -3630 \times 1/T + 8,657$$

$$\log k = -3630 \times 1/(378) + 8,657$$

$$\log k = -0,95$$

$$k = 0,114$$

$$C_A = C_{A0}^2 \times (1 - X_A)^2$$

$$= 50,579^2 \times (1 - 0,995)^2$$

$$= 0,06 \text{ mol/l}$$

$$V = \frac{F_{A0} \times X_A}{-r_A}$$

(Levenspiel, 1999)

$$= \frac{F_{A0} \times X_A}{k \times C_A^2}$$

$$= \frac{99,038 \times 0,995}{0,114 \times 0,06^2}$$

$$= 221320,2631 \text{ liter}$$

$$= 221,32 \text{ m}^3$$

b. Menentukan Dimensi Tangki

$$V_{\text{tangki}} = V_{\text{silinder}} + V_{\text{torispherical head}} + V_{\text{conical}}$$

$$V_{\text{silinder}} = V_{\text{silinder}} = \frac{\pi \times D_s^2 \times H_s}{4}$$

$$V_{\text{tutup atas}} = V_{\text{head}} = 0,000049 D_s^3$$

$$V_{\text{tutup bawah}} = V_{\text{konis}} = \pi \times D_s^3 / 24 \text{ tg } (1/2\alpha)$$

Tutup bawah berbentuk konis dengan sudut puncak, $\alpha = 90^\circ$

Asumsi, $H/D = 1,5$

$$V_s = \frac{\pi \times D_s^2 \times 1,5D_s}{4}$$

$$= 1,1775 \times D_s^3$$

$$V_{\text{head}} = 0,000049 D_s^3$$

$$V_{\text{konis}} = \frac{\pi \times D_s^3}{24 \text{ tg } (1/2 \times 90)}$$
$$= 0,13 D_s^3$$

$$V_{\text{total}} = V_s + V_{\text{head}} + V_{\text{konis}}$$

$$221320,2631 = 1,775 D_s^3 + 0,000049 D_s^3 + 0,13 D_s^3$$

$$221320,2631 = 1,3083 D_s^3$$

$$D_s = 52,32 \text{ ft}$$

Didapatkan :

$$D = 54 \text{ ft} = 648 \text{ in}$$

$$R = 27 \text{ ft} = 324 \text{ in}$$

$$H = 81 \text{ ft} = 972 \text{ in}$$

Karena tinggi silinder = 81 ft

Maka digunakan plate dengan lebar 9 ft sebanyak 9 buah

Dari banyaknya plate ini, maka dapat diketahui banyaknya course, yaitu 9 course

Dari standarisasi tinggi silinder dan dengan perbandingan

$H/D = 1,5$, maka besar diameter (D);

$$D = 54 \text{ ft} = 648 \text{ in}$$

Perhitungan Volume silinder

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi \times D_s^2 \times H_s}{4} \\ &= \frac{\pi \times (54)^2 \times 81}{4} \\ &= 185413,86 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Pengecekan diameter dan tinggi silinder, untuk pengelasan double welded butt joint dengan syarat:

$$D.H > 1720$$

$$54.81 > 1720$$

Karena harga $D.H > 1720$, maka tangki ini merupakan tangki bervolume besar. Yang berarti perhitungan tebalnya berdasarkan course

c. Menentukan Tebal Tangki

$$t_s = \frac{P.R}{f.E + 0,6 \times P} + C$$

Dimana :

t_s = tebal tangki (in)

P = tekanan desain (psi)

R = jari-jari tangki (in)

C = faktor korosi (in/year)

E = efisiensi sambungan

f = tegangan maksimum yang diijinkan

Digunakan jenis pengelasan double welded butt joint,
didapatkan : (Brownell. Tabel 13.2)

$$E = 0,8$$

$$C = 0,0625$$

Bahan konstruksi : stainless steel SA - 240 grade T Tipe 321
(Brownell. Tabel 13.3)

$$f = 18750 \text{ psi}$$

Hliquida = Tinggi liquida dalam tangki

$$V_{liq} = \frac{\pi \times D^2 \times H_{liq}}{4}$$

$$185413,86 = \frac{\pi \times (54)^2 \times H_{liq}}{4}$$

$$H_{liq} = 81 \text{ ft}^3$$

Perhitungan Course I

a. Perhitungan course I

Course I ini adalah plate terbawah yang menanggung beban terbesar, yaitu tinggi liquida total

$$H_1 = 81 \text{ ft}$$

$$P_{hidro} = \frac{\rho \times H_1}{144} = \frac{617,1491 \times 81}{144}$$

$$= 347,14 \text{ psi}$$

$$P_{desain} = 1,05 \times (P_{hidro} + P_{desain})$$

$$= 1,05 \times (347,14 + 14,7)$$

$$= 379,938 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{379,938 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 379,938)} + 0,0625$$

$$= 8,395 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = 8 7/16 in

$$= 8,4375 \text{ in}$$

$$OD_1 = 648 + 2(8 \frac{7}{16})$$

$$= 664,875 \text{ in}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in) maka :

L₁ = panjang masing-masing plat dalam course 1

$$L_1 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$

$$= \frac{\pi (54 \times 12 + 8 \frac{7}{16}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 17,16 \text{ ft}$$

b. Perhitungan Course II

$$H_2 = 81 - 9 \\ = 72 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_2}{144} = \frac{617,1491 \times 72}{144} \\ = 308,574 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}}) \\ = 1,05 \times (308,574 + 14,7) = 339,438 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{339,438 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 339,438)} + 0,0625 \\ = 7,4859 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = $(7 \frac{1}{2})$ in
= 7,5 in

$$OD_2 = 648 + 2(7 \frac{1}{2}) \\ = 663$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance $\frac{5}{32}$ " (0,15625 in) maka :

L_2 = panjang masing-masing plat dalam course 2

$$L_2 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M} \\ = \frac{\pi (54 \times 12 + 7 \frac{1}{2}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\ = 17,13 \text{ ft}$$

c. Perhitungan Course III

$$H_3 = 72 - 9 \\ = 63 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_3}{144} = \frac{617,1491 \times 63}{144} \\ = 270 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}})$$

$$= 1,05 \times (270 + 14,7) = 298,937 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{298,937 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 298,937)} + 0,0625$$

$$= 6,59 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = $(6 \frac{5}{8})$ in
= 6,625 in

$$OD_3 = 648 + 2(6 \frac{5}{8})$$

$$= 661,25 \text{ in}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance $5/32"$ (0,15625 in) maka :

L_3 = panjang masing-masing plat dalam course 3

$$L_3 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$

$$= \frac{\pi (54 \times 12 + 6 \frac{5}{8}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 17,11 \text{ ft}$$

d. Perhitungan Course IV

$$H_4 = 63 - 9$$

$$= 54 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_4}{144} = \frac{617,1491 \times 54}{144}$$

$$= 231,43 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}})$$

$$= 1,05 \times (231,43 + 14,7)$$

$$= 258,437 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{258,437 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 258,437)} + 0,0625$$

$$= 5,7 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = $(5 \frac{3}{4})$ in
= 5,75 in

$$\begin{aligned} OD_4 &= 648 + 2(5 \frac{3}{4}) \\ &= 659,5 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in) maka :

L_4 = panjang masing-masing plat dalam course 4

$$\begin{aligned} L_4 &= \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M} \\ &= \frac{\pi (54 \times 12 + 5 \frac{3}{4}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\ &= 17,09 \text{ ft} \end{aligned}$$

e. Perhitungan Course V

$$\begin{aligned} H_5 &= 54 - 9 \\ &= 45 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidro}} &= \frac{\rho \times H_5}{144} = \frac{617,1491 \times 45}{144} \\ &= 205,716 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}}) \\ &= 1,05 \times (205,716 + 14,7) \\ &= 231,437 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{231,437 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 231,437)} + 0,0625 \\ &= 5,1 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = (5 1/8) in
= 5,125 in

$$\begin{aligned} OD_5 &= 648 + 2(5 \frac{1}{8}) \\ &= 658,25 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in) maka :

L_5 = panjang masing-masing plat dalam course 2

$$L_5 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$

$$= \frac{\pi (54 \times 12 + 5 \frac{1}{8}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 17,07 \text{ ft}$$

f. Perhitungan Course VI

$$H_6 = 45 - 9$$

$$= 36 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_6}{144} = \frac{617,1491 \times 36}{144}$$

$$= 154,287 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}})$$

$$= 1,05 \times (154,287 + 14,7) = 177,436 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{177,436 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 177,436)} + 0,0625$$

$$= 3,9 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = $(3 \frac{15}{16}) \text{ in}$
 $= 3,9375 \text{ in}$

$$OD_6 = 648 + 2(3 \frac{15}{16})$$

$$= 655,875$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance $5/32''$ ($0,15625 \text{ in}$) maka :

L_6 = panjang masing-masing plat dalam course 6

$$L_6 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$

$$= \frac{\pi (36 \times 12 + 3 \frac{15}{16}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 17,04 \text{ ft}$$

g. Perhitungan Course VII

$$H_7 = 36 - 9$$

$$= 27 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_7}{144} = \frac{617,1491 \times 27}{144}$$

$$= 115,71 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}})$$

$$= 1,05 \times (115,71 + 14,7) = 136,96 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{136,96 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 136,96)} + 0,0625$$

$$= 3,03 \text{ in}$$

Jadi digunakan standar ukuran tebal = (3 1/8) in
= 3,0625 in

$$OD_7 = 648 + 2(3 \frac{1}{8})$$

$$= 654,125 \text{ in}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance 5/32" (0,15625 in) maka :

L_7 = panjang masing-masing plat dalam course 7

$$L_7 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$

$$= \frac{\pi (27 \times 12 + 3 \frac{1}{8}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 17,02 \text{ ft}$$

h. Perhitungan Course VIII

$$H_8 = 27 - 9$$

$$= 18 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_8}{144} = \frac{617,1491 \times 18}{144}$$

$$= 77,14 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}})$$

$$= 1,05 \times (77,14 + 14,7)$$

$$= 96,435 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{96,435 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 96,435)} + 0,0625$$

$$= 2,15 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi digunakan standar ukuran tebal} &= (2 \frac{3}{16}) \text{ in} \\ &= 2,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD}_8 &= 648 + 2(2 \frac{3}{16}) \\ &= 652,375 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance $5/32''$ (0,15625 in) maka :

L_8 = panjang masing-masing plat dalam course 8

$$\begin{aligned} L_8 &= \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M} \\ &= \frac{\pi (18 \times 12 + 5 \frac{3}{4}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\ &= 17 \text{ ft} \end{aligned}$$

i. Perhitungan Course IX

$$\begin{aligned} H_9 &= 18 - 9 \\ &= 9 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidro}} &= \frac{\rho \times H_9}{144} = \frac{617,1491 \times 9}{144} \\ &= 51,429 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{desain}} &= 1,05 \times (P_{\text{hidro}} + P_{\text{desain}}) \\ &= 1,05 \times (205,716 + 14,7) \\ &= 69,435 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{69,435 \times 324}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 69,435)} + 0,0625 \\ &= 1,566 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi digunakan standar ukuran tebal} &= (1 \frac{5}{8}) \text{ in} \\ &= 1,625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD}_9 &= 648 + 2(1 \frac{5}{8}) \\ &= 651,25 \text{ in} \end{aligned}$$

Apabila digunakan 10 plat sambungan dengan allowance

5/32" (0,15625 in) maka :

L_9 = panjang masing-masing plat dalam course 9

$$L_9 = \frac{\pi \times D - \text{panjang las}}{12 \times M}$$
$$= \frac{\pi (18 \times 12 + 1 \frac{5}{8}) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$
$$= 16,9855 \text{ ft}$$

c. Menentukan Dimensi Tutup Atas :

Tebal tutup atas (tha) :

Bentuk tutup atas berupa flanged and dished head

OD = 648 in

$r = 180 \text{ in}$ (Brownell & Young. Tabel 5.7)

$tha = \frac{P \times rc \times W}{(2.f.E - 0,2 \cdot P)} + C$ (Brownell & Young. Pers. 7.77. p. 138)

radius crown (rc) = D = 648 in

Inside radius pada shell (ri) = 60% x rc
 $= 60\% \times 648 = 388,8$

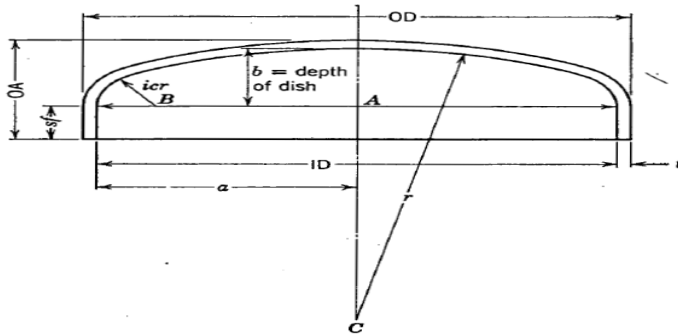
Stress - intensification factor for torispherical dish head (W)
(Brownell & Young. Pers. 7.76. p. 138)

$$W = \frac{1}{4} \times (3 + (rc / ri)^{0,5})$$
$$= \frac{1}{4} \times (3 + (648/388,8)^{0,5})$$
$$= 1,072748612 \text{ in}$$

$$tha = \frac{P \times rc \times W}{(2.f.E - 0,2 \cdot P)} + C$$
$$= \frac{379,938 \times 388,8 \times 1,0727486}{(2 \times 18750 \times 0,8) - (0,2 \times 379,938)} + 0,0625$$
$$= 5,358 \text{ in}$$

Tebal tutup standard = $5 \frac{3}{8} = 5,375 \text{ in}$

(Brownell & Young. Tabel 5.7)



Tinggi tutup atas

Dari tabel 5.6 Brownell and Young, hal 88 untuk :

$$tha = 5 \frac{3}{8} \text{ in}$$

Didapatkan :

$$sf = 4 \text{ in}$$

$$icr = 12,75 \text{ in}$$

$$a = ID/2 = 324$$

$$AB = ID/2 - icr$$

$$= 324 - 12,75$$

$$= 311,25 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 450 - 12,75$$

$$= 437,25 \text{ in}$$

$$b = r - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

$$= 180 - (437,25^2 - 311,25^2)^{0,5}$$

$$= 307,456 \text{ in} = 25,5 \text{ ft}$$

$$OA = tha + b + sf$$

$$= 5 \frac{3}{8} + 307,456 + 4$$

$$= 316,831 \text{ in}$$

$$= 26,3 \text{ ft}$$

d. Menentukan Tebal Tutup Bawah

Bentuk tutup bawah berupa conical dengan $\alpha = 90$

$$\begin{aligned}
 t_{th} &= \frac{P \times D}{2 \cdot \cos 1/2 \alpha (f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \\
 &= \frac{69,435 \times 648}{2 \cdot \cos (1/2 \cdot 90) (18750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 42,435)} + 0,0625 \\
 &= 2,189 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tebal tutup standard = 2 1/4 in = 2,25 in

(Brownell & Young, Tabel 5.7 p. 89)

e. Merancang Jaket Pendingin

Massa air pendingin yang dibutuhkan = 234319,379 kg/jam

Spesific volume pendingin (v) = 0,001 m³/kg

Waktu tinggal pendingin = 8 menit

Penentuan Volume Jaket (V_j) :

$V_j = \text{Massa} \times v \times \text{waktu tinggal}$

$$= 234319,379 \text{ kg/jam} \times 0,001 \text{ m}^3/\text{kg} \times 10/60 \text{ jam}$$

$$= 31,24258386 \text{ m}^3$$

Penentuan Diameter Jaket (D_3) :

$$V_3 = ((\pi \times R_1^2) - \pi(R_2 - t_s)^2) \times H_s$$

dimana ;

R_1 = Jari-jari jaket (m)

R_2 = Jari-jari saturator (m)

t_s = Tebal shell (m)

H_s = Tinggi shell (m)

Dari perhitungan dimensi tangki, didapatkan :

$$R_2 = 4,5 \text{ ft} = 1,3716 \text{ m}$$

$$t_s = 0,375 \text{ in} = 0,009525 \text{ m}$$

$$H_s = 14 \text{ ft} = 4,2672 \text{ m}$$

$$31,24258386 = ((\pi \times R_1^2) - \pi(1,3716 - 0,009525)^2) \times 4,2672$$

$$7,321565397 = ((\pi \times R_1^2) - 5,82547968$$

$$\pi \times R_1^2 = 13,14704508$$

$$R_1^2 = 4,186957031 \text{ in}$$

$$R_1 = 2,093478515 \text{ m}$$

$$D_3 = 4,186957031 = 13,73321906 \text{ ft}$$

Penentuan Tebal Jacket, T_3 :

Bahan konstruksi : stainless steel S-240 grade T tipe 321

faktor korosi : 0,0625

Digunakan jenis pengelasan double welded butt joint, didapatkan :

faktor pengelasan : 0,8 (Brownell & Young, tabel 13.2)

tegangan maksimum yang diijinkan (f) : 18750 psi

$$ts = \frac{P \cdot R}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

dimana ;

P : tekanan desain (psi)

R : jari-jari (in)

f : tegangan yang diijinkan (psi)

E : faktor pengelasan

C : faktor korosi (in^2)

$$ts = \frac{150 \times 125,5584}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 150)} + 0,0625$$
$$= 1,329 \text{ in}$$

Jadi, digunakan tebal jacket = 1 3/8 in

f. Merancang Distributor Gas :

Tipe gas distributor : Perforated pipe distributor

Data amonia (NH_3) :

Massa amonia yang didistribusikan = 6.061 kg/jam

= 13358,78921 lb/jam

ρ amonia (NH_3) = 0,896 lb/ft³

μ amonia (NH_3) = 0,00000925 kg/m.s

Rate volumetrik $V = m = 13358,78921 \text{ lb/jam}$

ρ 0,896 lb/ft³

$$= 14909,36296 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 4,141489711 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Perhitungan Diameter Pipa

Asumsi : Aliran Turbulen ; $N_{re} > 2100$

Di optimum =

Dimana,

$$Q = 4,141489711 \text{ ft}^2/\text{jam}$$

$$\rho = 0,896 \text{ lb}/\text{ft}^3$$

$$\text{Di optimum} = 3,9 \times 4,140,45 \times 0,8960,13$$

$$= 7,287609819 \text{ in}$$

Dari App. 5 tabel A.5-1 (Geankoplis, 4th ed.), ditentukan :

Standarisasi ID = 8 in sch 40

Nom. Pipe size = 8 in

Sch. Number = 40

Diameter luar = 8,625 in

Diameter dalam = 7,981 in = 0,6648173 ft

L. alir/pipa, $A = 0,3474 \text{ ft}^2 = 0,03227346 \text{ m}^2$

Check Jenis Aliran

Kecepatan Aliran, $F = 4,141489711 \text{ ft}^3/\text{s}$

$$0,3474 \text{ ft}^2$$

$$= 11,92138662 \text{ ft}/\text{s}$$

$$= 3,633638641 \text{ m}/\text{s}$$

$$N_{re} = \frac{\rho \times ID \times v}{\mu}$$

$$= \frac{0,896 \times 0,664817 \times 3,63}{0,00000925}$$

$$= 233997,0189$$

Karena $N_{re} > 2100$, maka asumsi aliran turbulen sudah benar

Ukuran pipa keluar dipilih : 8 inc sch 40

Direncanakan :

Panjang pipa = 2 m

Diameter orifice (lubang) yang biasa digunakan pada perforated distributor pipe sebesar 1,5 - 3 mm
 Digunakan diameter orifice sebesar = 3 mm (Treybal, 1994)
 Jenis material :

Commercial Steel, $\varepsilon = 0,000046$ m

friction factor, $f = 0,0043$

Perhitungan Jumlah Lubang (Orifice)

ID Pipa = 0,2027174 m

$N_{re} = 233997,0189$ (aliran turbulen)

Nilai $\varepsilon/D = 0,000046 \text{ m} / 0,2027174 \text{ m} = 0,000226917$

Dengan memplotkan harga ε/D dan N_{re} didapatkan faktor friksi, (Geankoplis, 1986. Fig. 2.10-3)

$f = 0,004$

faktor friksi (f) rata-rata = 0,00415

Perhitungan Discharge Manifolds :

$$\frac{4 \cdot f \cdot L}{3D} = \frac{4 \times 0,00415 \times 2}{3 \times 0,2027174}$$

$$= 0,054591597$$

Karena harga $4fL/3D < 1,5$, maka percent maldistribution:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{A_p}{A_o} = \sqrt{10} C_o \text{ (Perry, p. 6-33)}$$

dimana,

V_i : Kecepatan masuk distributor (m/s)

C_o : Koefisien orifice = 0,62 (Perry, p. 6-33)

A_p : Luas penampang pipa (m²)

A_o : Total area lubang pada distributor (m²)

V_i : Kecepatan masuk distributor (m/s)

V_o : Kecepatan gas keluar distributor (m/s)

Diketahui :

Diameter lubang (orifice) : 3 mm

$$A \text{ tiap lubang} = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$= 1/4 \times \pi \times 3^2$$

$$= 7,065 \text{ mm}^2$$

$$= 0,000007065 \text{ m}^2$$

Sehingga persamaan menjadi $\frac{V_o}{V_i} = \frac{A_p}{A_o} = \sqrt{10 \cdot 0,62}$

$$\frac{A_p}{A_o} = 1,960612149$$

$$A_o$$

$$\frac{0,03227346}{A_o} = 1,960612149$$

$$A_o$$

$$A_o = 0,01646091 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga jumlah lubang (orifice)} &: \frac{0,0164601}{0,000007065} \\ &= 2329,923557 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Pressure Drop

Pressure drop disebabkan aliran gas akubat friksi di dalam hole

$$\frac{V_o}{V_i} = 1,960612149$$

$$V_i$$

$$V_o = 1,960612149$$

$$3,633638641$$

$$V_o = 7,124156067 \text{ m/s}$$

Perhitungan pressure drop didapatkan dengan persamaan

$$\begin{aligned} \Delta p_o &= \frac{1 \times \rho \times V_o^2}{C_o^2 \times 2} \\ &= 947,5068054 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

a. Spesifikasi Saturator

Fungsi = Untuk mencampur amonia dan asam sulfat menjadi amonium sulfat

Bentuk = Tangki silinder tegak dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah berbentuk konis

$$\text{Volume Tangki} = 185413,86 \text{ ft}^3$$

$$\text{Diameter Tangki} = 648 \text{ in}$$

Tinggi Tangki = 81 ft
Tebal Tangki = 8 7/16 in
Tebal Tutup Atas = 5 3/8 in
Tebal Tutup Bawah = 2 1/4 in
Macam Las = Double Welded Butt Joint
Bahan Konstruksi = Stainless Steel Sa-24- grade T
Jumlah = 1

b. Spesifikasi Jacket Pendingin

Fungsi = Untuk mengatur suhu saturator agar stabil 105oC
Volume Jacket = 31,24258386 m³
Diameter Jacket = 13,73321906 ft
Tebal Jacket = (1/2) in
Bahan Konstruksi = Stainless Steel SA-240 grade T

c. Distributor Gas

Tipe Distributor = Perforated Pipe Distributor
ID Pipa = 7,981 in
OD Pipa = 8,625 in
Panjang Pipa = 2 m
Jumlah Lubang = 2330 buah
Diameter Lubang = 3 mm
Pressure Drop = 947,5068054 Pa

4. VAPORIZER

Fungsi : Mengubah fase amonia dari cair menjadi gas
Jenis : Shell and Tube

Tube

Fluida panas = Steam

Laju Alir, W = 9025,805827 kg/jam
= 19892,87604 lb/jam

$$T_1 = 180 \text{ }^\circ\text{C} = 356 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 180 \text{ }^\circ\text{C} = 356 \text{ }^\circ\text{F}$$

Shell

Fluida dingin = Amonia

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir, } W &= 6122,380435 \text{ kg/jam} \\ &= 13493,72648 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 105 \text{ }^\circ\text{C} = 221 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menentukan Jenis Vaporizer

Jenis heater yang digunakan adalah Shell and Tube

$$A = Q$$

$$U_D \times \Delta t$$

Beban Panas Vaporizer

$$Q = 18275632154 \text{ J/Jam}$$

$$= 17321644,16 \text{ btu/jam}$$

Menghitung Δt LMTD

Fluida panas		Fluida dingin	Diff.
356	Temp. Tinggi	221	135
356	Temp. Rendah	86	270
0	Total	135	135

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ LMTD} &= \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln (T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)} \\ &= \frac{(356 - 221) - (356 - 86)}{\ln (356 - 221) - (356 - 86)} \end{aligned}$$

$$= 194,7638305 \text{ } ^\circ\text{F}$$

T_c dan t_c

$$T_c = \frac{(T_1 + T_2)}{2} = \frac{(356 + 356)}{2} = 356 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{(t_1 + t_2)}{2} = \frac{(221 + 86)}{2} = 153,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Dari (Kern, 1965. Tabel 8), dipilih U_D untuk :

Hot fluid : Steam

Cold fluid : Heavy organics

Range U_D : 6 - 60 Btu/(hr)(ft²)(°F)

Dipilih $U_D = 55$ Btu/(hr)(ft²)(°F)

Area Perpindahan Panas

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta t} \\ &= \frac{17321644,16}{55 \times 194,7638} \\ &= 1617,030143 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Karena $A > 200 \text{ ft}^2$, maka digunakan shell and tube :

OD = 0,75 in

Jenis Tube = 16 BWG

Pitch (P_T) = 1 in square

Panjang Tube, L = 30 ft

Passes = 2

Luas permukaan luar (a'') : 0,1963 (Kern, 1965. Tabel 10)

Jumlah tube :

$$N_t = \frac{A}{L \times a''}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1617,030143 \\
 &30 \times 0,1963 \\
 &= 274,5848434 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

N_t distandardkan dan ID shell didapatkan dari (Kern, 1965. Tabel 9) :

$$N_t = 275$$

Dengan ID Shell = 21,25 in

Koreksi U_d

$$\begin{aligned}
 A &= N_t \times L \times a'' \\
 &= 275 \times 30 \times 0,1963 \\
 &= 1619,475 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$U_d = Q$$

$$\begin{aligned}
 &A \times \Delta t \\
 &= 17321644,16 \\
 &1619,475 \times 194,76 \\
 &= 54,91696867 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})
 \end{aligned}$$

Kesimpulan sementara hasil perancangan

Bagian Shell

$$ID_s = 21,25 \text{ in}$$

$$B = 12 \text{ in}$$

$$n = 2$$

Bagian Tube

$$N_t = 275$$

$$L = 30 \text{ ft}$$

$$OD = 0,75 \text{ in}$$

$$BWG = 16$$

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

square

$$n = 4$$

Fluida

Dingin (Shell)

Baffle spacing optimum : 0,2 - 0,5

Dipilih baffle spacing optimum : 0,5

Baffle spacing : Baffle spacing optimum x ID

$$= 0,5 \times 21,25 = 10,625$$

$$\begin{aligned} C'' &= P_T - OD \\ &= 1 - 0,75 \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_s &= \frac{ID \times C''B}{144 \times PT} \\ &= \frac{21,25 \times 0,25 \times 10,625}{144 \times 1} \\ &= 0,391981337 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{W_s}{a_s} \\ &= \frac{13493,72648}{0,391981337} \\ &= 34424,41058 \text{ lb}/(\text{hr})(\text{ft}) \end{aligned}$$

$$t_c = 153,5 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,053 \text{ cp} \\ &= 0,12826 \text{ lb}/(\text{hr})(\text{ft}) \end{aligned}$$

(Kern, 1965. Fig.14)

$$\begin{aligned} D_s &= 0,95 \text{ in} \\ &= 0,079166667 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re_{s} &= \frac{D_s \times G_s}{\mu} \\ &= \frac{0,079167 \times 34424,4106}{0,12826} \\ &= 21247,9794 \end{aligned}$$

(Kern, 1965. Fig. 28)

$$jH = 82$$

$$t_c = 153,5 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$c = 2,328 \text{ btu}/(\text{lb})(^\circ\text{F})$$

$$k = 0,294 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})$$

(Kern, 195. Tabel 4)

$$c\mu/k^{1/3} = 1,005176424$$

$$h_o' = jH \times (k/D_s) \times (c\mu/k)^{1/3}$$

$$\begin{aligned}
\phi_s &= 82 \times (0,0294/0,079167) \times 1,005 \\
&= 306,0984407 \\
t_w &= t_c \times ((h_o/h_o+h_{i0}) \times (T_c-t_c)) \\
&= 153,5 + ((306,098/273,298+306,098) \times (356-153,5)) \\
&= 260,4926461 \text{ } ^\circ\text{F} \\
\mu_w &= 0,029 \text{ cp} && \text{(Kern, 1965. Fig. 14)} \\
&= 0,07018 \text{ lb/(hr)(ft)} \\
\phi_s &= (\mu/\mu_w)^{0,14} \\
&= 1,088085197 \\
\bar{h}_o &= h_o' \times \phi_s \\
\phi_s &= 306,098 \times 1,088 \\
&= 333,0611822 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}
\end{aligned}$$

Fluida Panas, Tube, Steam

$$a'_t = 0,302 \quad \text{(Kern, 1965. Tabel 10)}$$

$$\begin{aligned}
a_t &= \frac{N \times a'_t}{144 \times n} \\
&= \frac{275 \times 0,302}{144 \times 4} \\
&= 0,144184028 \text{ ft}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
G_t &= w/a_t \\
&= 19892,876/0,14418403 \\
&= 137968,6526 \text{ lb/(hr)(ft)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_c &= 356 \text{ } ^\circ\text{F} \\
\mu &= 0,016 \text{ cp} && \text{(Kern, 1965. Fig. 15)} \\
&= 0,03872 \text{ lb/(hr)(ft)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_t &= 0,62 && \text{(Kern, 1965. Tabel 10)} \\
&= 0,051666667 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$R_{c,t} = \frac{D_t \times G_t}{\mu}$$

$$= \frac{0,05167 \times 137968,653}{0,03872}$$

$$= 184100,7331$$

$$L/D_t = 30/0,05167$$

$$= 580,6451613$$

$$jH = 720$$

(Kern, 1965. Fig. 24)

$$T_c = 356 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$c = 1,1 \text{ btu}/(\text{lb})(^\circ\text{F})$$

$$k = 0,017 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})$$

$$(c\mu/k)^{1/3} = 1,340041523$$

$$\underline{h_i} = jH \times (k/D_t) \times (c\mu/k)^{1/3}$$

$$\underline{\varnothing}_t$$

$$= 330,5320485$$

$$ID = 0,62$$

(Kern, 1965. Tabel 9)

$$\underline{h_{io}} = \underline{h_i} \times ID$$

$$\underline{\varnothing}_t \quad \underline{\varnothing}_t \times OD$$

$$= \frac{330,532 \times 0,62}{0,75}$$

$$0,75$$

$$= 273,2398267$$

$$t_w = 260,4926461 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu_w = 0,014 \text{ cp}$$

$$= 0,03388 \text{ lb}/(\text{hr})(\text{ft})$$

$$\underline{\varnothing}_t = (\mu/\mu_w)^{0,14}$$

$$= 1,018870229$$

$$\underline{h_{io}} = \underline{h_{io}} \times \underline{\varnothing}_t$$

$$\underline{\varnothing}_t$$

$$= 278,3959249 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

Menghitung U_c

$$U_c = \frac{\underline{h_{io}} \times h_o}{\underline{h_{io}} + h_o} = \frac{278,3959 \times 333,061}{278,3959 \times 333,061}$$

$$= 151,6424861$$

Koreksi Nilai A dan U_d

$$\begin{aligned} A &= a'' \times L \times N_t \\ &= 0,1963 \times 30 \times 275 \\ &= 1619,475 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{Q}{A \times \Delta t} \\ &= \frac{17321644,16}{1619,475 \times 194,763831} \\ &= 54,91696867 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \\ &= \frac{151,64249 - 54,9169687}{151,64249 + 54,9169687} = 0,01161485 \end{aligned}$$

Menghitung Pressure Drop

Tube : Untuk Nre sebesar 184100,733,
diapatkan nilai $f = 0,000081$ (Kern, 1965. Fig. 26)

Nilai spesifik gravity (s) = 1

$$\begin{aligned} \Delta P_t &= \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D_t \times s \times \varnothing_t} \\ &= \frac{0,00008 \times 137968,6526^2 \times 30 \times 4}{5,22 \times 10^{10} \times 0,05167 \times 1 \times 1,01887} \\ &= 0,067332896 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk nilai $G_t = 137968,6526$, $V^2/2g' = 0,018$

(Kern, 1965. Fig. 27)

$$\begin{aligned} \Delta P_r &= (4 \times n)/2 \times (v^2/2g') \\ &= (4 \times 4)/2 \times 0,018 \end{aligned}$$

$$= 0,144 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}\Delta P_T &= \Delta P_t + \Delta P_r \\ &= 0,0673329 + 0,144 \\ &= 0,211332896 \text{ psi}\end{aligned}$$

Shell

Untuk Nre : 21247, nilai f = 0,00021

Nilai specific gravity (s) = 1,0465

$$\begin{aligned}D_s &= ID/12 \\ &= 21,25/12 \\ &= 1,770833333 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah cross, } N+1 &= 12 \times L/B \\ &= 12 \times (30/10,65) = 33,88235294\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P_s &= f \times Gt^2 \times D_s' \times (N+1) \\ &= 5,22 \times 10^{10} \times D_s \times s \times \Phi_s \\ &= 0,00021 \times 34424,41^2 \times 0,079167 \times 33,88235 \\ &= 5,22 \times 10^{10} \times 1,77 \times 1,088085 \\ &= 0,003173 \text{ psi}\end{aligned}$$

6. CENTRIFUGE

Fungsi : Memisahkan kristal ZA dengan larutan induknya

Tipe : Continous Decanter Centrifuge

Jumlah : 1 unit

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Suhu = 60 °C

Laju alir bahan = 34770,58487 kg/jam

Faktor kemanan = 0,2

Menghitung volume larutan

$$\begin{aligned}
\text{volume larutan} &= m/\rho \\
&= 34770,5848/1095,5724 \\
&= 31,7373684 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 1119,934038 \text{ ft}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

Menghitung kecepatan pengendaman

Dari Tabel 22.1 (Foust, 1960). Dipilih disk centrifuge no.2

$$-r_1 = 1 \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$-r_2 = 5 \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan putaran} &= 6000 \text{ rpm} \\
&= 100 \text{ rps}
\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } \Sigma = 98000 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan pengendapan} &= Q/2\Sigma \\
&= 1119,934/(2 \times 98000) \\
&= 0,005713949 \text{ ft/jam}
\end{aligned}$$

Volume bahan dalam centrifuge

karena $r_2-r_1/r = 2 \times \ln r_2/r_1$

$$\begin{aligned}
V &= 98000 \times 32,174 \times 2 \times \ln (5 \frac{3}{4} / 1 \frac{7}{8}) \\
&\quad 100^2 \\
&= 706,656462 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{waktu tinggal } \theta &= V/Q \\
&= 706,65/1119,934 \\
&= 0,630980431 \text{ jam}
\end{aligned}$$

Direncanakan dibuat 1 centrifuge, jadi :

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas volume centrifuge (Vt)} &= Q \times (1+fk) \times \theta \\
&= 706,656 \times (1+0,2) \times \\
&\quad 0,63098 \\
&= 535,0636789 \text{ ft}^3 \\
&= 15,15131611 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Kesimpulan

Nama = Centrifuge

Tipe = Continous Decanter Centrifuge

Fungsi = Untuk memisahkan kristal ZA dan larutan induk

Jumlah = 1

Laju bahan = 34770,58487 kg/jam

Densitas = 1095,5724 kg/m³

Kecepatan putaran = 100 rps

Waktu tinggal = 0,75 jam

Kapasitas tangki = 16 m³

7. ROTARY DRYER

Fungsi : Mengeringkan kristal ammonium sulfat dengan menggunakan udara panas

Jenis : Single shell direct heat

Menentukan diameter dryer

Kondisi operasi :

Temperatur umpan masuk = 60 °C

Umpan ammonium sulfat masuk = 26104,01659 kg/jam

Massa velocity udara yang diizinkan = 0,5 - 5

(Perry, 1999)

Dipilih velocity udara = 5

Laju udara kering masuk dryer = 259709,0469 kg/hari

= 72,14140193 kg/s

Diameter Rotary Dryer

$$D^2 = G_s / (\pi/4 \times G)$$

$$D^2 = 72,14140193 / (3,14/4 \times 5)$$

$$= 18,37997501 \text{ kg/s}$$

$$D = 4,287187308 \text{ m}$$

$$= 14,06197437 \text{ ft}$$

Panjang Rotary Dryer

Dari (Perry, p. 12-52), panjang rotary secara umum $(4-10) \times D$

Diambil $I = 8$

maka $L = 8 \times 4,287 = 34,29749846 \text{ m}$

Menghitung Putaran Dryer

Dari Perry page 12-56, rotary dryer beroperasi pada speed :
 $0,25 - 0,5 \text{ m/s}$

Dipilih kecepatan putaran : $0,4 \text{ m/s}$

$$\begin{aligned} N &= \frac{n}{\pi \times D} \\ &= \frac{0,4}{3,14 \times 4,28} \\ &= 0,029713779 \text{ rps} \\ &= 1,782826724 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Koreksi $N \times D = 1,337 \times 14,06 \text{ ft}$
 $= 25,07006369$ (Memenuhi range $N \times D = 25-30$)

Waktu Tinggal

hold up mempunyai tange 3-12% volume

Dipilih 5% volume, maka :

$$\begin{aligned} v &= \pi \times D^2 \times L \\ &= 3,14 \times (4,28/2)^2 \times 34,297 \\ &= 494,8539244 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

faktor keamanan = $0,2$

$$\begin{aligned} V_{\text{dryer}} &= (1+fk) \times v \\ &= (1+0,2) \times 494,85 \\ &= 593,8247092 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

diketahui bulk density ammonium sulfat adalah 929,067 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{hold up} &= 5\% \times V_{\text{dryer}} \\ &= 5\% \times 593,8247 \\ &= 29,69123546 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka waktu tinggal adalah

$$\begin{aligned}\Theta &= \frac{(\text{hold up}) \times \rho}{\text{feed rate}} \\ &= \frac{29,69 \times 929,067}{26104,01659} \\ &= 1,056739562 \text{ jam} \\ &= 63,40437372 \text{ menit}\end{aligned}$$

Menentukan tenaga dryer

Range HP : 0,5 D² - 1 D²

$$\begin{aligned}\text{Diambil HP} &= 0,9 D^2 \\ &= 0,9 \times (4,28)^2 \\ &= 16,54197751 \text{ HP}\end{aligned}$$

Menentukan Time of Passage dari Dryer

range slope dryer = 0-8 cm/m

dipilih = 8 cm/m = 0,08 m/m

konstanta yang di handle (B) : 5 (D_p)^{-0,5}

diameter partikel : 30 mesh = 0,55 m

$$\begin{aligned}\text{sehingga B} &= 5 \times (0,55)^{-0,5} \\ &= 6,741998625 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{feed rate umpan (F)} &= \frac{\text{jumlah material masuk}}{(\pi/4) \times D} \\ &= \frac{26104,01659}{(3,14/4) \times 4,28}\end{aligned}$$

$$= 7756,489728 \text{ kg/m.jam}$$

$$= 2,15458048 \text{ kg/m.s}$$

Time of passage dari rotary dryer dapat dihitung dengan persamaan

$$\Phi = \frac{0,23 L}{S (N)^{0,9} D} + \frac{0,6 B G L}{F}$$

$$= \frac{0,23 \times 34}{0,08 \times (0,0297)^{0,9} \times 4,28} + \frac{0,6 \times 6,742 \times 5 \times 34,297}{2,154}$$

$$= 866,5508042 \text{ s}$$

Menentukan Overall Heat Transfer Area (Perry, 1999)

$$V_a = \frac{G^{0,16} \times 10}{D}$$

$$= \frac{5^{0,16} \times 10}{4,28}$$

$$= 3,017607444 \text{ kg/s.m}^3$$

Menentukan Jumlah Flight (Perry, 1999)

Range jumlah flight untuk rotary dryer : 0,6-D

dipilih : 0,6

sehingga jumlah flight : 0,6 x 4,28

$$= 2,572312385 \text{ (tiap 1 circle)}$$

$$= 3 \text{ (tiap 1 circle)}$$

$$\text{Panjang flight} = \frac{4,287187308}{2} = 2,143593654$$

$$\text{Total circle} = \frac{L \text{ drum}}{L \text{ flight}} = \frac{34,29749846}{2,143593654}$$

$$= 16 \text{ buah}$$

Total jumlah flight = Total circle x jumlah flight tiap 1

$$\begin{aligned}
 & \text{circle} \\
 & = 16 \times 3 \\
 & = 41,15699816 \text{ buah} \\
 & = 42 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kemiringan Rotary Dryer (Perry, 1999)

$$\begin{aligned}
 \text{range slope dryer} &= 0-8 \text{ cm/m} \\
 \text{dipilih} &= 8 \text{ cm/m} = 0,08 \text{ m/m} \\
 \text{panjang drum} &= 34,29749846 \text{ m} \\
 \text{slope actual} &= 0,08 \times 34,297 \\
 &= 2,743799877 \text{ m} \\
 \text{tg } \alpha &= 2,743799877 \\
 \alpha &= 1
 \end{aligned}$$

Kesimpulan

Fungsi = Untuk mengeringkan kristal ammonium sulfat dengan udara panas

Tipe = Single shell direct heat

Laju udara kering = 72,14140193 kg/s

Diameter = 4,287187308 m

Panjang = 34,29749846 m

Putaran = 25,07006369

Waktu Tinggal = 1,056739562 jam

Time of Passage = 866,5508042 s

Overall heat transfer area = 3,017607444

Jumlah flight = 42

Kemiringan = 1

7. WET CYCLONE

Fungsi : Untuk menangkap debu-debu ammonium sulfat yang berada di udara

Tipe : High efficiency cyclone separator

Kondisi Operasi

Suhu = 55 °C

Tekanan = 1 atm

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi	ρ (kg/m ³)	ρ campuran
(NH ₄) ₂ SO ₄	47,52212045	0,08945235	1419,96	127,0187598
H ₂ SO ₄	3,771704256	0,0070996	1,733	0,012303598
H ₂ O	479,9624262	0,90344805	0,9	0,813103249
Total	531,2562509	1		127,8441667

Viskositas udara = 0,08 kg/m.jam

Densitas udara = 0,9 kg/m³

Laju alir volumetrik = massa/ ρ

$$= 531,2562509/127,8441667$$

$$= 4,155498563 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kecepatan cyclone $V_c = 100 \text{ m/jam}$

Diameter lubang inlet = 0,00256 m

$B_c = \frac{D_p \cdot t^2 \times 3,14 \times V_c \times (\rho_s - \rho)}{9 \times \mu g}$

$$= \frac{0,00256 \times 3,14 \times 100 \times (127,844-0,9)}{9 \times 0,08}$$

$$= 0,362818841 \text{ m}$$

$$= 1,190045798 \text{ m}$$

Spesifikasi ukuran wet cyclone

$D_c = \text{Diameter cyclone}$

$$= 4 \times B_c$$

$$= 4 \times 0,3628$$

$$= 1,451275363 \text{ m}$$

$$= 4,76018319 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
D_e &= \text{Diameter gas outlet} \\
&= D_c/2 \\
&= 1,45/2 \\
&= 0,725637681 \text{ m} \\
&= 2,380091595 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_c &= \text{Tinggi silinder} \\
&= 2 \times D_c \\
&= 2 \times 1,45 \\
&= 2,902550726 \text{ m} \\
&= 9,52036638 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_c &= \text{Tinggi konis} \\
&= 2 \times D_c \\
&= 2 \times 1,45 \\
&= 2,902550726 \text{ m}
\end{aligned}$$

Kesimpulan

Fungsi = Menyerap kandungan debu-debu ammonium sulfat yang terbawa di udara

Tipe = High efficiency separator

Jumlah = 2

Laju bahan = 531,2562509 kg/jam

Densitas bahan = 127,8441667 kg/m³

Diameter cyclone = 1,451275363 m

Diameter gas outlet = 0,725637681 m

Tinggi silinder = 2,902550726 m

Tinggi konis = 2,902550726 m

Diameter lubang inlet = 0,00256 m

Kecepatan cyclone = 100 m/jam

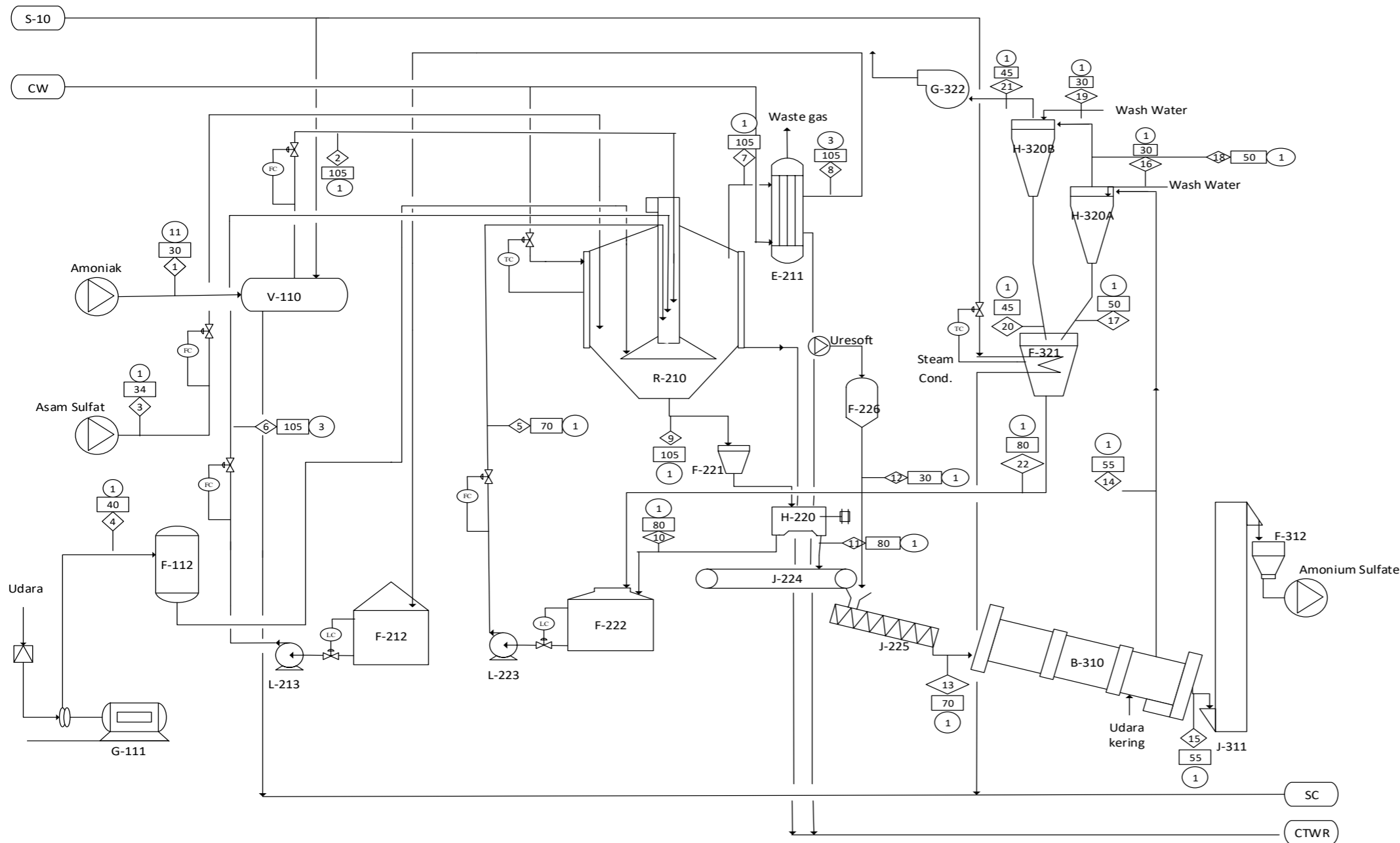
BIODATA PENULIS



Penulis I bernama Indah Ayu Pramiswari, dilahirkan di Bogor, 18 Mei 1999. Alamat Jl.Kolonel Hj Ismail, Peterongan, Jombang. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SMPN 2 Sukaraja, SMAN 3 Jombang, dan hingga saat ini meneruskan pendidikan di DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan nomor registrasi 1041160000013. Selama Kuliah penulis aktif di organisasi sebagai Staff Ahli di Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FV-ITS. Serta Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan dan seminar seperti seminar nasional National Seminar of Schematics with BULOG 2017. Penulis juga melaksanakan Kerja Praktek di Krakatau Steel, Cilegon.



Penulis II bernama Rakmad Rofiansyah Badrul Alam, dilahirkan di Surabaya, 24 Maret 1998. Alamat Kemayoran II No. 17a Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari T Alizah Surabaya, SMP Negeri 2 Surabaya, SMA Negeri 9 Surabaya, dan hingga saat ini meneruskan pendidikan di DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan nomor registrasi 10411600000085. Selama Kuliah penulis aktif di organisasi sebagai ketua Staff Ahli Departemen Profesi dan keilmiahan DIII Teknik Kimia FV-ITS. Serta Penulis juga mengikuti organisasi ARYAKA ITS Team dan mengikuti UKM Penalaran. Penulis juga melaksanakan Kerja Praktek di PT Petrokimia Pabrik IIIKA, Gresik.



	Nomor Aliran		Steam 10 bar
	Temperatur (°C)		Steam condensat
	Tekanan (Kg/Cm ²)		Cooling water
	Bahan Masuk		Cooling tower
	Produk		

Keterangan			
21.	G-322	Exhauster	1
20.	F-321	Dissolution Drum	1
19.	H-320B	Wet Cyclone	1
18.	H-320A	Wet Cyclone	1
17.	F-312	Collecting Hopper	1
16.	J-311	Bucket Elevator	1
15.	B-310	Rotary Dryer	1
14.	F-226	Uresoft Tank	1
13.	J-225	Screw Conveyor	1
12.	J-224	Belt Conveyor	1
11.	L-223	Mother Liquor Pump	1
10.	F-222	Mother Liquor Tank	1
9.	F-221	Hopper	1
8.	H-220	Centrifuge	1
7.	L-213	Condensat Pump	1
6.	F-212	Condensat Tank	1
5.	E-211	Condensor	1
4.	R-210	Saturator	2
3.	F-112	Compressed Air Drum	1
2.	G-111	Air Compressor	1
1.	V-110	Vaporizer	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah

Keterangan
Flowsheet Pabrik Amonium Sulfat

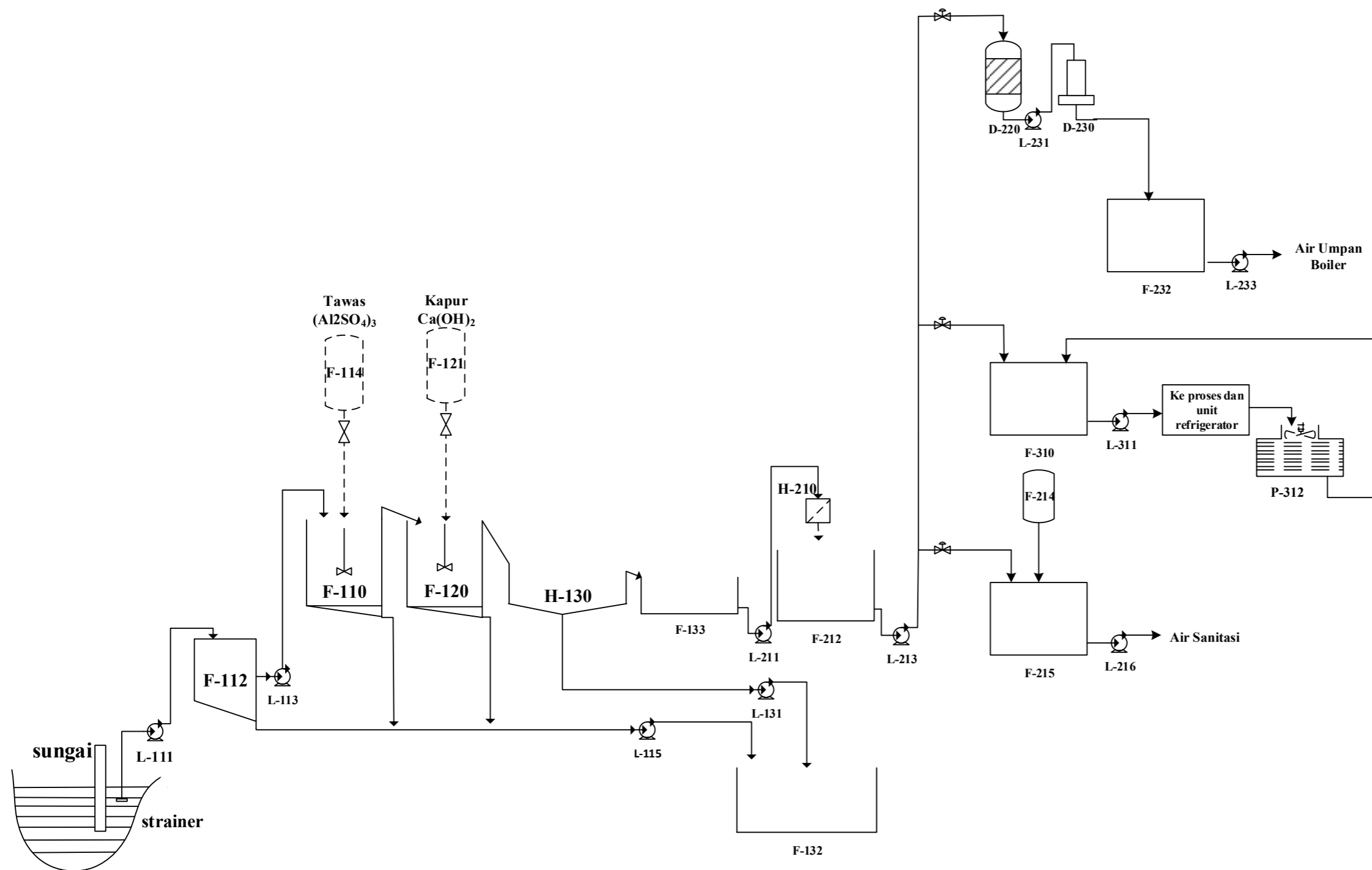
Disusun Oleh:
 Indah Ayu Pramiswari (104116 000 000 13)
 Rakhmad Rofiansyah (104116 000 000 85)

Dosen Pembimbing
 Dr.Ir. Lily Pudjiastuti, M.T
 NIP. 19580703 198502 2 001

Co Dosen Pembimbing
 Achmad Ferdiansyah P.P, S.T.
 M.T.
 NIP. 19880617 201803 1 002

Program Studi DIII Teknik Kimia
 Departemen Teknik Kimia Industri
 Fakultas Vokasi
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Steam No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
T (°C)	30	105	34	40	80	105	105	105	105	80	80	30	70	55	55	30	50	50	30	45	45	80
P (atm)	11	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TABEL NECARA MASSA PABRIK AMMONIM SULFAT DENGAN PROSES NETRALISASI (DALAM KG/HARI)																						
Komponen																						
NH3	145467.8	145467.8	-	-	-	999.505	732	732	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2SO4	-	-	462661.9	-	17347.202	-	-	-	60347.2	15086.8	45260.45	-	45260.45	452.604511	44807.8466	-	362.09	90.5209021	-	89.6156931	0.90520902	451.6993017
H2O	1469.3713	1469.3713	9442.1	-	4985.467	499.85	2603.93	2603.93	13792.8	3448.2	10344.63	-	10344.63	10334.2865	10.3446311	4787.118	4787.118	10334.2865	1184.8	1184.81173	10334.2865	5971.929848
Udara	-	-	-	1000	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(NH4)2SO4	-	-	-	-	194957.175	-	-	-	760353.93	190088.48	570265.45	-	570265.45	5702.65445	564562.791	-	4562.12	1140.53089	-	1129.12558	11.4053089	5691.249145
Uresoft	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	625.87	625.87	6.25870528	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	146937.1304	146937.1304	472103.9	1000	217289.85	1499.36	4336.266	3336.266	834494	208623.5	625870.53	625.87	626496.40	16495.8042	610000	4787.118	9711.325	11565.3383	1184.8	2403.55301	10346.597	12114.8783



27.	P-312	Cooling Tower	1
26.	L-311	Pompa	1
25.	F-310	Tangki Air Proses/Pendingin	1
24.	L-233	Pompa	1
23.	F-232	Tangki Air Demineralisasi	1
22.	L-231	Pompa	1
21.	D-230	Decarborator	1
20.	D-220	Kation&Anion Exchanger	1
19.	L-216	Pompa	1
18.	F-215	Tangki Penampungan Air Sanitasi	1
17.	F-214	Tangki Desinfektan	1
16.	L-213	Pompa	1
15.	F-212	Bak penampung Sementara	1
14.	L-211	Pompa	1
13.	H-210	Sand Filter	1
12.	F-133	Tangki Air Bersih	1
11.	F-132	Bak Penampung Lumpur	1
10.	L-131	Pompa	1
9.	H-130	Clarifier	1
8.	F-121	Tangki Ca(OH) ₂	1
7.	F-120	Tangki Flokulasi	1
6.	L-115	Pompa	1
5.	F-114	Tangki (Al ₂ SO ₄) ₃	1
4.	L-113	Pompa	1
3.	F-112	Tangki Penampungan Air Sungai	1
2.	L-111	Pompa	1
1.	F-110	Tangki Koagulasi	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah

Keterangan

Flowsheet Utilitas Pabrik Amonium Sulfat dengan Proses Netralisasi

Disusun Oleh:
 Indah Ayu Pramiswari (104116 000 000 13)
 Rakhmad Rofiansyah (104116 000 000 85)

Dosen Pembimbing
 Dr.Ir. Lily Pudjiastuti, M.T
 NIP. 19580703 198502 2 001

Co Dosen Pembimbing
 Achmad Ferdiansyah P.P, S.T.
 M.T.
 NIP. 19880617 201803 1 002



Program Studi DIII Teknik Kimia
 Departemen Teknik Kimia Industri
 Fakultas Vokasi
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya