



TUGAS AKHIR - TK 145501

**PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI  
NATRIUM KARBONAT DAN ASAM FOSFAT  
DENGAN PROSES *NEUTRALIZATION, DRYING*  
DAN *CALCINATION***

AGNARINDRA RAHMA LISADAVY  
NRP. 10411500000030

IRA BENY PRATIWI  
NRP. 10411500000066

Dosen Pembimbing I  
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd

Dosen Pembimbing II :  
Achmad Ferdiansyah P. P., ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



---

**TUGAS AKHIR - TK145501**

**PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI  
NATRIUM KARBONAT DAN ASAM FOSFAT  
DENGAN PROSES NEUTRALIZATION, DRYING  
DAN CALCINATION**

AGNARINDRA RAHMA LISADAVY  
NRP. 10411500000030

IRA BENY PRATIWI  
NRP. 10411500000066

Dosen Pembimbing I :  
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd

Dosen Pembimbing II :  
Achmad Ferdiansyah P. P., ST. MT

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



---

**FINAL PROJECT - TK145501**

**SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE FROM SODIUM CARBONATE AND PHOSPHATE ACID WITH NEUTRALIZATION, DRYING AND CALICNATION PROCESS**

AGNARINDRA RAHMA LISADAVY  
NRP. 10411500000030

IRA BENY PRATIWI  
NRP. 10411500000066

Supervisor I :  
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd

Supervisor II :  
Achmad Ferdiansyah P. P., ST. MT

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING**  
**Faculty of VOCATIONAL**  
**Sepuluh Nopember Instittute of Technology**  
**Surabaya 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :  
**PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI Natrium  
KARBONAT DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES  
NEUTRALISASI, DRYING DAN CALCINATION**

### TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Agnarindra Rahma Lisadavy (NRP 10411500000030)  
Ira Beny Pratiwi (NRP 10411500000066)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd  
NIP. 19510729 198603 2 001

Achmad Ferdiansyah P. P., ST, MT  
NIP. 19880617 201803 1 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri

FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, MS  
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 25 JULI 2018

## LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul "**Pabrik Sodium Tripolyphosphate dari Natrium Karbonat dan Asam Fosfat dengan Proses Neutralisasi, Drying Dan Calcination**", yang disusun oleh :

Agnarindra Rahma Lisadavy  
Ira Beny Pratiwi

(NRP 10411500000030)  
(NRP 10411500000066)

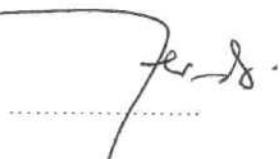
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng
2. Ir. Agus Surono, MT



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd
2. Achmad Ferdiansyah P. P., ST, MT



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **Pabrik Sodium Tripolyphosphate dari Natrium Karbonat dan Asam Fosfat dengan Proses Neutralization, Drying dan Calcination**. Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari penggeraan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

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

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, Kakak, keluarga dan teman-teman yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. Selaku Koordinator Tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd. dan Bapak Achmad Ferdiansyah Pradana P, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas

- Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Bapak Ir. Agus Surono, MT. dan Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. selaku Dosen Pengaji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  7. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd. dan Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT. selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  8. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2015 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.
- Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 12 Juli 2018

TTD

Penulis

# **PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI NATRIUM KARBONAT DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES NEUTRALIZATION, DRYING, DAN CALCINATION**

Nama Mahasiswa : Agnarindra Rahma L. 10411500000030  
Ira Beny Pratiwi 10411500000066  
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. DanawatiHariPrajitno, M.Pd.  
Achmad Ferdiansyah P. P., ST, MT

## **ABSTRAK**

*Di Indonesia senyawa Sodium Tripolyphosphate memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan. Banyaknya permintaan dari dalam negeri belum diimbangi dengan ketersediaan Sodium Tripolyphosphate sehingga Indonesia masih mengimpornya dari berbagai Negara. Hanya ada satu pabrik Sodium Tripolyphosphate di Indonesia yaitu PT. Petrocentral Gresik. Semakin besarnya kebutuhan Sodium Tripolyphosphate wilayah Indonesia memberikan peluang untuk didirikan sebuah pabrik Sodium Tripolyphosphate. Sehingga rancang pabrik ini memiliki kapasitas sebesar 42.000 ton/tahun guna membantu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia.*

*Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pembuatan Sodium Tripolyphosphate pada perancangan pabrik ini menggunakan proses yang telah di pilih yaitu Proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack. Pertimbangannya karena proses yang di pilih ini merupakan proses yang memudahkan dalam proses netralisasinya, karena ada 2 tahap pre netralisasi dan netralisasi. Ini menguntungkan karena reaksinya lebih sempurna. Hasil akhirnya adalah terbentuknya Sodium Typolyphosphate juga terbentuknya Tetrasodium Pyrophosphate dari Disodium Phosphate yang tidak bereaksi dengan Sodium Typolyphosphate.*

*Hasil dari perancangan Pabrik STPP ini adalah bertempatkan di Kawasan Industri Tuban. Rancang pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Bahan baku Asam Fosfat diambil dari PT. Petrocentral Gresik dan Natrium Karbonat diambil dari PT. Kaltim Sahid Baritosoda Kimia.*

*Kata Kunci : Sodium Tripolyphosphate, Natriom Karbonat, Asam Fosfat*

# SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE FROM SODIUM CARBONATE AND PHOSPHATE ACID WITH NEUTRALIZATION, DRYING, AND CALCINATION PROCESS

Student Name	:	Agnarindra Rahma L.	10411500000030
		Ira Beny Pratiwi	10411500000066
Departement	:	Departement Of Chemical Engineering Industry	
Supervisor	:	Prof. Dr. Ir. DanawatiHariPrajitno, M.Pd. Achmad Ferdiansyah P. P., ST, MT	

## ABSTRACT

*In Indonesia Sodium Tripolyphosphate compounds have good prospects to be developed, both in terms of potential raw materials and markets. The main goal is to meet the domestic needs that tend to increase every year. The number of domestic demand has not been matched by the availability of Sodium Tripolyphosphate so that Indonesia still imports it from various countries. There is only one Sodium Tripolyphosphate factory in Indonesia that is PT. Petrocentral Gresik with installed production capacity of 50,000 tons / year. The greater the need for Sodium Tripolyphosphate in Indonesia provides an opportunity for the establishment of a Sodium Tripolyphosphate plant. So the design of this factory has a capacity of 42,000 tons / year to help to meet the needs of the people of Indonesia.*

*In establishing a factory, it is necessary to select from several existing processes. Making Sodium Tripolyphosphate on the design of this plant using a process that has been selected is the Combination Process of Two-Stage Process and Hoechst-Knapsack Process. Consideration because the process is selected is a process that facilitates the process of neutralization. Because of its neutralization there are 2 pre neutralization and neutralization stages. This is beneficial because the reaction is more perfect. The end result is the formation of Sodium Typolyphosphate also the formation of Tetrasodium Pyrophosphate from Disodium Phosphate which does not react with Sodium Typolyphosphate.*

*The result of the design of this STPP Plant is located in Ds Industrial Estate. Socorejo, Kec. Jenu, Kab. Tuban, East Java. The design of this plant operates continuously for 330 days / year and 24 hours / day. The raw material of Phosphoric Acid is taken from PT. Petrocentral Gresik and Sodium Carbonate are taken from PT. Kaltim Sahid Baritosoda Kimia. And the supporting material of this plant is water.*

**Keywords : Sodium Tripolyphosphate, Natriom Carbonate, Phosphoric Acid**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>KATA PENGATAR</b>	.....i
<b>ABSTRAK</b>	.....iii
<b>ABSTRACT</b>	.....iv
<b>DAFTAR ISI</b>	.....v
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	.....viii
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	.....ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	.....x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.1.1 Sejarah .....	I-2
1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik .....	I-4
1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	I-6
1.1.4 Kebutuhan .....	I-7
1.1.5 Aspek Pasar.....	I-7
1.1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	I-7
1.1.7 Penentuan Lokasi Pabrik.....	I-9
1.1.8 Faktor-faktor Penentuan Lokasi .....	I-11
1.2 Dasar Teori .....	I-12
1.3 Sifat Fisika dan Kimia.....	I-13
1.3.1 Bahan Baku Utama .....	I-13
1.3.2 Bahan Baku Pendukung .....	I-15
1.4 Kegunaan <i>Sodium Tripolyphosphate</i> .....	I-16
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Macam Proses .....	II-1
2.1.1 Proses Dua Tahap .....	II-1
2.1.2 Proses Hoechst-Knapsack .....	II-3
2.1.3 Proses Kombinasi.....	II-4
2.2 Seleksi Proses .....	II-8
2.3 Uraian Proses Terpilih .....	II-9
2.3.1 Proses Neutralization .....	II-9

2.3.2 Proses Drying.....	II-10
2.3.3 Proses Calcination.....	II-11

### **BAB III NERACA MASSA**

3.1 Silo Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	III-1
3.2 Tangki Penyimpanan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .....	III-1
3.3 Tangki Pelarutan Soda Ash .....	III-2
3.4 Reaktor (R-120) .....	III-2
3.5 Reaktor (R-210) .....	III-3
3.6 Tangki Penampungan <i>Spray Dryer</i> .....	III-4
3.7 <i>Spray Dryer</i> .....	III-4
3.8 <i>Cyclone</i> (H-313).....	III-5
3.9 <i>Screw Conveyor</i> .....	III-6
3.10 <i>Rotary Calciner</i> .....	III-7
3.11 <i>Cyclone</i> (H-414).....	III-8
3.12 <i>Screw Conveyor</i> (J-421).....	III-8
3.13 <i>Rotary Cooler</i> (B-420) .....	III-9

### **BAB IV NERACA PANAS**

4.1 <i>Heater</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	IV-1
4.2 <i>Heater</i> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .....	IV-1
4.3 Reaktor (R-120) .....	IV-1
4.4 Reaktor (R-210) .....	IV-2
4.5 <i>Heater</i> (E-312).....	IV-2
4.6 <i>Spray Dryer</i> .....	IV-2
4.7 <i>Rotary Calciner</i> (B-410) .....	IV-3
4.8 <i>Rotary Cooler</i> (B-420) .....	IV-3
4.9 Air <i>Heater</i> (B-420) .....	IV-1

### **BAB V SPESIFIKASI ALAT**

5.1 Silo Soda Ash .....	V-1
5.2 Tangki Penyimpanan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .....	V-1
5.3 <i>Belt Conveyor</i> .....	V-2
5.4 <i>Bucket Elevator</i> .....	V-2
5.5 Pompa .....	V-2
5.6 <i>Heater</i> .....	V-3
5.7 Reaktor (R-120) dan (R-210) .....	V-3
5.8 Tangki Penampungan (F-215).....	V-4

5.9	<i>Spray Dryer</i> (B-310) .....	V-4
5.10	<i>Screw Conveyor</i> (J-421).....	V-5
5.11	<i>Rotary Calciner</i> .....	V-5
5.12	<i>Rotary Cooler</i> .....	V-6
5.13	<i>Vibrating Screen</i> (H-513).....	V-6
5.14	<i>Ball Mill</i> .....	V-7
5.15	<i>Cyclone</i> .....	V-7

## BAB VI UTILITAS

6.1	Utilitas Secara Umum .....	VI-1
6.2	Syarat Kebutuhan Air pada Pabrik .....	VI-2
6.2.1	Air .....	VI-2
6.2.2	Air Sanitasi .....	VI-3
6.2.3	Air Proses.....	VI-4
6.2.4	Air Pendingin .....	VI-4
6.2.5	Air Umpam Boiler .....	VI-5
6.2.6	Proses Pengolahan Air .....	VI-6
6.3	Utilitas pada Pabrik <i>Sodium Trypolyphosphate</i> ...	VI-9
6.3.1	Air Sanitasi .....	VI-9
6.3.2	Air Umpam Boiler .....	VI-10
6.3.3	Air Proses.....	VI-10
6.3.4	Air Pendingin .....	VI-11
6.3.5	Udara Panas .....	VI-11
6.3.6	LNG .....	VI-12
6.4	Kebutuhan Listrik pada Pabrik.....	VI-13

## BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

7.1	Pendahuluan.....	VII-1
7.1.1	KKK Secara Umum .....	VII-1
7.1.2	Kecelakaan Kerja .....	VII-3
7.1.3	Potensi Bahaya Lingkungan Kerja .....	VII-12
7.2	Alat Perlindungan Diri (APD).....	VII-14
7.2.1	Penjelasan APD secara Umum.....	VII-14
7.2.2	Syarat-syarat Alat Perlindungan Diri .....	VII-15
7.2.3	Jenis-jenis APD secara Umum .....	VII-15
7.3	Instalasi Pemadaman Kebakaran.....	VII-19
7.4	KKK pada Pabrik.....	VII-20

7.4.1 Sistem yang Digunakan pada Pabrik .....	VII-21
7.4.2 Alat Perlindungan Diri pada Pabrik .....	VII-22
7.4.3 Keselamatan Pabrik yang ada pada Pabrik .....	VII-31
<b>BAB VIII INSTRUMENTASI</b>	
8.1 Instrumentasi Secara Umum .....	VIII-1
8.2 Jenis-jenis Alat Kontrol di Bidang Industri .....	VIII-4
8.3 Instrumentasi pada Pabrik .....	VIII-5
<b>BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA</b>	
9.1 Pengolahan Limbah Industri Kimia.....	IX-1
<b>BAB X KESIMPULAN</b>	
19.1 Kesimpulan .....	X-1
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	xii
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	xiv
<b>LAMPIRAN :</b>	
APPENDIX A NERACA MASSA.....	A-1
APPENDIX B NERACA PANAS.....	B-1
APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT.....	C-1
Flowsheet Proses Pabrik STPP	
Flowsheet Utilitas Pabrik STPP	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.3</b>	Daerah Lokasi Pendirian Pabrik .....	I-11
<b>Gambar 2.1</b>	<i>Two-stage Process for Production of STPP</i> .....	II-1
<b>Gambar 2.2</b>	Proses Hoechst-Knapsack.....	II-3
<b>Gambar 2.3</b>	Proses Kombinasi .....	II-4

## **DAFTAR GRAFIK**

<b>Grafik 1.1</b>	Kebutuhan Impor STPP di Indonesia.....	I-8
<b>Grafik 1.2</b>	Kebutuhan Ekpor STPP di Indonesia.....	I-8
<b>Grafik 2.1</b>	Diagram fase .....	II-7

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 1.1</b>	Jumlah kebutuhan STPP di Indonesia .....	I-5
<b>Tabel 2.1</b>	Data Perbandingan Proses.....	II-8
<b>Tabel 8.1</b>	Tabel Sistem Kontrol pada Pabrik.....	VIII-7

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan kemajuan jaman, pembangunan di segala bidang semakin harus diperhatikan. Salah satu jalan untuk meningkatkan taraf hidup bangsa adalah pembangunan industri kimia, baik yang menghasilkan suatu produk jadi maupun produk untuk bahan mentah yang akan diolah kelanjutannya.

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) di Indonesia yang semakin berkembang berpengaruh terhadap semakin banyaknya inovasi baru dalam berbagai bidang. Kemajuan IPTEK juga terjadi pada bidang perindustrian di Indonesia yang sedang berkembang. Salah satu industri yang terus melakukan inovasi dan perkembangan adalah industri kimia. Perkembangan tersebut memacu kebutuhan produksi industri kimia yang terus meningkat, baik kebutuhan bahan baku maupun bahan penunjang lainnya. Bahan baku maupun bahan penunjang di industri kimia sangatlah beragam, salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri adalah *Sodium Tripolyphosphate*.

*Sodium Tripolyphosphate* adalah salah satu produk turunan dari fosfat yang memiliki rumus molekul  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  disebut juga dengan *Sodium Triphosphate* atau *Penta Sodium Tripolyphosphate*. *Sodium Tripolyphosphate* banyak digunakan dalam skala besar sebagai komponen produk rumah tangga dan industri. Zat ini juga digunakan sebagai *builder* dalam pembuatan deterjen, dan dapat digunakan secara aman sebagai bahan aditif yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas makanan, terutama



produk daging dan ikan. Sebagai *builder* dalam deterjen dan bahan aditif makanan kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* diperkirakan akan terus meningkat seiring tingginya pertumbuhan konsumsi perkapita maupun pertambahan penduduk.

Tingginya kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* harus diimbangi dengan peningkatan produksinya, sehingga kebutuhan dapat terpenuhi. Banyaknya permintaan dari dalam negeri belum diimbangi dengan ketersediaan *Sodium Tripolyphosphate* sehingga Indonesia masih mengimpornya dari berbagai Negara. Hanya ada satu pabrik yang membuat *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia yaitu PT. Petrocentral dengan kapasitas produksi terpasang 50.000 ton/tahun.

Di Indonesia senyawa *Sodium Tripolyphosphate* memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan, baik ditinjau dari potensi bahan baku maupun pasarnya. Sehingga sangat tepat apabila di Indonesia didirikan pabrik *Sodium Tripolyphosphate*, dengan tujuan utama yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya, mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, dan membuka lapangan kerja baru untuk mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

### 1.1.1 Sejarah

*Sodium Tripolyphosphate* yang selanjutnya disingkat dengan STPP adalah senyawa anorganik dengan rumus kimia  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , berwujud serbuk kristal putih, tidak berbau dan larut dalam air, digunakan sebagai pelunak air, pengawet makanan dan *texturize* (Wirjawan, 2011).



Tingginya kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* harus diimbangi dengan peningkatan produksinya, sehingga kebutuhan dapat terpenuhi. Banyaknya permintaan dari dalam negeri belum diimbangi dengan ketersediaan *Sodium Tripolyphosphate*, sehingga Indonesia masih mengimpornya dari beberapa Negara. Hanya ada satu pabrik yang membuat *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia yaitu PT. Petrocentral dengan kapasitas produksi terpasang 50.000 ton/tahun (*Febriantina, 2016*).

Perluasan besar kapasitas fosfor dalam 20 tahun dari akhir 1940an terutama didorong oleh permintaan STPP. Penggunaan utamanya adalah sebagai pembentuk deterjen. Perkembangan sama pentingnya dengan pertandingan di awal abad kesembilan belas. Pada tahun 1946, Procter & Gamble meluncurkan deterjen sintetis baru. Deterjen baru ini, satu bagian alkil sulfat, tiga bagian STPP, efektif dalam pembersihan yang sangat kotor, dalam air keras, tanpa meninggalkan sampah sabun, itu jauh lebih unggul dari yang lain produk pembersih dua pencuci besar lainnya. Colgate dan Unilever bergegas ke sana mengejar ketinggalan. STPP dibuat dengan mereaksikan asam fosfat dengan sodium bikarbonat atau natrium hidroksida. Cairan natrium fosfat yang dihasilkan dikeringkan dan dipanaskan sampai suhu transformasi yang dinginkan. Kualitas asam dan kemurniannya penting, terlalu tinggi tingkat beberapa logam dapat mempengaruhi warna atau sifat dari akhir campuran deterjen. Di sisi lain, tidak perlu asam, katakanlah kualitas makanan kelas yang sekali arsenik telah diperhatikan kemurnian standar asam termal berasal dari fosfor. Tingkat natrium misalnya bisa sangat tinggi seperti langkah



selanjutnya dalam prosesnya adalah bereaksi dengan sumber natrium.

Pada tahun 1950 dan 1960an, dua rute utama menuju STPP berasal dari asam termal (dieksplorasi di Amerika Serikat dan Eropa) dan dari WPA dengan pemurnian bahan kimia, yang telah disebut proses garam basah (dieksplorasi di Eropa dan oleh Blockson / Olin di Amerika Serikat). Dalam proses garam basah, WPA terlebih dahulu memiliki kelebihan sulfat dikurangi dengan batuan fosfat, kemudian natrium hidroksida / bikarbonat ditambahkan untuk meningkatkan pH ke titik di mana banyak kotoran mengendap keluar. Asam itu kemudian disaring dan dipekatkan, dan natrium selanjutnya ditambahkan untuk membuat natrium fosfat minuman keras yang diumpulkan ke pabrik STPP. Proses garam basah adalah pemurnian mentah proses tapi bisa diterima secara teknis dan industrial daripada makanan produk kelas biaya relatif STPP yang terbuat dari asam termal turun biaya relatif fosfor dan asam proses basah.

Munculnya permintaan STPP dan asam fosfat bersamaan dengan bangkitnya industri fosfat Israel. Negev Fosfat terbentuk pada tahun 1952 sampai memanfaatkan cadangan fosfat di wilayah itu. Sebelumnya, bahan tersebut diimpor dari Jordan ke Haifa untuk membuat pupuk fosfat. Dua puluh satu deposit ditemukan, dan yang terpenting yang ditambang hari ini adalah Oron, Arad, dan Nahal Zin, dan lainnya (*Gilmour, 2007*).

### **1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik**

Negara Indonesia perlu mengembangkan lagi sektor-sektor yang menunjang untuk perkembangan sektor industri

---



kimia. Jumlah industri kimia di Indonesia semakin meningkat, khususnya industri detergen, pemurnian air dan cat yang pada umumnya membutuhkan *Sodium Tripolyphosphate* sebagai bahan baku. Selain itu, dapat dilihat dari kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia yang cukup tinggi dan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun namun produksi dalam negeri *Sodium Tripolyphosphate* belum ada. Dari data yang di peroleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) kebutuhan impor dan ekspor *Sodium Tripolyphosphate* pada tahun 2016 mencapai 32.333,566 kg/tahun dan ekspor *Sodium Tripolyphosphate* pada tahun 2016 mencapai 165.310 kg/tahun. Berikut adalah data impor *Sodium Tripolyphosphate* dari tahun 2012-2016 :

**Tabel I.1** Jumlah Kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia

Tahun	Impor (kg)	Ekspor (kg)
2012	25.976,275	274.385
2013	19.979,01	95.790
2014	25.395,6	4.309.423
2015	15.238.228	444.335
2016	32.333,566	165.310

*Sumber : (BPS, 2017)*

Oleh sebab itu penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia. Pendirian pabrik tersebut diharapkan dapat membantu menyediakan bahan baku serta menjadi komoditi ekspor bagi Indonesia dan mendapatkan dukungan dari pemerintahan dalam era industrialisasi.



Didirikannya pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini diharapkan mampu memberikan keuntungan sebagai berikut :

- a. Pabrik-pabrik industri kimia seperti industri detergen (*Sodium Tripolyphosphate* sebagai baku detergen yaitu penghilang noda), industri *paint* (sebagai *dispersant* untuk membantu proses penyebaran pigmen dan membuat warna cat lebih stabil) industri pengolahan air (sebagai *water softening*) akan semakin berkembang memungkinkan kebutuhan akan *Sodium Tripolyphosphate* semakin meningkat.
- b. Menghemat sumber devisa negara karena dapat mengurangi ketergantungan impor.
- c. Membantu pabrik-pabrik di Indonesia yang memakai *Sodium Tripolyphosphate* sebagai bahan tambahannya, karena selain lebih murah juga kontinuitasnya lebih terjaga.
- d. Membuka lapangan kerja baru.

### **1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku**

Pada perancangan pendirian pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini akan menggunakan proses *neutralization*, *drying* dan *calcination* dari *purified phosphoric acid* dan *soda ash*. Di Indonesia bahan baku *Sodium Tripolyphosphate* yaitu asam fosfat dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sudah diproduksi. Salah satu produsen asam fosfat diperoleh dari PT. Petrocentral Gresik, Jawa Timur yang dapat ditempuh dengan transportasi laut serta natrium karbonat diperoleh dari PT. Kaltim Sahid Baritosoda Kimia yang dapat ditempuh dengan transportasi laut.



### 1.1.4 Kebutuhan

Kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* untuk produksi industri mencapai angka tinggi. Hampir semua anhidrat; pembangun untuk cucian domestik dan produk pembersih membutuhkan *Sodium Tripolyphosphate* sebanyak 81% (*Faith, 2009*).

### 1.1.5 Aspek Pasar

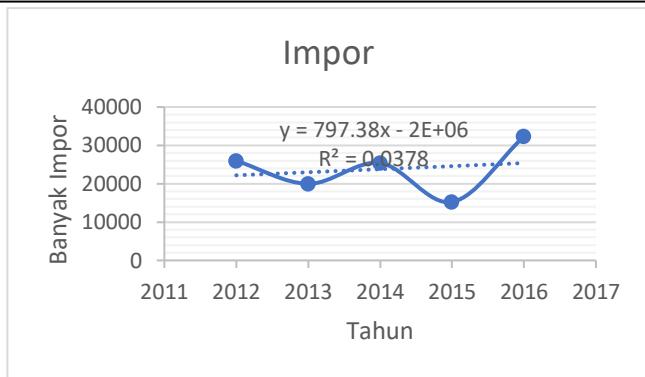
Pemasaran STPP pada saat ini mencakup hampir seluruh kebutuhan pasar dalam negeri dan juga ekspor ke Australia dan Singapura. (*Striving Better in Challenging Year, 2015*).

### 1.1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia, tersedianya bahan baku, serta ketentuan kapasitas minimum.

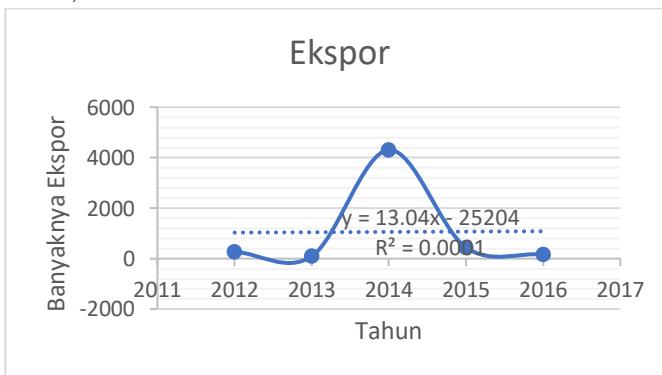
#### **Proyeksi kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia :**

Pembangunan pabrik *Sodium Tripolyphosphate* di rencanakan pada tahun 2022. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* dalam negeri dapat dilihat pada **Tabel 1.1**. Dari data kebutuhan impor *Sodium Tripolyphosphate* di atas, diperoleh regresi linear untuk mendapatkan kenaikan kebutuhan impor *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia.



**Grafik 1.1** Kebutuhan Impor *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia tahun 2012-2016

Dari **Grafik 1.1** didapatkan persamaan linier kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia adalah  $y = 797,38x + 21.392$  Sehingga dapat diperkirakan bahwa kebutuhan impor *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia tiap tahun meningkat. Pada tahun 2020 diperkirakan kebutuhan impor *Sodium Tripolyphosphate* mencapai 27.771,04 ton/tahun.



**Grafik 1.2** Kebutuhan Ekspor *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia Tahun 2012-2016



Dari **Grafik 1.2** didapatkan persamaan linier kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia adalah  $y = -0,3711x + 1085,8$ . Sehingga dapat diperkirakan bahwa kebutuhan Ekspor *Sodium Tripolyphosphate* di Indonesia tiap tahun meningkat. Pada tahun 2022 diperkirakan kebutuhan ekspor *Sodium Tripolyphosphate* mencapai 1082,331 ton/tahun.

Dari data tersebut dapat diperoleh nilai konsumsi pabrik *Sodium Tripolyphosphate* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi} &= \text{Hasil Produksi} + \text{Impor} - \text{Ekspor} \\ &= 85.000 + 27.771,04 - 1.082,331 \\ &= 103.355,78 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan pasar, kapasitas pabrik *Sodium Tripolyphosphate* yang akan berdiri pada tahun 2020, memiliki kapasitas pabrik sebesar 45.000 ton/tahun, dengan pertimbangan mengambil 40% dari kebutuhan *Sodium Tripolyphosphate* pada tahun 2022.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pabrik} &= 40\% \times 103.355,78 \text{ ton/tahun} \\ &= 41.342,3032 \text{ ton/tahun} \\ &= 42.000 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

### 1.1.7 Penentuan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan pabrik tersebut. Sebelum mendirikan suatu pabrik perlu dipertimbangkan mengenai faktor-faktor penunjang yang satu dengan yang lain, diantaranya yaitu :

1. Sarana transportasi, sebagai penunjang sarana dalam pengiriman bahan baku dan produk, sarana yang dibutuhkan haruslah memiliki akses jalan yang cukup baik dan mudah dijangkau oleh berbagai jenis kendaraan.



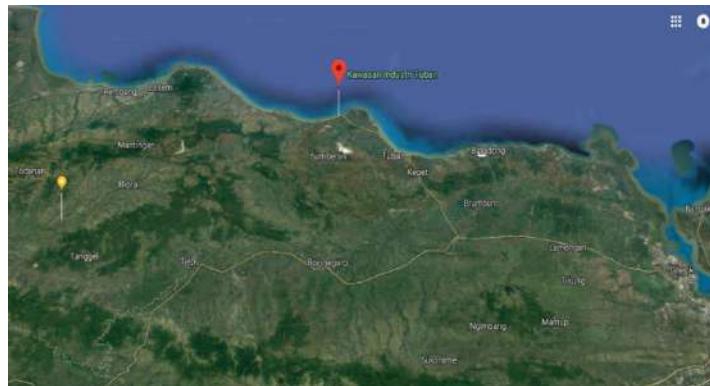
---

*BAB I Pendahuluan*

---

2. Bahan baku, letak pabrik diharapkan dekat letak bahan buku tersebut diperoleh, hal ini akan mempercepat proses penerimaan bahan baku serta pelaksanaan produksi tidak terhambat.
3. Sumber air atau utilitas, pemilihan lokasi sebaiknya dekat dengan lokasi perairan, hal ini akan digunakan sebagai sarana utilitas selama proses produksi di pabrik.
4. Tenaga kerja, setiap pabrik membutuhkan karyawan dalam memulai proses produksi dalam suatu pabrik, tenaga kerja yang dibutuhkan cukup banyak sehingga diharapkan lokasi pabrik dekat dengan permukiman yang cukup padat sehingga mampu memperoleh tenaga kerja yang memadai.

Oleh karena itu, lokasi pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini akan didirikan di kecamatan Jenu, kabupaten Tuban, Jawa Timur berada di sebelah selatan dari Laut Jawa. Lokasinya yang strategis dekat dengan pabrik penyuplai bahan baku seperti PT. Petrocentral Gresik. Selain itu, lokasinya yang berada pada kawasan industri sehingga dapat menunjang bagian utilitas. Ketersediaan lahan kosong yang masih luas memungkinkan untuk melakukan perluasaan pabrik untuk jangka waktu ke depan. Dari



**Gambar 1.1** Daerah Lokasi Pendirian Pabrik *Sodium Tripolyphosphate*

Penentuan lokasi tersebut didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

**a. Letak Sumber Bahan Baku**

Lokasi pabrik di Lamongan merupakan lokasi dekat dengan laut Jawa dan pada kawasan industri yang memungkinkan untuk mencukupi kebutuhan air. Sedangkan untuk bahan utama berupa asam fosfat dari PT. Petrocentral Gresik di datangkan melalui jalur darat serta natrium karbonat dari PT. Kaltim Sahid Baritosoda Kimia yang dapat ditempuh dengan transportasi laut.

**b. Tenaga Kerja**

Faktor tenaga kerja merupakan faktor visual dalam pendirian sebuah pabrik. Pendirikan pabrik di Jawa yang mana banyak perguruan-perguruan tinggi yang telah berdiri di seluruh pulau Jawa. Sehingga untuk kebutuhan tenaga kerja hampir selalu tersedia setiap tahunnya.

**c. Utilitas**

Lokasi pabrik yang deket dengan laut Jawa yang mempermudah dalam penyediaan air proses dan



demineralisasi serta lokasi pabrik yang dekat dengan jalan raya mempermudah akses pengiriman bahan baku. Kebutuhan listrik disuplai dari PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban. Apabila terjadi gangguan atau pemadaman maka menggunakan generator utama.

### **1.1.8 Faktor-faktor Penentuan Lokasi Pabrik**

Lokasi suatu pabrik dapat menentukan produktivitas pabrik secara kontinyu dengan ketersediaan bahan baku, tenaga kerja, dan utilitas yang lancar. Pemasaran yang mudah dan terjangkau serta kemungkinan untuk perluasan dan pengembangan pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

#### **1. Faktor Primer.**

Faktor primer secara tidak langsung mempengaruhi tujuan utama dari pendirian suatu pabrik. Tujuan ini meliputi kelancaran proses produksi dan distribusi produk yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau dan masih dapat memperoleh keuntungan. Yang termasuk factor-faktor prime antara lain :

- a. Letak pabrik terhadap bahan baku.
- b. Letak pabrik terhadap ketersediaan tenaga kerja.
- c. Tersedia sarana dan prasarana yang meliputi : listrik, air, jalan raya, dan pelabuhan.
- d. Letak pabrik terhadap lokasi pasar.

#### **2. Faktor Sekunder.**

Di samping factor primer, penempatan lokasi pabrik harus juga memperhatikan aspek-aspek sekunder. Adapun factor sekunder yang perlu diperhatikan adalah :



- a. Harga tanah dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang.
- b. Kemungkinan perluasan pabrik.
- c. Peraturan daerah setempat.
- d. Keadaan masyarakat daerah (kultur budaya setempat).
- e. Iklim.

## 1.2 Dasar Teori

*Sodium Tripolyphosphate* adalah salah satu jenis sodium diphosphates berbentuk garam non higrokopis yang digunakan untuk *builder* pada detergen dan formulasi pembersih. *Sodium Tripolyphosphate* dibentuk dari pengeringan atau pemanasan dari *Disodium Hydrogenphosphate*.  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  anhidrat diketahui mempunyai lima modifikasi suhu yang berbeda dengan suhu transisi antara 400 dan 545°C.

*Sodium Triopolyphosphate* diproduksi dengan kalsinasi disodium hidrogen fosfat pada suhu 300-900°C.



Umumnya, proses produksi *Sodium Tripolyphosphate* juga dapat digunakan untuk *Tetrasodium Pyrophosphate*. Berikut ini beberapa proses pembuatan *Sodium Tripolyphosphate* diantaranya ada Proses Dua Tahap, Proses Hoechst-Knapsack dan Proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack.

## 1.3 Sifat Fisika dan Kimia

### 1.3.1 Bahan Baku Utama

#### 1. Asam fosfat



Menurut MSDS yang dikeluarkan oleh *Science Lab.com* (2003), sifat fisika dan kimia dari asam fosfat sebagai berikut:

- Sifat Fisika

- Massa Atom Relatif : 95 g/mol
- Wujud : Cair
- Titik didih : 158 °C
- Titik leleh : 94 °C
- *Specific Gravity* : 1,685 pada suhu 25 °C (Air = 1)
- *Vapor Pressure* : 0,3 kPa pada suhu 20°C
- *Vapor Density* : 3,4 (Air = 1)

- Sifat Kimia

- Mudah larut dalam air panas dan larut dalam air dingin
- Bereaksi dengan logam untuk membebaskan gas hidrogen yang mudah terbakar
- Reaktif dengan zat pengoksidasi, bahan mudah terbakar, logam, dan alkali

## 2. Soda Ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Menurut Ullmann dan Gerhantz (2003), sifat fisika dan kimia dari  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai berikut :

- Sifat Fisika

- Massa Atom Relatif : 105,99 gram/mol
- Wujud : Putih, kristal
- Titik leleh :  $322 \pm 2$  °C
- Titik didih : 851 °C
- Densitas : 2,532 g/cm<sup>3</sup>
- *Specific Heat Capacity* : 3,24 J Kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>



- 
- *Heat of Fusion* : 6,77 kJ/mol
  - Sifat Kimia
    - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  murni sangat higroskopik

## 1.3.2 Bahan Baku Pendukung

### 1.3.2.1 Produk

#### 1.3.2.2 Produk Utama

##### 1. *Sodium Tripolyphosphate*

Menurut MSDS yang dikeluarkan oleh *Science Lab.com* (2003), sifat fisika dan kimia dari  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  sebagai berikut:

- Sifat Fisika
  - Massa Atom Relatif : 367,86 g/mol
  - Wujud : Bubuk Padat
  - Warna : Putih
  - Titik leleh :  $622^\circ\text{C}$
  - pH : 8 pada 1% larutan
- Sifat Kimia
  - Mudah larut dalam air panas, larut dalam air dingin, dan tidak larut dalam metanol, dietil eter, n-oktanol.
  - Apabila kontak dengan sesuatu lembab bertindak sebagai zat pengering dengan formasi  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .
  - Sangat reaktif dengan asam dan logam.
  - Korosif dengan adanya aluminium, seng, tembaga. Sedikit korosif terhadap korosif dengan adanya baja. Tidak korosif terhadap kaca.



#### **1.4 Kegunaan *Sodium Tripolyphosphate***

Menurut Ulman (2003) *Sodium Tripolyphosphate* mempunyai kegunaan diantaranya yaitu :

1. Pada detergen, *Sodium Tripolyphosphate* digunakan sebagai builder atau penghilang noda.
2. Untuk elektroplating pada permukaan logam
3. Pada pengeboran sumur minyak untuk penentuan viskositas dan dapat menstabilkan emulsi.
4. Pada industri cat yaitu sebagai zat pendispersi.
5. Pada industri konstruksi digunakan sebagai pengatur retarder pada beton dan mortar pada semen. Industri keramik, anion pyrophosphate teradsorpsi pada permukaan dari partikel silikt dan bertindak sebagai *deflocculant*.
6. Pada makanan,  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  digunakan sebagai bagian dari puding dingin dan *ice cream* untuk mengatur kekentalan.
7. Sebagai zat pendispersi dan stabilisator pada pencelupan dan percetakan tekstil, dan juga pada industri kertas untuk pencegahan dari pengeluaran resin dan untuk memperbaiki pelapisan dan pengisian.

## BAB II

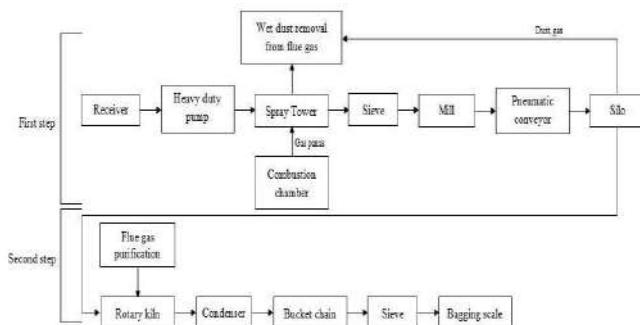
### MACAM DAN URAIAN PROSES

#### 2.1 Macam Proses

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pemilihan proses dilakukan agar pabrik dapat berproduksi secara efisien dengan mempertimbangkan segala aspek yang ada, baik dari bahan baku, bahan penunjang, sistem utilitas, hingga biaya produksi. Menurut beberapa literatur menyebutkan bahwa, pada umumnya proses pembuatan *Sodium Tripolyphosphate* sama dengan halnya proses pembuatan *Tetrasodium Pyrophosphate*. Secara umum proses pembuatan *Sodium Tripolyphosphate* dapat diperoleh dari :

1. Proses Dua Tahap.
2. Proses Hoechst-Knapsack.
3. Proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack pada Pabrik Petrocentral Gresik.

#### 2.1.1 Proses Dua Tahap



**Gambar 2.1 Two-stage process for production of Sodium Tripolyphosphate** (Sumber : Ullmann's, 1990)



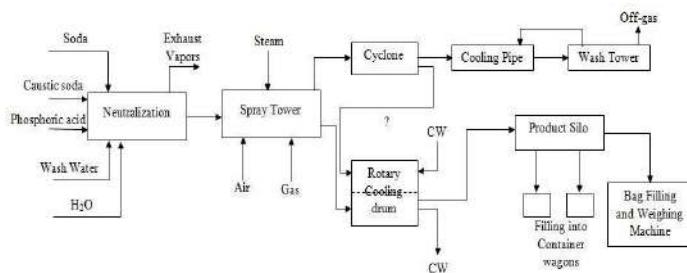
Menurut Ullmann's (1990), dalam proses dua tahap terdiri dari tahap satu dan tahap dua. Pada tahap pertama terjadi dehidrasi untuk mencampurkan monofosfat anhidrat pada *receiver*. Dari *receiver* dipompa dengan *heavy duty pump* menuju *spray tower* untuk tahap pengeringan atau proses terbentuknya butiran granul. Seringkali kondensasi parsial dengan pembentukan difosfat sudah terjadi pada tahap ini. Kondensasi aktual untuk melakukan *triposphate* atau monodyle terjadi di tahap kedua. Umumnya, *spray dryer* digunakan untuk dehidrasi monofosfat. Pada *spray tower* gas panas diperoleh dari hasil pembakaran dari udara alam dengan *combustion chamber*. Debu dari *Spray tower* dan *silo* nantinya akan dialirkan pada *wet dust removal from flue* gas sebelum dibuang ke udara bebas. Butiran granular setelah itu masuk ke *sieve* untuk tahap *screening* untuk nantinya dialirkan ke alat *mill* untuk di menghancurkan butiran monodyle menjadi yang lebih halus. *Pneumatic conveyor* membawa butiran granular monodyle ke *silo* sebagai tempat penyimpanan sementara.

Pada tahap dua, Sodium Tripolyphosphate *rotary kiln* untuk konversi menjadi trifosfat. Energi yang dibutuhkan dipasok oleh gas panas dari ruang bakar atau oleh nyala api minyak atau gas di *rotary kiln*. *Fluidized-bed reactor* juga direkomendasikan untuk konversi monofosfat kering menjadi trifosfat. Dalam proses lain *rotary kiln* digunakan pada kedua tahap, *granular* dan produk diperoleh dengan menggiling produk setengah jadi dan menambahkan air sebelum kalsinasi. Dalam proses dua tahap juga melibatkan dehidrasi larutan monofosfat konsentrat untuk menghasilkan dinatrium hidrogen fosfat anhidrat, yang kemudian diubah menjadi natrium pirofosfat dalam *rotary kiln*. Keluar dari



rotary kiln, produk atau sodium tripolyphosphate mempunyai suhu yang tinggi kemudian masuk ke kondensor untuk tahap pendinginan. Dari kondensor, Sodium Tripolyphosphate dibawa dengan bucket chain masuk ke tahap screening pada sieve. Tahap akhir yaitu bagging scale sebelum produk siap di distribusikan.

### 2.1.2 Proses Hoechst-Knapsack



Gambar 2.2 Proses Hoechst-Knapsack (Sumber : Ullmann's, 1990)

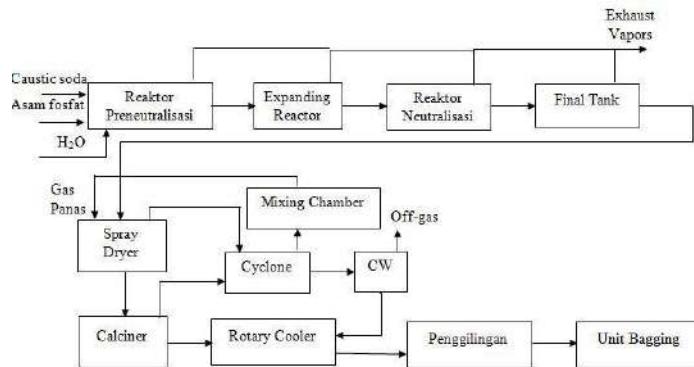
Menurut Ullmann's (1990), proses Hoechst-Knapsack untuk pembuatan *Sodium Tripolyphosphate* dimana proses *single stage* yang melibatkan *rotary kiln* atau *spray drying towers*. *caustic soda* dan *phosphoric acid* dari tanki di umpankan ke dalam *neutralization reactor* dimana ditambahkan larutan soda dan *wash water*. Kemudian larutan monofosfat disemprotkan pada 1-2 Mpa ke dalam *stainless-steel spray tower*. Pembakar disusun secara konsentris di sekitar nosel dan menghasilkan zona api yang diarahkan secara bersinggungan ke arah pusat menara. Penyemprotan bergerak kebawah *cocurrent* dengan gas burner dan cepat mengalami dehidrasi menjadi trifosfat. Sebagian besar Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub> di kumpulkan di *tower cone* dan dilepaskan. Partikel yang lebih halus akan dipisahkan dari gas oleh *cyclone*. Gas kemudian dimurnikan lebih lanjut



dengan cairan pencuci. Produk dari Sodium *Tripolyphosphate* ini masuk ke dalam *rotary cooling drum* dimana produk ini didinginkan terlebih dulu dengan menggunakan *cooling water* sehingga suhu produk berkisar  $T = 60^{\circ}\text{C}$ . Setelah dari *rotary cooling drum* produk masuk ke dalam *cylo* dan di *packing*.

Produk yang berbentuk kristal diperoleh dengan kandungan *triphasphate* hingga 98%. Selain itu, bentuk kristal tertentu dapat diperoleh dengan mensimulasikan kristal benih secara serentak dengan modifikasi yang diinginkan. Partikel kasar  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} (>0,15 \text{ mm})$  juga dapat dibuat dengan metode kristal ini. Kristal yang dibutuhkan diambil dari residu kantong saringan debut dikarenakan debu buangan ini memiliki karakteristik *spray* dan suspensi yang baik.

### **2.1.3 Proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack pada Pabrik Petrocentral Gresik**



**Gambar 2.3** Proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack pada Pabrik Petrocentral Gresik  
(Sumber : Petrocentral, 2017)

Menurut Petrocentral (2017), proses pembuatan



STPP untuk memudahkan reaksi netralisasi dalam tangki nanti, *soda ash* yang berbentuk kristal diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* kemudian dimasukkan ke dalam tangki pelarutan *soda ash* yang dilengkapi pengaduk dan pemanas. Bersamaan itu pula dipompa air dari tangki air proses sehingga *soda ash* dapat larut dalam tangki pelarutan *soda ash*.

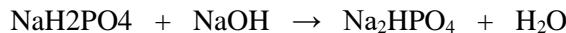
Yang dimaksud netralisasi adalah proses pencampuran atau penetralan asam fosfat dengan *soda ash* dalam tangki netralisasi sehingga diperoleh larutan garam. Proses netralisasi ini merupakan tahap yang menentukan untuk mendapatkan produk akhir *Sodium Tripolyphosphate* yang mempunyai konversi tinggi. *Soda ash* masuk ke reaktor bersamaan itu dialiri asam fosfat yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *heat exchanger*.

Karena reaksi netralisasi menghasilkan foam yang mengandung CO<sub>2</sub>, dibutuhkan *expanding reactor* (reaktor perpanjangan) agar terdapat cukup waktu untuk foam menghilang dengan sistem vakum. Reaksi antara asam fosfat dengan *soda ash* diatur sedemikian rupa dengan mol rasio Na<sub>2</sub>O : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 5 : 3 dimana Na<sub>2</sub>O dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> merupakan basis perhitungan untuk *soda ash* dan asam fosfat. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis sehingga untuk menjaga agar suhu reaksi tidak tinggi, maka diberikan pendingin air. Reaksi netralisasi ini adalah sebagai berikut :

### **Reaksi Soda Ash**



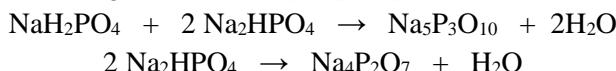
### **Reaksi Coustic Soda**





Jika sudah didapatkan mol ratio 1,66 maka monodilye akan dialirkan ke tangki penampungan final. Monodilye yang sudah sesuai mol rasionya akan difilter menggunakan *wire mesh* dengan ukuran 60 *mesh*. Lalu dipompa menggunakan *high pressure pump* menuju *spray dryer*. Gas panas berasal dari *burner* yang menggunakan bahan bakar gas alam (propana dan metana) dan gas panas yang merupakan *output* dari *calciner*. Gas panas dari *calciner* akan ditangkap oleh *cylcon* untuk memisahkan debu dan gas panasnya, kemudian dicampur dengan gas panas dari *burner* di *mixing chamber*. Gas panas akan kontak langsung secara *co-current* dengan monodilye lalu membentuk *orthophosphate* yang berbentuk kasar dengan suhu sekitar 90° C. Gas hasil pengeringan dari *spray dryer* dialirkan ke *cyclone* untuk dipisahkan debunya, lalu ditangkap oleh *exhauss fan*, kemudian menuju *scrubber*. Pada *scrubber*, disemprotkan *polluted cooling water* agar debu-debu yang terikut larut ke dalam air, sehingga udara menjadi bersih. Lalu terdapat *demister* yang akan menangkap debu-debu yang kemungkinan masih lolos sebelum akhirnya menuju atmosfir.

Yang dimaksud dengan tahap kalsinasi disini adalah reaksi pembentukan *Sodium Tripolyphosphate* dari garam *orthophosphate* kering. Selain terbentuk *Sodium Tripolyphosphate* juga terbentuk *Tetrasodium Pyrophosphate* dari *disodium phosphate* yang tidak bereaksi dengan *Sodium Tripolyphosphate*.reaksi :



Reaksi polimerisasi ini berlangsung dalam *calciner*.

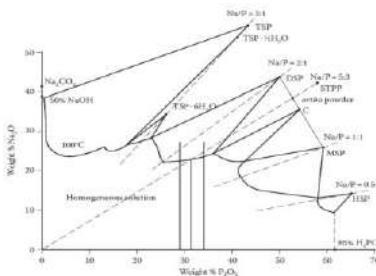
Gas panas kontak dengan ortopospat secara *counter*



current. Gas panas berasal dari *burner* yang menggunakan bahan bakar gas alam yaitu metana dan propana dengan suhu 500° C. Produk dari *calciner* adalah *Sodium Tripolyphosphate* yang bersuhu 350°C. Peralatan yang dipakai pada proses pendinginan ini adalah *rotary cooler* dan *cooling water non polluted*. *Cooling water* tidak kontak langsung dengan *Sodium Tripolyphosphate* tetapi melalui *plate-plate* pada *rotary cooler*. *Sodium Tripolyphosphate* keluar dari *rotary cooler* pada suhu 60°C.

*Sodium Tripolyphosphate* yang telah didinginkan diumpulkan kedalam *vibrating screen* yang bertujuan untuk mengatur *particel size*. Lalu diangkut menuju *bagging unit* menggunakan *conveyor*. Setelah dimasukkan kedalam *hopper storage*, maka *Sodium Tripolyphosphate* akan mengalir secara fluidisasi ke *packing machine jumbo bag* dengan berat 1 ton dan *small bag* dengan berat 25 kg. Produk *Sodium Tripolyphosphate* berbentuk powder (*technical grade*).

Untuk mengetahui atau menunjukkan zona operasi guna menghasilkan produk *Sodium Trypolyphosphate* adalah sebagai berikut :



**Grafik 2.1** Diagram fase dari  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  yang menunjukkan zona operasi untuk menghasilkan *Sodium Trypolyphosphate* (Sumber : Rodney, 2014)



## 2.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian singkat mengenai proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk fenol, dapat dilihat kelebihan dan kekurangan proses sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Data Perbandingan Proses**

<b>Paramet er</b>	<b>Macam proses</b>		
	<b>Proses Dua Tahap</b> (Ullmann's, 1990)	<b>Proses Hoechst-Knapsack</b> (Ullmann's, 1990)	<b>Proses Kombinasi Dari Proses Dua Tahap Dan Proses Hoechst-Knapsack</b> (Rodney, 2014)
Bahan baku	<i>Caustic soda atau soda ash</i>	<i>Caustic soda</i>	<i>Soda ash</i>
Proses	1. <i>Drying</i> 2. <i>Calcination</i>	1. <i>Neutralisasi</i> 2. <i>Drying</i>	1. <i>Neutralisasi (For Spray Drying)</i> : yang digunakan di Pabrik Petrocentral 2. <i>Drying</i> 3. <i>Calcination</i>
Tekanan pada Spray Tower	1 atm	9,87 – 19,74 atm	1 atm
Yield	-	98%	96,59%
Aliran Spray Tower	<i>Counter current</i>	<i>Co-current</i>	<i>Co-current</i>
Energi yang dibutuhkan	-	Banyak	-

Rodney (2014), merupakan pertimbangan yang dipilih, maka proses yang dipilih dalam pembuatan *Sodium Tripolyphosphate* adalah proses Kombinasi dari Proses Dua Tahap dan Proses Hoechst-Knapsack pada Pabrik



Petrocentral Gresik dengan bahan baku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses netralisasi terbagi menjadi dua tahap yaitu pre netralisasi dan netralisasi sehingga reaksi lebih sempurna dan menghasilkan mol rasio 1,67.
2. Aliran steam spray tower secara *co-current* sehingga dapat menghindari caking dan menghasilkan yield besar.
3. Steam tidak ada yang terbuang sehingga lebih ekonomis.
4. *Yield sodium trypolyphosphate* yang dihasilkan cukup besar yaitu 96,59%.

## 2.3 Uraian Proses Terpilih

### 2.3.1 Proses Netralisasi

*Soda Ash* diangkut dari tempat penyimpanan (F-111) menggunakan *belt conveyor* (J-112), menggunakan *bucket elevator* (J-113), kemudian dialirkan menuju tangki pelarutan *soda ash* (M-110) melewati *bin* (F-114) bersamaan dengan itu di aliri air dengan suhu 85 $^{\circ}$ . Kemudian *soda ash* yang sudah bercampur dengan air di alirkan dengan *rotary pump* (L-121) lalu masuk ke reaktor netralisasi (R-120), sebelum masuk ke reaktor netralisasi *soda ash* dipanaskan dengan suhu 85 $^{\circ}$  di *Heat Exchanger* (E-122). Bersamaan itu dialiri dari tangka penyimpanan *asam phosphate* (F-123) dengan pompa (L-124) sebelumnya dipanaskan menggunakan *Heat Exchanger* (E-125). Setelah *soda ash* dan *asam phosphate* masuk ke reaktor (R-120), di reaksikan hingga membentuk *monodilye* kemudian masuk ke reaktor (R-210) dengan pompa (L-211). Hal ini bersamaan dengan masuknya  $\text{NaOH}$  dari tangki



penyimpanan (F-212) dialirkan menuju reactor (R-210) dan menuju ke tangka penampungan (F-215) dengan menggunakan pompa (L-213).

Setelah semua bahan baku masuk dan tercampur ke reactor (R-210), bahan baku diteruskan menuju *adjustment tank* (F-215) dengan pompa (L-214) untuk di atur mol rationya dengan penambahan NaOH hingga mencapai mol ratio 1,67.

Dari rekator (R-120) menghasilkan limbah yaitu gas CO<sub>2</sub> dan dikeluar melalui Fan (G-126).

### **2.3.2 Proses Draying**

*Monodilye* lalu dipompa menggunakan *High Pressure Pump* (L-311) menuju *Spray Dryer* (B-310) melalui *Heat Exchanger* (E-312). Pada tahap pengeringan ini, pengering yang dipakai adalah *Spray Dryer* (B-310). Gas panas berasal dari *Burner* (E-317) yang menggunakan bahan bakar gas alam (propana dan metana) dan gas panas yang merupakan *output* dari *Calciner* (B-410) (gas panas pada *Calciner* lebih tinggi suhunya yaitu 500<sup>0</sup> C dibandingkan gas panas yang dibutuhkan pada *Spray Dryer* yaitu 120<sup>0</sup>C). Gas panas dari *Calciner* (B-410) akan ditangkap oleh *Cyclone* (H-412) untuk memisahkan debu dan gas panasnya, kemudian dicampur dengan gas panas dari *Burner* (E-317) di *Mixing Chamber* (M-316). Gas panas akan kontak langsung secara *co-current* dengan *monodilye* lalu membentuk *orthophosphate* yang berbentuk kasar dengan suhu sekitar 90<sup>0</sup>C. Gas hasil pengeringan dari *Spray Dryer* (B-310) dialirkan ke *Cyclone* (H-313) untuk dipisahkan debunya, lalu ditangkap oleh *Exhauss Fan* (G-314), kemudian menuju *Scrubber* (D-315). Pada *Scrubber* (D-315), disemprotkan



*Polluted Cooling Water agar debu-debu yang terikut larut ke dalam air, sehingga udara menjadi bersih.*

### **2.3.3 Proses Polimerisasi**

Reaksi polimerisasi ini berlangsung dalam *Calciner* (B-410). Gas panas kontak dengan *orthophosphate* secara *Counter-Current*. Gas panas berasal dari *Burner* (E-317) yang menggunakan bahan bakar gas alam yaitu metana dan propana dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Gas panas hasil *output* dari *Calciner* (B-410) lalu dialirkan ke *Cyclone* (H-412) untuk dipisahkan debunya lalu dicampur dengan gas panas dari *Burner* (E-317) di *Mixing Chamber* (M-316) untuk digunakan sebagai gas panas *Dryer* (B-310). Produk dari *Calciner* (B-410) adalah *Sodium Tripolyphosphate* yang bersuhu  $350^{\circ}\text{C}$ . Setelah keluar dari *Calciner* masuk ke *Rotary Cooler* (B-420) dengan menggunakan *Screw Conveyor* (J-421) untuk didinginkan sampai suhu  $60^{\circ}\text{C}$ . *Sodium Tripolyphosphate* diangkut menggunakan *Screw Conveyor* (J-511), lalu diangkut menggunakan *Bucket Elevator* (J-512) kemudian diumpulkan kedalam *Vibrating Screen* (H-513) yang bertujuan untuk mengatur *particel size* karena ketika *Sodium Tripolyphosphate* keluar dari *Rotary Cooler* (B-420), bentuk dan ukurannya masih belum beraturan. Kemudian *Sodium Tripolyphosphate* yang masih kasar akan masuk kedalam *Turbo Mill* (C-510), sedangkan yang halus akan langsung masuk ke *Mini Hopper* (H-513). Selanjutnya *Sodium Tripolyphosphate* dibawa menuju *Bagging Unit* (A-515) menggunakan *Belt Conveyor* (J-514).



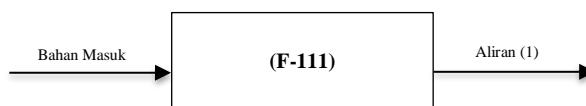
**Halaman ini sengaja dikosongkan**

### BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik	= 42.000 ton/tahun
	= 140.000 kg/hari
	= 5.833,33 kg/jam
Kondisi Operasi	= 300 hari/tahun
Satuan Massa	= kg
Basis	= 1 hari

#### 3.1 Silo Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (F-111)

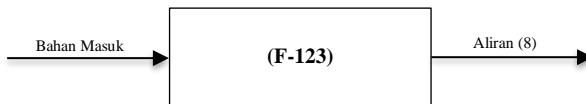
Fungsi : Untuk menyimpan Soda Ash sebagai bahan baku pembuatan STPP.



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Bahan masuk		Aliran 1	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	61.273,76	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	61.273,76
H <sub>2</sub> O	618,93	H <sub>2</sub> O	618,93
<b>Total</b>	<b>61.892,68</b>	<b>Total</b>	<b>61.892,68</b>

#### 3.2 Tangki Penyimpanan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (F-123)

Fungsi : Untuk menyimpan Asam Phosphate sebagai bahan baku pembuatan STPP.

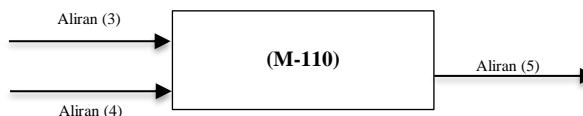




Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Bahan masuk H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	113.298,65	Aliran 1 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	113.298,65
H <sub>2</sub> O	19.993,88	H <sub>2</sub> O	19.993,88
<b>Total</b>	<b>133.292,53</b>	<b>Total</b>	<b>133.292,53</b>

### 3.3 Tangki Penyimpanan Soda Ash (M-110)

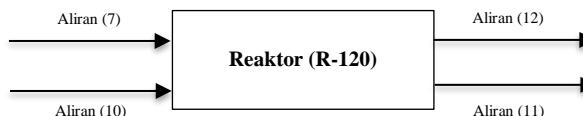
Fungsi : Melarutkan Soda Ash dengan konsentrasi 99% menjadi Soda Ash dengan konsentrasi 65 %.



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 3 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	61.273,76	Aliran 5 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	61.273,76
H <sub>2</sub> O	618,93	H <sub>2</sub> O	32.374,64
Sub Total	61.892,68		
Aliran 4 H <sub>2</sub> O	32.374,64		
Sub Total	32.374,64		
<b>Total</b>	<b>94.267,32</b>	<b>Total</b>	<b>94.267,32</b>

### 3.4 Reaktor (R-120)

Fungsi : Mereaksikan Soda Ash dengan Asam Phosphate menjadi Monosodium Phosphate.

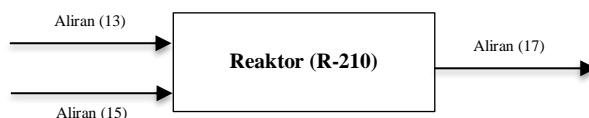




Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 7		Aliran 5	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	61.273,76	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5.664,93
H <sub>2</sub> O	32.993,56	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3.063,69
Sub Total	94.267,32	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	131.796,39
Aliran 10		H <sub>2</sub> O	62.872,17
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	113.298,65	Sub Total	203.397,18
H <sub>2</sub> O	19.993,88	Aliran 12	
Sub Total	133.292,53	CO <sub>2</sub>	24.162,67
<b>Total</b>	<b>227.559,85</b>	<b>Total</b>	<b>227.559,85</b>

### 3.5 Reaktor (R-210)

Fungsi : Mereaksikan *Monosodium Phosphate* dengan NaOH menjadi *Disodium Phosphate*.

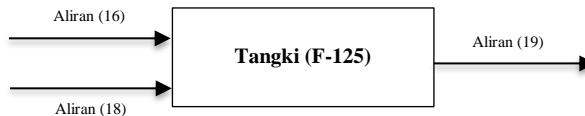


Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 13		Aliran 17	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	87864.26	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4393.21
H <sub>2</sub> O	41914.78	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07
Sub Total	135598.12	NaOH	1464.40
Aliran 15		H <sub>2</sub> O	83723.52
NaOH	29288.09		
H <sub>2</sub> O	29288.09		
Sub Total	58576.17		
<b>Total</b>	<b>194174.29</b>	<b>Total</b>	<b>194174.29</b>



### 3.6 Tagki Penampungan Spray Dryer (F-125)

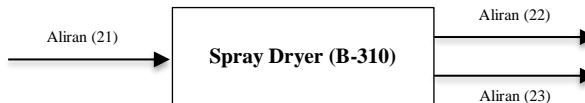
Fungsi : Menampung Orthiliqour sebelum ke *Spray Dryer*



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 16		Aliran 19	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1021.23	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1888.31	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3063.69
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	43392.13	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48325.34
H <sub>2</sub> O	20957.39	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07
Sub Total	67799.06	NaOH	1464.40
Aliran 18		H <sub>2</sub> O	104680.91
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46		
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4393.21		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07		
NaOH	1464.40		
H <sub>2</sub> O	83723.52		
Sub Total	194174.29		
<b>Total</b>	<b>261973.35</b>	<b>Total</b>	<b>261973.35</b>

### 3.7 Spray Dryer (B-310)

Fungsi : Mengeringkan Orthiliqour dengan udara panas  
*Dryer*

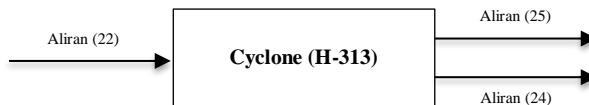




Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 21		Aliran 22	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.18
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3063.69	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2416.27
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48325.34	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4938.70
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07	NaOH	73.22
NaOH	1464.40	H <sub>2</sub> O	103978.68
H <sub>2</sub> O	104680.91	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93
Sub Total	261973.35	Sub Total	117224.99
		Aliran 23	
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2910.50
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	45909.07
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	93835.37
		NaOH	1391.18
		H <sub>2</sub> O	702.23
		Sub Total	144748.36
Total	261973.35	Total	261973.35

### 3.8 Cyclone (H-313)

Fungsi : Memisahkan udara dengan padatan yang terikut ke *Cyclone* sebelum lepas ke udara.



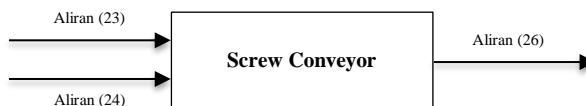
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 22		Aliran 25	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.18	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.77
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2416.27	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12.08
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4938.70	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	24.69
NaOH	73.22	NaOH	0.37

**BAB III Neraca Massa**

H <sub>2</sub> O	103978.68	H <sub>2</sub> O	103941.90
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93
Sub Total	117224.99	Sub Total	109644.74
		Aliran 24	
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.42
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2404.19
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4914.01
		NaOH	72.85
		H <sub>2</sub> O	36.77
		Sub Total	7580.24
<b>Total</b>	<b>117224.99</b>	<b>Total</b>	<b>117224.99</b>

**3.9 Screw Conveyor**

Fungsi : Membawa Orthophosphate dari *Spray Dryer* menuju *Calciner*



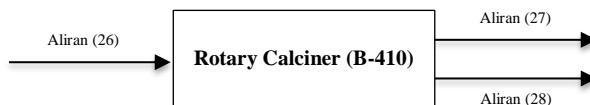
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 23		Aliran 26	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2910.50	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.92
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	45909.07	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48313.26
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	93835.37	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98749.38
NaOH	1391.18	NaOH	1464.04
H <sub>2</sub> O	702.23	H <sub>2</sub> O	739.01
Sub Total	144748.36	Sub Total	152328.60
Aliran 24			
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.42		
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2404.19		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4914.01		
NaOH	72.85		



H <sub>2</sub> O	36.77		
Sub Total	7580.24		
<b>Total</b>	<b>152328.60</b>	<b>Total</b>	<b>152328.60</b>

### 3.10 Rotary Calciner (B-410)

Fungsi : Memisahkan *Monosodium Phosphate* dengan *Disodium Phosphate* menjadi *Sodium Tripolyphosphate*.

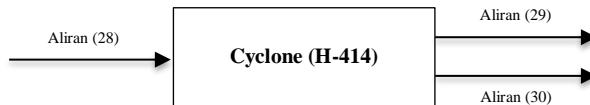


Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 26		Aliran 27	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.92	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2909.78
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48313.26	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8066.29
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98749.38	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
NaOH	1464.04	NaOH	1390.84
H <sub>2</sub> O	739.01	H <sub>2</sub> O	643.66
Sub Total	152328.60	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	116016.00
		Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4006.69
		Sub Total	133033.26
		Aliran 28	
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.15
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	424.54
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
		NaOH	73.20
		H <sub>2</sub> O	12327.47
		Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6106.11
		Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	210.88
		Sub Total	19295.35
<b>Total</b>	<b>152328.60</b>	<b>Total</b>	<b>152328.60</b>



### 3.11 Cyclone (H-414)

Fungsi : Memishakan udara dengan padtan yang terikut ke *Cyclone*.



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 28		Aliran 29	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.15	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.77
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	424.54	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.12
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
NaOH	73.20	NaOH	0.37
H <sub>2</sub> O	12327.47	H <sub>2</sub> O	12293.76
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6106.11	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	30.53
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	210.88	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1.05
Sub Total	19295.35	Sub Total	12328.60
		Aliran 30	
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.38
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	422.42
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
		NaOH	72.84
		H <sub>2</sub> O	33.71
		Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6075.57
		Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	209.82
		Sub Total	6966.74
<b>Total</b>	19295.35	<b>Total</b>	19295.35

### 3.12 Screw Conveyor (J-421)

Fungsi : Membawa STPP suhu 350 °C menuju *Rotary Dryer*.

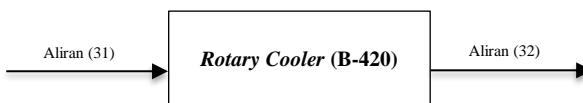


**Screw Conveyor (J-421)**

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 27		Aliran 31	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2909.78	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.16
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8066.29	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8488.71
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
NaOH	1390.84	NaOH	1463.67
H <sub>2</sub> O	643.66	H <sub>2</sub> O	677.37
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	116016.00	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	122091.57
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4006.69	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4216.52
Sub Total	133033.26	Sub Total	140000.00
Aliran 29			
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.38		
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	422.42		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00		
NaOH	72.84		
H <sub>2</sub> O	33.71		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6075.57		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	209.82		
Sub Total	6966.74		
<b>Total</b>	<b>140000.00</b>	<b>Total</b>	<b>140000.00</b>

### 3.13 Rotary Cooler (B-420)

Fungsi : Mendinginkan suhu STPP dari 350 °C sampai 60 °C.



*BAB III Neraca Massa*

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>
Aliran 31		Aliran 32	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.16	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.16
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8488.71	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8488.71
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
NaOH	1463.67	NaOH	1463.67
H <sub>2</sub> O	677.37	H <sub>2</sub> O	677.37
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	122091.57	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	122091.57
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4216.52	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4216.52
<b>Sub Total</b>	<b>140000.00</b>	<b>Sub Total</b>	<b>140000.00</b>

## **BAB IV** **NERACA PANAS**

Kapasitas Pabrik	= 42.000 ton/tahun
	= 140.000 kg/hari
	= 5.833,33 kg/jam
Kondisi Operasi	= 300 hari/tahun
Satuan Massa	= kg
Basis	= 1 hari

### **4.1 Heater Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Kelaur</b>
Panas dari Q supply	1036876.57	
Enthalphy masuk heater	87775.81	
Enthalphy masuk ke R-120		1072808.56
Total panas hilang (Q loss)		51843.83
<b>Total</b>	<b>1124652.39</b>	<b>1124652.39</b>

### **4.2 Heater H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Kelaur</b>
Panas dari Q supply	4755428.624	
Enthalphy masuk heater	379919.384	
Enthalphy masuk ke R-120		4897576.577
Total panas hilang (Q loss)		237771.431
<b>Total</b>	<b>5135348.008</b>	<b>5135348.008</b>

### **4.3 Reaktor (R-120)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Kelaur</b>
Enthalphy masuk ke R-120	5970385.133	
Enthalphy masuk ke R-210		194721.379

*BAB IV Neraca Panas*

Enthalphy masuk ke Tangki (F-215)		97360.690
Enthalphy masuk Fan (G-216)		20044.387
$\Delta H_{25}$	574447.268	
Q		62324705.945
<b>Total</b>	6544832.402	6544832.402

**4.4 Reaktor (R-210)**

Komponen	Masuk	Kelaur
Enthalphy masuk ke Rektor (R-120)	2301299.47	
Enthalphy masuk ke Tangki (F-215)		3131112.26
$\Delta H_{25}$	620840.63	
Q serap	208972.16	
<b>Total</b>	3131112.26	3131112.26

**4.5 Heater (E-312)**

Komponen	Masuk	Kelaur
Panas dari Q supply	3927327.14	
Enthalphy masuk heater	253498.09	
Enthalphy masuk Spray Dryer		3984458.87
Total panas hilang (Q loss)		196366.36
<b>Total</b>	4180825.22	4180825.22

**4.6 Spray Dryer (B-310)**

Komponen	Masuk	Kelaur
$\Delta H$ Ortholiquor	3984458.867	
$\Delta H$ udara masuk	20953775.710	



Menuju Screw Conveyor (J-411)		6394813.598
Menuju Cyclone (H-313)		7467.528
$\Delta H$ udara panas		6547680.915
$\Delta H$ uap air		6759590.147
Q loss		5228682.388
<b>Total</b>	24938234.577	24938234.577

#### 4.7 Rotary Calciner (B-410)

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H$ Ortholiquor	130182.642	
$\Delta H$ udara masuk	5814027.710	
Menuju Screw Conveyor (J-411)		167596.197
Menuju Cyclone (H-313)		8820.852
$\Delta H$ uap air		4044690.531
$\Delta H$ reaksi	476050.82	
Q loss		593657.352
<b>Total</b>	6420261.176	6420261.176

#### 4.8 Rotary Cooler (B-420)

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H$ masuk dari Screw Conveyor (J-421)	176372.945	
$\Delta H$ keluar Rotary Cooler		18597.343
$\Delta H$ udara masuk	10373.093	
$\Delta H$ udara keluar		149474.091
Q serap		18674.604
<b>Total</b>	186746.038	186746.038



#### **4.9 Air Heater**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Keluar</b>
$\Delta H$ bahan masuk	200483.880	
$\Delta H$ keluar air pre heater		10182032.090
Q supply	10604467.915	
Q loss		530223.396
$\Delta H_r \times 298$		92696.309
<b>Total</b>	<b>10804951.795</b>	<b>10804951.795</b>

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **5.1 Silo Soda Ash**

Jenis tutup atas dan bawah	:	Tutup atas <i>Flange Only</i> dan tutup bawah <i>Conical</i>
Jenis material	:	<i>Carbon Steel SA-285A</i>
Tipe las	:	<i>Doble welded butt joint</i>
Total material Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	:	272130.052 kg
Kapasitas tangki	:	5413.500 ft <sup>3</sup>
Jumlah	:	1 buah
Tinggi shell silo	:	30 ft    8.933 m    = 29.302 ft
Tinggi konis	:	30 ft    0.598 m    = 1.963 ft
Diameter tangki	:	15 ft    175.85 in
Tabel silinder	:	0.188 in
Tabel tutup bawah	:	0.188 in

#### **5.2 Tangki Penyimpanan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

Kode Alat	:	F-213
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Tipe tangki	:	Cylindrical – Conical Roof – Flat Bottom Tank
Jumlah tangki	:	1 (satu)
Bahan konstruksi	:	Carboon Steel SA-234
Kapasitas tangki	:	2620 bbl
Tinggi tangki	:	30 ft
Diameter Tangki	:	25 ft
Tabel Shell per course	:	
Course 1	:	6.945 / 16 in
Course 2	:	5.922 / 16 in




---

Course 3	:	4.899 / 16 in
Course 4	:	3.876 / 16 in
Course 5	:	2.853 / 16 in
Tinggi head tangki	:	1.464 ft
Tabel head tangki	:	2 / 16 in 0.141
D Pipa (inlet)	:	6 in , schedule No. 40
D Pipa (outlet)	:	2 in , schedule No. 40

---

### 5.3 Belt Coveyor

Kode Alat	:	F-112
Fungsi	:	Menstranportasikan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> menuju Bucket Elevator dan diteruskan ke tangka pelarutan soda ash.
Tipe	:	<i>Continues flow conveyor</i>
Jumlah	:	1
Kapasitas	:	250.54 ton/jam
Lebar belt	:	14 In
Tinggi conveyor	:	10 ft
Panjang conveyor	:	100.5 ft
Kemiringan	:	6.3 °
Lapisan belt	:	3
Speed	:	100 ft/menit
Daya motor	:	2.78 hp

### 5.4 Bucket Elevator (J-512)

Tinggi bucket elevator	:	25 ft
Bucket speed	:	0.045 ft/min
Head shaft	:	1 ft/min
Hp required at head shaft	:	1 hp



### 5.5 Pompa

Fungsi	:	Memompa <i>slurry</i> dari tangka pelarut <i>soda ash</i> (M-110) menuju <i>heater</i> (E-122)
Tipe	:	Centrifugal pump
Material case	:	Low alloy
Kapasitas	:	2267.75 kg/jam
Suction pressure	:	101325 pa
Discharge pressure	:	101325 pa
Beda ketinggian	:	10 ft
Ukuran pipa	:	6 in
Power pompa	:	2 hp
Jumlah	:	1 unit

### 5.6 Heater

Fungsi	:	Menaikkan suhu Soda Ash
Jenis	:	DPHE
Jumlah	:	1
Bahan kontruksi	:	Carbo Steel SA-283 Grade C
Luas Area	:	0.753 ft <sup>2</sup>
Outer pipa	:	2.5 IPS
Inner pipa	:	1.25 IPS
Length	:	12 ft
Jumlah hairpin	:	1
Fouling Factor	:	0.0025 Jam.ft <sup>2</sup> .°F/bu

### 5.7 Reaktor R-120

Kode alat	:	R-120
Kapasitas	:	1.02 m <sup>3</sup>
Diameter	:	1.03 m
Tinggi	:	1.27 m




---

Tebal tangki	:	4 / 16	in
Tebal tutup atas	:	4 / 16	in
Tebal tutup bawah	:	4 / 16	in
Jenis las	:	<i>Double welded butt joint</i>	
Bahan Konstruksi	:	Stainless Steel SA 229	
Jenis Pengaduk	:	6 Blade Turbin	
Diameter Impeller	:	0.5	m
Kecepatan Putar	:	0.5	rps
Daya Motor	:	0.83	hp

### Reaktor R-210

Kode alat	:	R-210	
Kapasitas	:	1.05	$\text{m}^3$
Diameter	:	1.03	m
Tinggi	:	1.28	m
Tebal tangki	:	4 / 16	in
Tebal tutup atas	:	4 / 16	in
Tebal tutup bawah	:	4 / 16	in
Jenis las	:	<i>Double welded butt joint</i>	
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA 283 Grade A</i>	
Jenis Pengaduk	:	6 Blade Turbin	
Diameter Impeller	:	0.5	m
Kecepatan Putar	:	0.417	rps
Daya Motor	:	0.430	hp

### 5.8 Tangki Penampungan F-125

Jenis tutup atas bawah	:	Tutup atas <i>Flange Only</i> dan tutup bawah <i>conical</i>
Jenis Material	:	Carbon Steel SA-285 A



Tipe Las	:	Double welded butt joint
Total Material Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	:	10915.556 kg
Kapasitas Tangki	:	8.72 m <sup>3</sup>
Jumlah	:	1 buah
Tinggi Shell Silo	:	2.56 m
Tinggi konis	:	0.27 m
Diameter tangka	:	2 m
Tabel silinder	:	1 / 8 in
Tabel tutup bawah	:	1 / 8 in

### 5.9 Spray Dryer

Tinggi silinder	:	5.1 ft
Tinggi konis	:	1.4 ft
Diameter	:	1.6 ft
Tebal shell	:	4 / 16 ft
Tebal atas	:	4 / 16 ft
Tebal konis	:	4 / 16 ft
Bahan konstruksi	:	Stainless steel type 306
Jumlah	:	1 unit

### 5.10 Screw Conveyor (J-421)

Kapasitas yang dibutuhkan	:	5.556 ton/h
diameter flight	:	5 ton/h
diameter pipa tengah	:	9.000 in
diameter shaft	:	2.500 in
Panjang hanger penyangga	:	2.000 in
panjang hanger	:	10.000 ft
kecepatan putar	:	40.000 r/min
diameter lubang feed	:	6.000 in




---

Panjang screw conveyor	:	30.000	ft
Power	:	0.850	hp

---

**5.11 Rotary Calciner (B-410)**

Fungsi	:	Mengkonversi MSP dan DSP menjadi STPP	
Jumlah	:	1	buah
Kapasitas	:	5764.005	kg/jam
Diameter Calciner	:	2.740	m
Panjang Calciner	:	21.400	m
Kecepatan Putar	:	5	rpm
Power	:	109.450	hp

**5.12 Rotary Cooler (B-420)**

Fungsi	:	Mendinginkan STPP dengan udara pendingin	
Jumlah	:	1	buah
Kapasitas	:	5764.005	kg/jam
Diameter Cooler	:	1.149	m
Panjang Cooler	:	5.225	m
Kecepatan Putar	:	7	rpm
Kemiringan	:	22.780	°
Power	:	20.704	hp

**5.13 Vibrating Screen (H-513)**

Fungsi	:	Untuk menyeragamkan ukuran kristal natrium sulfat dengan ukuran 100 mesh	
Kapasitas	:	12889.339	kg/jam

---



---

Luas Screen	:	44.81	ft <sup>3</sup>
Jumlah	:	1 buah	

### 5.14 Ball Mill (C-510)

Fungsi	:	Untuk mengecilkan ukuran atau menyeragamkan ukuran kristal
Kapasitas	:	154.348 ton/hari
Ukuran	:	7 x 5 ft
Ball charge	:	13.100 ton
Mill speed	:	22.500 rpm
Power	:	135.000 hp

### 5.15 Cyclone (H-313)

Fungsi	:	Untuk memisahkan partikel yang terikut udara dari Spray dryer
Kecepatan gas masuk	:	20 m/s
Dimensi cyclone	:	
Bc	:	0.484 m
Dc	:	1.935 m
De	:	0.967 m
Hc	:	0.967 m
Lc	:	3.869 m
Sc	:	0.242 m
Zc	:	3.869 m
Jc	:	0.484 m
Jumlah	:	1 buah

## BAB VI

## UTILITAS

### 6.1 Utilitas Secara Umum

Dalam suatu pabrik, peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi sangatlah penting. Semua sarana pendukung operasional suatu proses produksi tersebut disediakan dan disiapkan oleh suatu unit atau pabrik yang secara umum disebut pabrik utilitas. Dengan kata lain, utilitas merupakan suatu pabrik yang menyiapkan sarana pendukung suatu proses produksi pada suatu pabrik. Sarana utilitas pada parik *Sodium Tripolyphosphate* antara lain seagai berikut :

#### 1. Air

Kebutuhan air pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* dipenuhi dari air sungai. Air digunakan untuk menghasilkan air pendingin, air *boiler* untuk menghasilkan *steam* dan air untuk keperluan sanitasi.

#### 2. Steam

Steam dihasilkan dari unit *boiler* dan digunakan untuk proses produksi, yaitu:

- *Heat Exchanger*, sebagai media pemanas untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebelum masuk reactor.
- *Rotary Dryer*, yang digunakan untuk memanaskan udara kering.

#### 3. Listrik

Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi dari PT.PLN Persero. Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi sebagai tenaga penggerak beberapa peralatan proses seperti pompa dan peralatan proses kontrol.



#### 4. Bahan Bakar

Bakan bakar berfungsi untuk bahan bakar *boiler* dan pembangkit tenaga listrik.

Utilitas merupakan sarana penunjang proses suatu industri, karena merupakan penggerak atau pembangkit tenaga kerja. Di Pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini sumber listrik yang digunakan berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan beberapa sarana lainnya. Sarana utilitas yang ada di Pabrik *Sodium Tripolyphosphate* adalah :

- Unit Boiler Plant
- Unit Pengolahan Limbah
- Unit Water Treatment
- Unit Kelistrikan
- Unit Kompresor
- Unit Cooling Tower
- Supply Gas Alam

### 6.2 Syarat Kebutuhan Air pada Pabrik *Sodium Tripolyphosphate*

#### 6.2.1 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K ( $0^\circ C$ ). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.



Kebutuhan air pabrik direncanakan diambil dari air sungai. Air dari sungai kemudian diolah lebih lanjut sesuai keperluan. Adapun kegunaan air adalah sebagai berikut:

1. Air sanitasi
2. Air proses
3. Air pendingin
4. Air umpan *boiler*

### **6.2.2 Air Sanitasi**

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, perkantoran, pemadam kebakaran. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas yang ditentukan sebagai berikut :

a. Syarat fisik :

- Suhu : Dibawah suhu udara sekitar
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Kurang dari 1 mgr SiO<sub>2</sub> / liter

b. Syarat kimia :

- pH = 6,5 – 8,5
- Kesadahan kurang dari 70 CaCO<sub>3</sub>
- Tidak mengandung zat terlarut berupa zat organic dan zat anorganik
- Tidak mengandung zat-zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, Hg

c. Syarat Biologi :

- Tidak mengandung kuman dan bakteri, terutama bakteri patogen



- Bakteri *Escherichia Coli* kurang dari 1/100 ml

Untuk memenuhi persyaratan-persyaratan diatas dapat dilakukan proses penjernihan sebelumnya dan untuk bakteriologis (penghilangan bakteri) perlu ditambahkan kaporit ( $\text{CaOCl}_2$ ) sebagai desinfektan yang fungsinya adalah untuk mencegah berkembangbiaknya bakteri pada sistem distribusi air sanitasi.

### **6.2.3 Air Proses**

Air proses adalah air proses dalam pabrik ini digunakan untuk bahan baku pembuatan *steam*, dan air pendingin reactor *recycle vessel*.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air adalah:

- Alkalinitas
- Keasaman (pH)
- Kekeruhan
- Warna
- Air yang digunakan tidak mengandung Fe dan Mn

### **6.2.4 Air Pendingin**

Tugas unit penyediaan air pendingin adalah untukmenyediakan air pendingin yang memenuhi syarat-syarat sebagai air pendingin untuk keperluan operasional pada Reaktor Netralisasi, *Drying*, dan proses Polimerisasi. Adapun faktor-faktor digunakannya air pendingin adalah sebagai berikut :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
- Mudah diatur dan dijernihkan



- Dapat menyerap jumlah panas yang besar per satuan volume
- Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahantemperatur dingin
- Tidak terdekomposisi
  - Syarat kualitas *cooling water* :
    - a) Tidak mengandung *Hardness* dan silika karena dapat menimbulkan kerak
    - b) Tidak mengandung besi karena dapat menimbulkan korosi
    - c) Tidak mengandung minyak karena menyebabkan terganggunya *film corosion* pada inhibitor, menurunkan *heat transfer* dan memicu pertumbuhan mikroorganisme.

### 6.2.5 Air Umpam Boiler

Air umpan boiler adalah air yang dilunakkan dari kandungan mineral yang terdapat dalam air tersebut dan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* pada bioler. Walaupun air sudah kelihatan jernih tetapi pada umumnya masih mengandung garam dan asam yang terbawa oleh air sungai yang dapat merusak boiler. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- Zat-zat penyebab korosi

Korosi dalam ketel disebabkan karena tidak sempurnanya pengaturan pH dan penghilangan oksigen, penggunaan kembali air kondensat yang banyak mengandung bahan-bahan pembentuk karat dan korosi yang terjadi selama ketel tidak dioperasikan.



- Zat penyebab ‘*scale foaming*’

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- Zat penyebab *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan busa (*foam*) pada boiler, karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai umpan boiler, dilakukan pelunakan air. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi perpindahan proses panas sehingga akan menyebabkan *overheating* yang memusat dan menyebabkan pecahnya pipa.

### **6.2.6 Proses Pengolahan Air**

Untuk pengolahan air meliputi :

- a. Pengolahan secara fisika, seperti pengendapan *suspended solid* tanpa koagulan (*plan sedimentation*), pemisahan atau penyaringan minyak dan kotoran padat lainnya.
- b. Pengolahan secara kimia atau klarifikasi terutama untuk memisahkan kontaminan yang terlarut.
- c. Pengolahan secara fisika lanjutan, seperti proses penyaringan/filtrasi, terutama untuk menyempurnakan proses kimia.
- d. Pengolahan khusus yang tergantung pada penggunaannya, seperti :



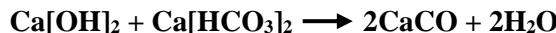
- Pelunakan dengan kapur
- Pelunakan dengan menggunakan kation

### Pengendapan Kotoran

Air yang diambil dari sungai sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (*Bar Screen*) untuk menyaring kotoran seperti sampah dan lain-lain yang mungkin ada. Kemudian air dialirkan ke bak penampung untuk pengolahan berikutnya.

### Penambahan Bahan Kimia

Pada bak flokulator dengan pengadukan cepat disertai penambahan dengan tawas  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$  agar larutan tawas dapat tercampur sempurna dengan air yang diolah. Tujuan penambahan tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan-gumpalan, air dialirkan ke bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5 – 8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur  $[Ca(OH)_2]$ . Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok-flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat. Melalui reaksi berikut :



Air kemudian dialirkan secara *overflow* ke bak pengolahan berikutnya.

### Penyaringan

Kemudian air mengalir dengan dengan *flow rate* yang lambat dalam bak sedimentasi atau *clarifier* agar flok – flok yang sudah terbentuk tidak rusak. Di bak sedimentasi ini air

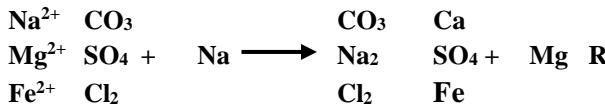


diberi kesempatan untuk mengendap sebaik mungkin. Air jernih dari bagian atas ditampung dalam bak penampung sementara, kemudian dipompa ke *sand filter* yang berfungsi untuk menangkap partikel-partikel kecil yang tidak dapat diendapkan. Partikel-partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil . Air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit sebagai pembunuh kuman. Untuk air proses dapat langsung digunakan, sedangkan untuk air umpan boiler dilakukan demineralisasi pada kation *exchanger*.

### **Pengolahan Pelunakan**

Ion *exchanger* terdiri dari kation dan anion *exchanger*. Pada kation *exchanger*, ion positif seperti  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  diganti dengan ion  $Na^{2+}$  dari resin kation ( $RNa_2$ ), sedangkan pada anion *exchanger* ion negatif seperti  $Cl^-$  diikat oleh resin basa kuat ( $ROH$ ). Reaksi yang terjadi pada reaksi demineralisasi yaitu :

- **Kation Exchanger**

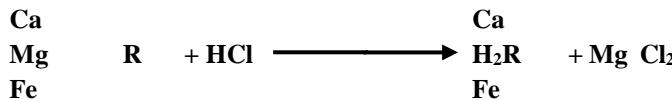


Resin akan jenuh setelah bekerja selama 36 jam yang ditunjukkan dengan kenaikan konduktivitas anion, penurunan FMA (*free mineral acid*), kenaikan pH, total hardness lebih besar dari 0.

Untuk efektifitas operasi, unit ini juga dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin, yaitu dengan menambahkan larutan HCl kedalam kation *exchanger* dan larutan NaOH untuk anion *exchanger*. Regenerasi yang terjadi yaitu :



Kation *exchanger*, dengan menggunakan HCl 5%



## 6.3 Utilitas pada Pabrik *Sodium Tripolyphosphate*

### 6.3.1 Air Sanitasi

Untuk keperluan air sanitasi diperlukan air sebanyak 0,2 m<sup>3</sup>/hari untuk tiap karyawan.

#### 1. Air untuk Karyawan

Jumlah karyawan	: 500 orang
Kebutuhan air untuk 500 karyawan	: 100 m <sup>3</sup> /hari
Cadangan (10%)	: 10 m <sup>3</sup> /hari
Total	: 110 m <sup>3</sup> /hari
= 4,583 m <sup>3</sup> /jam	

Jadi kebutuhan air untuk karyawan sebanyak 500 orang adalah 4,583 m<sup>3</sup>/jam

#### 2. Air untuk Laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk kebutuhan laboratorium adalah sebesar 5% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

$$= 5\% \times 110 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 5,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,229167 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jadi kebutuhan air untuk laboratorium adalah 0,229167 m<sup>3</sup>/jam

#### 3. Air untuk Pemadam Kebakaran dan Kebutuhan Lainnya

Direncanakan kebutuhan air untuk kebutuhan pemadam kebakaran, taman, *service water*, dan lain sebagainya diperlukan air sebanyak 30 % dari kebutuhan air sanitasi karyawan, sehingga membutuhkan air sebanyak :



$$= 30\% \times 110 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 33 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,375 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jadi kebutuhan air untuk pemadaman kebakaran dan kebutuhan lainnya adalah  $1,375 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jadi kebutuhan air untuk pabrik *Sodium Tripolyphosphate* adalah  $149 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $3576 \text{ m}^3/\text{jam}$

### 6.3.2 Air Umpam Boiler

Air yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan.

Kebutuhan air pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	<i>Heater 1</i>	32.993,56
2.	<i>Heater 2</i>	19.993,88
3	<i>Heater 3</i>	104.680,91
Total		157.668,35

Air umpan boiler yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan

:

$$= \frac{\text{air mass rate}}{\rho}$$

$$= \frac{157.668,35}{995,68}$$

$$= 158,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 6,59 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### 6.3.3 Air Proses

Kebutuhan air proses pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Air (kg/jam)



1.	Tangki pelarutan Soda Ash (M-110)	32.374,64
	Total	32.374,64

Air umpan boiler yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan :  

$$= \frac{\text{air mass rate}}{\rho}$$

$$= \frac{32.374,64}{995,68} \\ = 32,51 \text{ m}^3/\text{jam} \\ = 1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### 6.3.4 Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	Reaktor (R-120)	24.094,66
2.	Reaktor (R-210)	913.042,37
	Total	937.137,03

Air umpan boiler yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan :  

$$= \frac{\text{air mass rate}}{\rho}$$

$$= \frac{973.137,03}{995,68} \\ = 977,359 \text{ m}^3/\text{jam} \\ = 40,723 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### 6.3.5 Udara Panas

Kebutuhan udara panas pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Udara Panas (kg/jam)
----	----------------	--------------------------------



1.	Furnace	150.950,34
	Total	150.950,34

### 6.3.6 LNG

Kebutuhan LNG yang di gunakan sebagai bahan bakar udara panas adalah sebagai berikut

No	Nama Peralatan	Kebutuhan LNG (kg/jam)
1.	Furnace	7.044,09
	Total	7.044,09

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan : 80% dari kondensat kembali ke air umpan boiler,jadi :

Air kondensat yang diresirkulasi adalah 80% dari total kondensat

$$= 80\% \times 158,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 126,68 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 5,27 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi total air yang hilang adalah} & & = 158,35 - 126,68 \\ \text{m}^3/\text{jam} & & \\ & & = 31,67 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 1,31 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Air sungai yang diambil dari sungai :

- |                                   |   |                               |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| 1. Air Sanitasi                   | = | 149,0000 m <sup>3</sup> /hari |
| 2. Air <i>makeup water</i> boiler | = | 6,5900 m <sup>3</sup> /hari   |
| 3. Air proses                     | = | 1,3540 m <sup>3</sup> /hari   |
| 4. Air pendingin                  | = | 40,7233 m <sup>3</sup> /hari  |
| 5.                                |   | +                             |



---

---

**Total** = 193,5753 m<sup>3</sup>/hari

#### 6.4 Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan dipakai generator set untuk mengatasi keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh dua sumber, yaitu :

- a. Perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan sumber listrik utama dari pabrik ini.
- b. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), digunakan untuk cadangan jika listrik dari PLN padam atau apabila daya dari PLN tidak mencukupi.



**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## **BAB VII**

### **KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

#### **7.1 Pendahuluan**

##### **7.1.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum**

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan syarat yang harus dilaksanakan dalam suatu perusahaan sebagai usaha untuk mencegah dan mengendalikan kerugian yang diakibatkan dari adanya kecelakaan, kebakaran, kerusakan harta benda perusahaan dan kerusakan lingkungan serta bahaya-bahaya lainnya. Keselamatan dan kesehatan kerja harus mendapatkan perhatian yang lebih pada suatu pabrik terutama dalam studi pembuatan *sodium trypolyphosphate* dari asam fosfat dan natrium karbonat.

Hal tersebut menyangkut kesehatan dan keselamatan kerja para karyawan dan keselamatan peralatan. Sebab dengan kesehatan kerja yang sangat baik akan membuat karyawan bekerja dengan baik karena para karyawan merasa nyaman dalam menjalankan tugasnya, sebaliknya apabila lingkungan kerja kurang baik misalnya ventilasi yang kurang baik, penerangan dan kebersihan yang kurang memadai, ruangan yang sangat padat, serta suhu yang sangat panas akan mengakibatkan menurunnya produktivitas kerja karyawan.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menerangkan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan



penyakit akibat kerja. Perlindungan terhadap tenaga kerja dimaksudkan untuk menjamin hak-hak dasar pekerja/buruh dan menjamin kesamaan kesempatan serta perlakuan tanpa diskriminasi atas dasar apapun untuk mewujudkan kesejahteraan pekerja/buruh dan keluarganya dengan tetap memperhatikan perkembangan kemajuan dunia usaha sesuai dengan yang sudah diatur dalam Peraturan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Agar setiap pegawai/tenaga kerja mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja baik secara fisik, sosial, dan psikologis.
- b. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya, selektif mungkin.
- c. Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya.
- d. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai/tenaga kerja.
- e. Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f. Agar tehindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja.
- g. Agar setiap pegawai/tenaga kerja merasa aman dan terlindungi dalam bekerja.

Kondisi pekerja sangat menentukan terjadinya kecelakaan kerja. Faktor-faktor yang menentukan kondisi pekerja, yaitu:

- a. Kondisi Mental dan Fisik

Kondisi tersebut sangat berpengaruh dalam menjalankan proses produksi karena dengan kondisi



- mental dan fisik yang buruk dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.
- b. Kebiasaan kerja yang baik dan aman  
Pada saat melakukan pekerjaan, pekerja harus dapat dituntut untuk bekerja secara disiplin agar tidak lalai yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.
  - c. Pemakaian alat-alat pelindung diri  
Kurangnya kesadaran dalam pemakaian alat-alat pelindung karena dirasa tidak nyaman oleh pekerja dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Kesehatan kerja mencakup kegiatan yang bersifat komprehensif berupa upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif. Upaya promotif berupa penyuluhan, pelatihan dan peningkatan pengetahuan tentang upaya hidup sehat dalam bekerja, disamping kegiatan pencegahan (preventif) terhadap resiko gangguan kesehatan, lebih mengemuka dalam disiplin kesehatan kerja.

### **7.1.2 Kecelakaan Kerja**

Berdasarkan sumber UU No. 1 Tahun 1970 kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang tidak diduga semula dan tidak dikehendaki, yang mengacaukan proses yang telah diatur darisatu aktifitas dan dapat menimbulkan kerugian baik korban manusia ataupun harta benda. Menurut UU No. 3 Tahun 1992 tentang jaminan sosial tenaga kerja, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam pekerjaan sejak berangkat dari rumah menuju tempat kerja dan pulang ke rumah melalui jalanyang biasa atau wajar dilalui.



Berdasarkan undang-undang mengenai keselamatan dan kesehatan kerja dapat terlihat ada 3 aspek utama dari kecelakaan :

- a. Keadaan apapun yang membahayakan pada tempat kerjanyaupun di lingkungan kerja. *Hazard* ini untuk manusia menimbulkan cedera (*injury*) dan sakit (*illness*).
- b. Cedera dan sakit adalah hasil dari kecelakaan akan tetapi kecelakaan tidak terbatas pada cedera atau sakit saja.
- c. Jika dalam suatu kejadian menyebabkan kerusakan atau kerugian (*loss*) tetapi tidak ada cedera pada manusia, hal ini termasuk juga kecelakaan. Kecelakaan dapat menyebabkan *hazard* pada orang, kerusakan pada perlengkapan atau barang dan terhentinya proses pekerjaan.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 tahun 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain:

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

Berdasarkan teori dari Frank Bird Jr, menyebutkan bahwa kecelakaan disebabkan atas beberapa faktor berikut:

1. Penyebab langsung (*immediate causes*). Adalah faktor kecelakaan yang secara langsung bersinggungan



dengan manusia dan kondisi lingkungan kerja. Faktor penyebab langsung tersebut dibagi menjadi dua faktor:

a) *Substandard Action*(Perilaku manusia yang tidak baik) adalah penyebab yang didasarkan pada perilaku manusia yang tidak mengikuti peraturan keselamatan kerja dan bertindak tidak aman. Contohnya: tidak menggunakan APD, menjalankan mesin tanpa ijin, bercanda dan melepas *barier* pada mesin. Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan), antara lain :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- Stress.
- Tidak cocoknya karyawan dengan peralatan atau lingkungan kerja.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

b) *Substandard Condition*

Kondisi lingkungan yang tidak aman adalah dimana lingkungan kerja, peralatan kerja yang mendukung terjadinya kecelakaan kerja. Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin-mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Contohnya : Lingkungan kerja dekat dengan sumber panas, adanya sumber bising, tidak adanya tanda peringatan.

Kecelakaan yang terjadi karena faktor lingkungan akibat dari :

- Kesalahan perencanaan.



- Aus atau rusaknya peralatan.
- Kesalahan pada waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat
- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, bising, salah penerangan dan lembab.

## 2. Sistem Manajemen

SMK3 diartikan sebagai bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja sehingga tercipta tempat kerja yang aman, efisien dan produktif (*Mentang, 2013*).

Terdapat berbagai upaya untuk mencegah kecelakaan kerja di tempat kerja, antara lain :

1. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui pengendalian bahaya di tempat kerja
  - a) Pemantauan dan pengendalian kondisi tidak aman
  - b) Pemantauan dan pengendalian tindakan tidak aman
2. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui pembinaan dan pengawasan
  - a) Pelatihan dan pendidikan
  - b) Konseling dan konsultasi



- c) Pengembangan sumber daya ataupun teknologi
3. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui sistem manajemen
- a) Prosedur dan aturan
  - b) Penyediaan sarana dan prasarana
  - c) Penghargaan dan sanksi
- (Rosdiana, 2012)

Adapun alat-alat pelindung diri sebagai berikut:

1. *Safety Helm*

*Safety helm* melindungi kepala terhadap benturan, adanya kemungkinan tertimpa benda-benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.

2. *Safety Glasses*

*Safety glasses* melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia dan cahaya yang menyilaukan.

3. Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung Telinga melindungi telinga terhadap kebisingan, apabila alat tersebut tidak digunakan dapat menurunkan daya pendengaran dan menyebabkan ketulian yang bersifat tetap.

4. Alat Pelindung Pernapasan

Alat pelindung pernapasan Untuk melindungi hidung dan mulut dari berbagai gangguan yang membahayakan tenaga kerja.

5. Sarung tangan



Sarung tangan berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di sesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.

#### *6. Safety Shoes*

*Safety Shoes* untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh bahan kimia korosif, benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpleset oleh air atau minyak.

#### *7. Baju Pelindung*

Baju Pelindung melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja.

*(Mentang, 2013)*

Kecelakaan yang disebabkan oleh manajemen adalah sebagai

berikut :

- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan, modifikasi dan berjalannya penerapan aspek-aspek keselamatan kerja di lapangan.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya.

#### *3. Bahaya Mekanik*



Kecelakaan yang disebabkan oleh benda-benda mekanik,

antara lain :

- Benda-benda bergerak atau berputar.
- Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang.

4. Bahaya Kimia

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

5. *Incident/Accident.*

Terjadinya kontak dengan suatu benda, energi dan atau bahan berhazard sebagai efek dari ketigapenyebab diatas yang tidak dapat dikendalikan.

6. *Treshold limit.*

*Treshold limit* adalah nilai ambang batas dimana ketika seluruh penyebab tadi sudah melebihi nilai yang sudah ditentukan.

7. Kerugian. Konsekuensi dari terjadinya *incident/accident* baik terhadap manusia sebagai pekerja dan atau kerugian terhadap peralatan yang digunakan untuk menunjang pekerjaan.

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja adabebberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

a. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat-alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya bahaya kebakaran, perusakan akibat cuaca, gempa, petir, banjir dan lain sebagainya.

Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa



aman dan nyaman bagi para pekerjaserta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabriktersebut malah menimbulkan pencemaran bagi lingkungansekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagipenduduk sekitar.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi ataumembayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengansistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempatkerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman,nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat-alat bergerak

Alat-alat berputar atau bergerak seperti motor padapompa ataupun kipas dalam *blower*, motor pada pengadukharus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberipenutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarakyang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bilaterjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah.

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panasharus diberi isolator, misalnya: *Boiler*, *Condenser*, *Heater*dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancanganfaktor keselamatan (*safety factor*) harus diutamakan, antaralain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las),faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang perananpenting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja,efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untukmencegah kehilangan panas pada alat–alat tersebut. Selain itu



harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat-alat kontrol yang sesuai.

e. Sistem perpipaan

Pipa-pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa-pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti (*U-bed*), *tee*, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindarkan peledakan yang diakibatkan oleh pemuaian pipa.

f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektris harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit-unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang



masing-masing, juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secaraumum. Disamping itu pihak pabrik harus gencarmemberikan penyuluhan tentang Kesehatan danKeselamatan Kerja (K3), baik secara lisan maupun secaratertulis (berupa tanda-tanda bahaya/larangan serta peraturanpengoperasian peralatan yang baik dan benar pada tiap-tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikiandiharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu-waktu, setidaknya padatahapan awal.

### **7.1.3Potensi Bahaya Lingkungan Kerja**

Pada dasarnya tempat kerja selalu terdapat berbagai potensi bahaya yang dapat mempengaruhi kesehatan tenaga kerja. Potensi bahaya merupakan segala sesuatu yang berpotensi menyebabkan terjadinya kerugian, kerusakan, cidera, sakit, kecelakaan atau bahkan dapat mengakibatkan kematian yang berhubungan dengan proses dan sistem kerja.

Pengenalan potensi bahaya di tempat kerja merupakan dasar untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tenaga kerja, serta dapat dipergunakan untuk mengadakan upaya-upayapengendalian dalam rangka pencegahan penyakit yang mungkin terjadi.

Secara umum, potensi bahaya lingkungan kerja dapat berasal dari berbagai faktor, antara lain :

1. Faktor teknis, yaitu potensi bahaya yang berasal atau terdapat pada peralatan kerja yang digunakan atau dari pekerjaan itu sendiri



2. Faktor lingkungan, yaitu potensi bahaya yang berasal dari dalam lingkungan, yang dapat bersumber dari proses produksi termasuk bahan baku, baik produk antara, maupun hasil akhir.
3. Faktor manusia, merupakan potensi bahaya yang cukup besar terutama apabila manusia yang melakukan pekerjaan tersebut tidak berada dalam kondisi kesehatan yang prima baik fisik maupun psikis.

Potensi bahaya di tempat kerja dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Hal ini dikelompokkan antara lain sebagai berikut :

1. Potensi bahaya fisik, yaitu potensi bahaya yang dapat menyebabkan gangguan-gangguan kesehatan terhadap tenaga kerja yang terpapar, misalnya: terpapar kebisingan intensitas tinggi, suhu ekstrim (panas & dingin), intensitas penerangan kurang memadai, getaran dan radiasi.
2. Potensi bahaya kimia, yaitu potensi bahaya yang berasal dari bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi. Potensi bahaya ini dapat memasuki atau mempengaruhi tubuh tengah kerja melalui *inhalation* (melalui pernafasan), *ingestion* (melalui mulut ke saluran pencernaan) dan *skin contact* (melalui kulit).
3. Potensi bahaya biologis, yaitu potensi bahaya yang ditimbulkan oleh kuman-kuman penyakit yang terdapat di udara yang berasal dari tenaga kerja yang menderita penyakit-penyakit tertentu, misalnya : TBC, Hepatitis A/B dan Aids, maupun yang berasal dari bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi.
4. Potensi bahaya fisiologis, yaitu potensi bahaya yang disebabkan oleh penerapan peraturan yang tidak baik



atau tidak sesuai dengan norma-norma ergonomi yang berlaku dalam melakukan pekerjaan serta peralatan kerja, termasuk sikap dan cara kerja yang tidak sesuai, pengaturan kerja yang tidak tepat, beban kerja yang tidak sesuai dengan kemampuan pekerja ataupun ketidakserasan antara manusia dan mesin.

5. Potensi bahaya Psiko-sosial, yaitu potensi bahaya yang ditimbulkan oleh kondisi aspek-aspek psikologis ketenagakerjaan yang kurang baik atau kurang mendapatkan perhatian, seperti penempatan tenaga kerja yang tidak sesuai dengan bakat, minat, kepribadian, motivasi, temperamen atau pendidikannya, sistem seleksi dan klasifikasi tenaga kerja yang tidak sesuai, kurangnya keterampilan tenaga kerja dalam melakukan pekerjaannya sebagai akibat kurangnya latihan kerja yang diperoleh, serta hubungan antara individu yang tidak harmoni dan tidak serasi dalam organisasi kerja.
6. Potensi bahaya dari proses produksi, yaitu potensi bahaya yang ditimbulkan oleh beberapa kegiatan yang dilakukan dalam proses produksi, yang sangat bergantung dari bahan dan peralatan yang dipakai, serta jenis kegiatan yang dilakukan (*Rante, 2011*).

## **7.2 Alat Pelindungan Diri (APD)**

### **7.2.1 Penjelasan Alat Pelindungan Diri secara Umum**

Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Peraturan 08 Tahun 2010 yang menerangkan bahwa Alat Pelindung Diri yang selanjutnya disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari



potensi bahaya di tempat kerja. Pengusaha wajib menyediakan APD bagi pekerja/buruh di tempat kerja dan harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau standar yang berlaku seperti yang sudah diatur dalam UU No. 08 tahun 2010. APD yang dimaksud meliputi :

- a. Pelindung kepala
- b. Pelindung mata dan muka
- c. Pelindung telinga
- d. Pelindung pernapasan beserta perlengkapannya.
- e. Pelindung tangan
- f. Pelindung kaki
- g. Pakaian pelindung
- h. Alat pelindung jatuh perorangan
- i. Pelampung (jika dibutuhkan)

### **7.2.2 Syarat-syarat Alat Pelindungan 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.

### **7.2.3 Jenis-jenis Alat Pelindungan Diri secara Umum**

Penjelasan jenis-jenis alat pelindung diri yang tercantum dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 08 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri yaitu :



### 1. Alat Pelindung Kepala

Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia dan suhu yang ekstrim. Jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (*safety helmet*), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut, dan lain-lain.

### 2. Alat Pelindung Mata dan Muka

Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas, atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam. Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman, *goggles*, tameng muka (*face shield*), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (*full face masker*).

### 3. Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan. Jenis alat pelindung telinga terdiri dari sumbat telinga (*ear plug*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB, dan penutup telinga (*ear muff*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.



4. Alat Pelindung Pernafasan Beserta Perlengkapannya  
Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikroorganisme, partikel yang berupa debu, kabut (*aerosol*), uap, asap, gas/fume, dan sebagainya. Jenis alat pelindung pernapasan dan perlengkapannya terdiri dari masker, respirator, katrit, *canister filter*, *Re-breather*, *Airlinerespirator*, *Continues Air Supply Machine* (*Air Hose Mask Respirator*), tangki selam dan regulator (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus/SCUBA*), *Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*, dan *emergency breathing apparatus*.
5. Alat Pelindung Tangan  
Pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pajanan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat pathogen (virus, bakteri) dan jasad renik. Jenis pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kain kanvas, kain atau kain berpelapis, karet, dan sarung tangan yang tahan bahan kimia.
6. Alat Pelindung Kaki  
Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau



dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia

berbahaya dan jasad renik, tergelincir. Jenis Pelindung kakiberupa sepatu keselamatan pada pekerjaan peleburan, pengecoran logam, industri, kontruksi bangunan, pekerjaan yang berpotensi bahaya peledakan, bahaya listrik, tempat kerja yang basah atau licin, bahan kimia dan jasad renik, dan/atau bahaya binatang dan lain-lain.

#### **7. Pakaian Pelindung**

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperature panas atau dingin yang ekstrim, api dan benda-bendapanas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logampanas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, binatang, mikroorganisme patogen dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur. Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (*Vests*), celemek (*Apron/Coveralls*), Jacket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan.

#### **8. Alat Pelindung Jatuh Perorangan**

Alat pelindung jatuh perorangan berfungsi membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar. Jenis alat pelindung jatuh perorangan terdiri dari sabuk pengaman tubuh (*harness*), karabiner,



tali koneksi (*lanyard*), tali pengaman (*safetyrope*), alat penjepit tali (*rope clamp*), alat penurun (*descender*), alat penahan jatuh bergerak (*mobile fallarrester*), dan lain-lain.

#### 9. Pelampung

Pelampung berfungsi melindungi pengguna yang bekerja di atas air atau dipermukaan air agar terhindar dari bahaya pengguna agar dapat berada pada posisi tenggelam (*negative buoyant*) atau melayang (*neutral buoyant*) di dalam air. Jenis pelampung terdiri dari jaket keselamatan (*life jacket*), rompi keselamatan (*life vest*), rompi pengatur keterapungan (*bouyancy control device*).

### 7.3 Instalasi Pemadam Kebakaran

Unit Pemadam Kebakaran mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat-tempat yang mempunyai instalasi listrik. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : *hydran, sprinkler, dry chemical power*
- Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa-bawa, diletakkan di tempat-tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya: dekat reaktor, boiler, diruang operasi (Operasi Unit), atau *power station*. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap



perangkatnya dapat dibawadengan mudah ke tempat dimana saja.

## **7.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pabrik**

### ***Sodium Tripolyphosphate***

#### **7.4.1 Sistem yang Digunakan pada Pabrik *Sodium Tripolyphosphat***

##### **1. Sistem Manajemen**

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menjelaskan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat SMK3 adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien danproduktif. Adapun tujuan dari penerapan SMK3 bertujuan untuk :

- Meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dankesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur danterintegrasi.
  - Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja danpenyakit akibat kerja dengan melibatkan unsurmanajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh.
  - Menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman danefisien untuk mendorong produktivitas.
- Sistem manajemen pada pabrik sodium nitrat meliputi:
- Pelaksanaan prosedur kerja dengan menggunakan bukpedoman Keselamatan Kerja.



- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Pembuatan usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

## 2. Sistem Komunikasi

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem wireless yang di setting berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk *start, stop, dan emergency* pengoperasian.

## 3. Sistem Alarm Pabrik

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendekripsi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.

## 4. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

### 7.4.2 Alat Pelindung Diri yang Digunakan pada Pabrik *Sodium Tripolyphosphate*

Beberapa area untuk karyawan yang harus diperhatikan dalam pabrik demi keselamatan kerja yaitu :

#### a. Area Tangki Penampungan

Pada tangki penampung di area pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini rata-rata pada kondisi temperatur kamar dan bertekanan atmosfer. Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	<i>Welding glasses</i>	Untuk pencegahan awal jika terdapat	



		partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada tangki yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2	Sarung Tangan Kulit (PVC)	Untuk melindungi tangan dari panas terutama saat pengambilan sampel	
3	<i>Safety Shoes</i>	Untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
4	<i>Safety Helmet</i>	Untuk melindungi kepala dari bahaya panas atau larutan asam ataupun	



		basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
5	Baju Pelindung	Sebagai pelindung badan	

### b. Area Pompa

Pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* kawasan perpompaan ini, pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	Sarung Tangan Karet	Untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif	
2	<i>Safety Shoes</i>	Untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan	



		terlindung dari kebocoran pompa	
3	Safety Helmet	Untuk melindungi kepala dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran pompa	
4	Baju Pelindung	Sebagai pelindung badan	

### c. Sistem Area Perpipaan

Pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* kawasan perpipaan ini, pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

No .	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sarung Tangan Karet</li> <li>✓ Sarung Tangan Kulit (PVC)</li> </ul>	Untuk melindungi tangan dari bahaya larutan asam atau basa yang bersifat korosif untuk melindungi dari	



		benda-bendatajam/kasar dan benda-bendabersuhu tinggi	
2	<i>Safety Shoes</i>	Untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran pipa	
3	<i>Safety Helmet</i>	Untuk melindungi kepala dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran pipa	
4	Baju Pelindung	Sebagai pelindung badan	



#### d. Area Reaktor dan sejenisnya

Pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* kawasan reaktor ini, pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	Welding glasses	Untuk pencegahan awal jika terdapat partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada reaktor yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2	Sarung Tangan Kulit (PVC)	Untuk melindungi dari benda-benda yang bersuhu tinggi ataupun fluida yang bersifat korosif	
3	Safety Shoes	Untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik aliran panas atau terlalu panasnya larutan asam atau basa yang bersifat korosif	



		akibat dari kebocoran pada reaktor, dan sejenisnya	
4	<i>Safety Helmet</i>	Untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	
5	<i>Ear Plug</i> <i>Ear Muff</i>	(dapat menahan suara sampai 39dB) (dapat menahan suara sampai 41dB)	

### e. Area Spray Dryer

Pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* kawasan *Spray Dryer* ini, pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	<i>Welding Glasses</i>	Untuk pencegahan awal jika ada partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada <i>heat exchanger</i> yang jika fluida terkena mata	



		akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2	Sarung Tangan Kulit (PVC)	Untuk melindungi dari benda-benda ataupun fluida yang bersuhu tinggi jika ada kebocoran	
3	<i>Safety Shoes</i>	Untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan bendabenda berat, terpercik larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran <i>tube</i> pada <i>heat exchanger</i>	
4	<i>Safety Helmet</i>	Untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	



5	Baju Pelindung	Untuk melindungi badan dari fluida korosif	
---	----------------	--	---

#### f. Area Heat Exchanger

Pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* kawasan *Heat Exchanger* ini, pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan :

No.	Nama Alat	Fungsi	Gambar Alat
1	<i>Welding Glasses</i>	Untuk pencegahan awal jika ada partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada <i>heat exchanger</i> yang jika fluida terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	

*BAB VII Kesehatan dan Keselamatan Kerja*

2	Sarung Tangan Kulit (PVC)	Untuk melindungi dari benda-benda ataupun fluida yang bersuhu tinggi jika ada kebocoran	
3	<i>Safety Shoes</i>	Untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan bendabenda berat, terpercik larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran <i>tube</i> pada <i>heat exchanger</i>	
4	<i>Safety Helmet</i>	Untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	



5	Baju Pelindung	Untuk melindungi badan dari fluida korosif	
---	----------------	--	--

### 7.4.3 Keselamatan Pabrik yang ada pada Pabrik Sodium Tripolyphosphate

#### 1. Area Tangki Penampung

Pada tangki penampung bahan yang korosif, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

#### 2. Area Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

#### 3. Area Sistem Perpipaan

Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

#### 4. Area Heat Exchanger

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada *Boiler* mempunyai level suara



---

*BAB VII Kesehatan dan Keselamatan Kerja*

---

sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

#### 5. Area Pabrik secara Umum/Keseluruhan

- Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang bergunauntuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat(misalnya: kebakaran)
- Disediakan *hydrant* disetiap *plant* (unit) untukmenanggulangi/pencegahan awal pada saat terjadikebakaran/peledakan.
- Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tandaperingatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapatdigunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaandarurat.



**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## **BAB VIII**

### **INSTRUMENTASI**

#### **8.1 Instrumentasi Secara Umum**

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses control untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrument merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrument tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan.

Secara garis besar, alat-alat control dapat diklasifikasikan atas :

a. Penunjuk (*Indicator*)

*Indicator* adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

Ialah satu elemen dari system pengendalian proses.Untuk mengukur besaran dari suatu proses digunakan alat ukur yang disebut sebagai sensor (bagian yang berhubungan langsung dengan medium yang diukur), dimana transmittir kemudian mengubah sinyal yang diterima dari sensor menjadi sinyal standart. Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim



sinyal yang diperolehnya keperalatan lain misal recorder, indicator atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

*Recorder* (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodik.

d. Pengatur (*Controller*)

*Controller* adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katuppengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.

Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik sebagai berikut :

1. Untuk menjaga proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara:



- Mendetaksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara *interlock* otomatis jika kondisi kritis muncul.
  - Menjaga variabel-variabel proses benda pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
  3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja.
  4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam standar yang ditetapkan.
  5. Memperoleh hasil kerja yang efisien.
  6. Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik.

Pengendalian variabel proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanyadiberi instrument penunjuk atau pencatat saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

### 1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitive terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.

### 2. Elemen penguat

Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal yang dapat dibaca oleh *controller*.

### 3. Controller



*Controller* merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.

#### 4. Element pengontrol akhir

Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari *controller* menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variabel proses ke harga yang telah ditetapkan. Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- *Sensitivity*
- *Readability*.
- *Accuracy*
- *Precision*
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi.

### 8.2 Jenis-jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri

#### 1. *Temperature Indicator* (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.

Jenis *temperature indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Thermometer*, Termokopel.

#### 2. *Temperature Controller* (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

#### 3. *Temperature Recorder Controller* (TRC)



Fungsi : untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi.

**4. Pressure Indicator (PI)**

Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.

Jenis *pressure indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Pressure Gauge*.

**5. Pressure Controller (PC)**

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

**6. Pressure Recorder Controller (PRC)**

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta.

**7. Flow Controller (FC)**

Fungsi : untuk menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *control valve*.

**8. Flow Recorder Controller (FRC)**

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus.

**9. Level Indicator (LI)**

Fungsi : untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat.

**10. Level Controller (LC)**

Fungsi : untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.

**11. Level Recorder Controller (LRC)**

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat.

### **8.3 Instrumentasi pada Pabrik Sodium Tripolyphosphate**

Instrumentasi-instrumentasi yang digunakan pada



pabrik *Sodium Tripolyphosphate* adalah sebagai berikut :

1) Tangki Penyimpanan *Soda Ash*

- *Level Indicator* (LI)

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian *Soda Ash* dalam tangki

2) Tangki Penyimpanan  $H_3PO_4$

- *Level Indicator* (LI)

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian  $H_3PO_4$  dalam tangki

3) Tangki Penyimpanan *NaOH*

- *Level Indicator* (LI)

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian *NaOH* dalam tangki

4) *Heat Exchanger*

- *Temperature Indicator* (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperature pada bahan keluar dari *heat exchanger*

5) Reaktor

- *Flow Control* (FL) dan *Temperature Controller* (TC)

Fungsi : untuk mengetahui dan mengendalikan temperature pada reaktor

6) *Spray Dryer*

- *Temperature Controller* (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan temperature pada *Spray Dryer*

7) *Calciner*

- *Temperature Controller* (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan temperature operasi pada *Calciner*

8) *Dryer*

- *Temperature Controller* (TC)



Fungsi : untuk mengendalikan temperature pada *Dryer*

9) *Rotary Cooler*

- *Temperature Controller (TC)*

Fungsi : untuk mengendalikan temperature pada *Rotary Cooler*

**Tabel 8.1** Sistem Kontrol pada Pabrik *Sodium Tripolyphosphate*

No	Nama Alat	Instrumentasi
1	Tangki Penyimpanan Soda Ash	<i>Level Indicator (LI)</i>
2	Tangki Penyimpanan $H_3PO_4$	<i>Level Indicator (LI)</i>
3	Tangki Penyimpanan $Na_2CO_3$	<i>Level Indicator (LI)</i>
4	<i>Heat Exchanger</i>	<i>Temperature Indicator (TI)</i>
5	Reaktor	<i>Flow Control (FC)</i> <i>Temperature Controller (TC)</i>
6	Spray Dryer	<i>Temperature Controller (TC)</i>
7	Calciner	<i>Temperature Indicator (TI)</i>
8	Dryer	<i>Temperature Controller (TC)</i>
9	Rotary Cooler	<i>Temperature Controller (TC)</i>

## **BAB IX**

### **PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Sehingga limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbuhan. Kemudian dijelaskan mengenai kewajiban untuk melakukan pengelolaan B3 merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kemungkinan risiko terhadap lingkungan hidup yang berupa terjadinya dan/atau kerusakan lingkungan hidup, mengingat B3 mempunyai potensi yang cukup besar untuk menimbulkan dampak negatif.

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.



Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan. Dalam pabrik Sodium Tripolyphosphate selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan ada 1 macam yaitu:

- Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan dari pabrik *Sodium Tripolyphosphate* adalah gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari pembakaran gas alam. Karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen terikat kovalen dengan atom karbon. Berbentuk gas pada temperature dan tekanan standar berada di atmosfer. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi  $\pm 387$  pp. Tetapi jumlah bervariasi tergantung lokasi dan waktu. Karbon dioksida tidak berbentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm tetapi berbentuk padat pada temperature di bawah  $-78^{\circ}\text{C}$ . Dalam bentuk padat, karbon dioksida disebut es kering.  $\text{CO}_2$  adalah oksida asam. Larutan  $\text{CO}_2$  mengubah warna litmus dari biru menjadi merah muda. Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer Bumi adalah gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Meskipun jumlah gas ini merupakan bagian yang sangat kecil dari seluruh gas yang ada di atmosfer (hanya sekitar 0,04% dalam basis molar, meskipun sedang mengalami kenaikan), namun ia memiliki peran yang penting dalam



menyongkong kehidupan. Gas-gas lain yang mengandung karbon di atmosfer adalah metan dan kloroflоро karbon atau CFC (CFC ini merupakan gas artifisial atau buatan).

## Pengolahan Limbah pada Pabrik *Sodium Trypolyphosphate*

### 1. Pengolahan Limbah CO<sub>2</sub>

- Mengontrol Emisi Gas Buang  
Gas buang seperti karbondioksida dan lain sebagainya dapat dikontrol pengeluarannya melalui beberapa metode. Gas sulfur oksida dapat dihilangkan dari udara hasil pembakaran bahan bakar dengan cara desulfurisasi menggunakan filter basah (*wet scrubber*).

- Menghilangkan Materi Partikulat dari Udara Pembuangan
  - a) Filter udara.

Filter udara adalah alat untuk menghilangkan materi partikulat padat, seperti debu, serbuk sari, dan spora dari udara. Alat ini terbuat dari bahan yang dapat menangkap materi partikulat sehingga udara yang melewatinya akan tersaring dan keluar sebagai udara bersih. Jenis dan bahan yang digunakan sebagai filter udara bermacam-macam, tergantung pada kandungan udara yang disaring, misalnya apakah berdebu banyak, apakah bersifat asam atau alkalis, dan sebagainya.

- b) Pengendap Siklon

Pengendap siklon atau *Cyclone Separator* adalah alat pengendap materi partikulat yang ikut dalam gas atau udara buangan.

- c) Filter Basah



---

*BAB IX Pengolahan Limbah Industri Kimia*

---

Filter basah atau *Wet Scrubber* membersihkan udara ke dalam filter kemudian menyemprot air ke dalamnya. Saat udara kontak dengan air, materi partikulat padat dan senyawa lain yang larut air akan ikut terbawa air turun ke bagian bawah.

## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik *Sodium Tripolyphosphate* dengan proses Netralisasi, Drying dan Polimerisasi”, dapat mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rencana Operasi

Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari.

2. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini sebesar 42.000 ton/tahun.

3. Produk

Produk yang dihasilkan adalah  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  sebesar 95%.

4. Utilitas

Kebutuhan utilitas pada pabrik *Sodium Tripolyphosphate* ini sebagian besar berasal dari air (*water treatment*) yang digunakan untuk :

Air Sanitasi	=	149,0000 m <sup>3</sup> /hari
Air <i>makeup water</i> boiler	=	6,5900 m <sup>3</sup> /hari
Air proses	=	1,3540 m <sup>3</sup> /hari
Air pendingin	=	40,7233 m <sup>3</sup> /hari
<b>Total</b>	=	<b>193,5753 m<sup>3</sup>/hari</b>

5. Bahan baku dan bahan pendukung

- Bahan baku utama pabrik ini adalah asam fosfat diperoleh dari PT. Petrocentral Gresik, Jawa Timur dan natrium karbonat diperoleh dari PT. Kaltim Sahid Baritosoda Kimia.
- Bahan baku pendukung pabrik ini adalah air.

6. Limbah yang dihasilkan

Limbah yang dihasilkan adalah gas CO<sub>2</sub> dari reaksi yang ada pada reaktor pertama.



**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	m	massa	kg
2	BM	Berat molekul	g/gmol
3	T	Suhu	°C/°F/K
4	cp	Heat Capacity	kkal/kg°C
5	$\Delta H_f$	Enthalpy pembentukan	kkal/kmol
6	$\Delta H_f$	Enthalpy product	kkal
7	H	Enthalpy	kkal
8	Hv	Enthalpy vapor	kkal/kg
9	HI	Enthalpy liquid	kkal/kg
10	Q	Panas	kkal
11	$\rho$	Densitas	gram/cm <sup>3</sup>
12	$\eta$	Efisiensi	%
13	$\mu$	Viskositas	cP
14	D	Diameter	in
15	H	Tinggi	in
16	P	Tekanan	atm
17	R	Jari-jari	in
18	Ts	Tebal tangki	in
19	c	Faktor Korosi	-
20	E	Efisiensi sambungan	-
21	Th	Tebal head	in
22	$\Sigma F$	Total friksi	-
23	Hc	Sudden contraction	ft.lbf/lbm
24	Ff	Friction loss	ft.lbf/lbm
25	$h_{ex}$	Sedden exspansion	ft.lbf/lbm
26	Gc	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s <sup>2</sup>
27	A	Luas perpindahan panas	ft <sup>2</sup>

28	A	Area aliran	ft <sup>2</sup>
29	B	Baffle spacing	in
30	f	Faktor friksi	ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
31	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft <sup>2</sup> )
32	$h_{ex}$	Sudden exxpansion	ft.lbf/lbm
33	gc	Gravitasi	lbf.ft/lbf.s <sup>2</sup>
34	A	Luas perpindahan panas	ft <sup>2</sup>
35	a	Area aliran	ft <sup>2</sup>
36	B	Baffle spacing	in
37	F	Faktor friksi	ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
38	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft <sup>2</sup> )
39	k	Thermal conductivity	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F/ft)
40	qf	Debit fluida	cuft/s
41	L	Panjang shell course	in
42	n	Jumlah course	-

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Brownell, Lloyd E. .1959. *Process Equipment Design Vessel Design.* New York.
- Faith, K. C. 2009. *Industrial Chemicals.*
- Febriantina, N. 2016. Prarancangan Pabrik Sodium Tripolyphosphate dari Asam Fosfat dan Natrium Karbonat Kapasitas 50.000 ton/tahun.
- Gilmour, R. 2007. *Phosphoric Acid.* New York: CRC Press.
- Geankoplis, Christie J. 1997. *Transport Process and Unit Operations* 3rd ed. India: Asoke K.Ghosh, Prentice-Hall.
- Kern. 1965. *Process Heat Transfer.* New York: McGraw Hill
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, volume1. New York: John Wiley and Sons Inc.
- McCabe, Warren L. . 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5th Edition.* United States.
- Perry, Robert H. . 2008. *Perry Chemical Engineers Handbook 8th Edition.* Kansas.
- Striving Better in Challenging Year.* 201. Banten: PT Unggul Indah Cahaya Tbk.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process.*
- Wirjawan, G. I. 2011. *Menteri Perdagangan Republik Indonesia.*

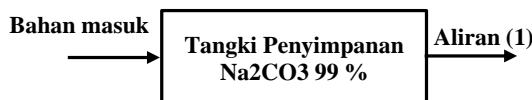
## APPENDIX A NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik	=	42000	ton/tahun		
	=	140000	kg/hari	=	5833.33 kg/hari
Kondisi Operasi	=	300.00	hari/tahun		
Satuan Massa	=	kg			
Bassis Waktu	=	1 hari			
BM	=	368.00			
Basis	=	24310.64	kg		
Mol Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	66.06	mol		
mol P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	=	99.09	mol		
massa P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dalam basis 1000 kg	=	14071.10		=	14.07
Feed acid mass flow	=	82081.45	kg/h		
As 85% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	=	133292.38	kg/h		
Bahan baku	=	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0.99			
	=	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 0.85			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 85 %	=	133292.38			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 0.85 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.85 x		133292.53	
	=	113298.52			
0.15 H <sub>2</sub> O	=	0.15 x		133292.53	
	=	19993.86			
Total 1.00	=	133292.53			

### Perhitungan Neraca Massa

#### 1 Tangki Penyimpanan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (F-111)

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku natrium karbonat yang digunakan untuk pembuatan Sodium Trypoliphosphate.



Diketahui :

$$\text{BM Na}_2\text{CO}_3 = 106.00$$

$$\text{Menghitung kebutuhan Na}_2\text{CO}_3 99\% = 61892.68$$

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 99%	=	61273.76
Air 1%	=	618.93
Total	=	61892.68

## 2 Tangki Penyimpanan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (F-122)

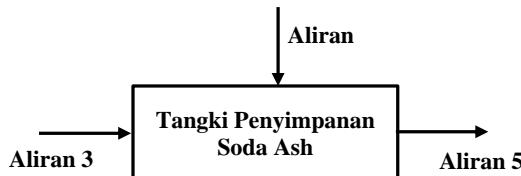
Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku asam fosfat yang digunakan untuk pembuatan Sodium Trypoliphosphate.



Menghitung kebutuhan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 85%	=	133292.53
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 85%	=	113298.65
Air 15%	=	19993.88
Total	=	133292.53

## 3 Tangki Pelarutan Soda Ash (M-110)

Fungsi : Untuk melarutkan Soda Ash padat menjadi Soda Ash berbentuk Slurry dengan konsentrasi 65 % untuk pembuatan Sodium Trypoliphosphate.



**Penyelesaian :**

$$\text{Aliran masuk} = \text{Aliran keluar}$$

$$m_1 + m_2 = m_3$$

**Keterangan :**

$$m_1 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 99\%}$$

$$m_2 = \text{H}_2\text{O untuk melarutkan}$$

$$m_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 65\%}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ masuk} = 61892.68$$

Dengan Komponenosisi :

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 99\%} = 0.99 \times 61892.68$$

$$= 61273.76$$

$$\text{H}_2\text{O 1\%} = 0.01 \times 61892.68$$

$$= 618.93$$

$$\text{Produk Na}_2\text{CO}_3 \text{ 65\%} = \frac{61273.76}{0.65}$$

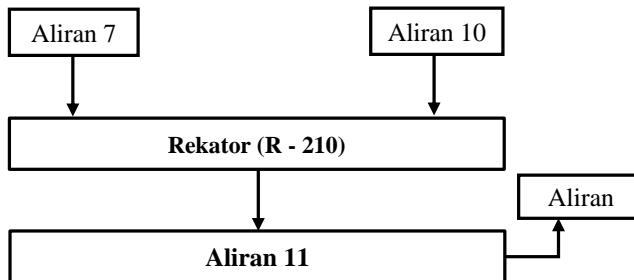
$$= \quad 94267.32$$

Dengan Komponenosisi :

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.65	=	0.65	x	94267.32
		=	61273.76		
H <sub>2</sub> O	0.35	=	0.35	x	94267.32
		=	32993.56		
H <sub>2</sub> O yg di butuhkan untuk pelarutan		=	32993.56	-	618.93
		=	32374.64		

Komponen	Masuk				Keluar	
	Aliran 1		Aliran Air		Aliran 2	
	x1	m1	x2	m2	x3	m3
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.99	61273.8	0.00	0.00	0.65	61273.76
H <sub>2</sub> O	0.01	618.93	1.00	32374.64	0.35	32993.56
Sub total	1.00	61892.7	1.00	32374.64	1.00	94267.32
Total		94267.32			94267.32	

### 3 Reaktor Prenetralisasi (R - 120)



$$\begin{aligned} \text{Mol H}_3\text{PO}_4 \text{ masuk} &= \frac{\text{Massa H}_3\text{PO}_4 \text{ masuk}}{\text{BM H}_3\text{PO}_4} \\ &= \frac{113298.65}{98.00} \end{aligned}$$

$$1156.11 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_3\text{PO}_4 \text{ bereaksi} &= \text{Mol H}_3\text{PO}_4 \text{ masuk} \times \text{konversi reaksi} \\ &= 1156.11 \times 0.950 \\ &= 1098.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \text{ bereaksi} &= 0.50 \times \text{Mol H}_3\text{PO}_4 \text{ bereaksi} \\ &= 0.50 \times 1098.30 \\ &= 549.15 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \text{ masuk} = \text{mol Na}_2\text{CO}_3 \text{ bereaksi} / \text{konversi reaksi}$$

$$\begin{aligned}
 &= 549.15 / 0.95 \\
 &= 578.05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Na}_2\text{CO}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= \text{Mol Na}_2\text{CO}_3 \text{ masuk} \times \text{BM Na}_2\text{CO}_3 \\
 &= 578.05 \times 106.00 \\
 &= 61273.76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

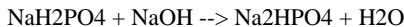


Konversi reaksi 95 % (Faith and Keyes)

	2 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	→	2 NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
m	1156.11	578.05				
r	1098.30	549.15		1098.30	549.15	549.15
s	57.81	28.90		1098.30	549.15	549.15
Konversi	=	1.00				
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		133292.53				
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		94267.32				
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.85	=	113298.65			
	0.15	=	19993.88			
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.65	=	61273.76			
	0.35	=	32993.56			

Masuk		Keluar	
		Aliran ke R-210	
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	87864.26
		H <sub>2</sub> O	6589.82
		H <sub>2</sub> O	35324.96
		Aliran F-215	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	133292.53	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1888.31
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	94267.32	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1021.23
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	43932.13
		H <sub>2</sub> O	3294.91
		H <sub>2</sub> O	17662.48
		Aliran ke fan	
		CO <sub>2</sub>	24162.67
<b>Total</b>	<b>227559.85</b>	<b>Total</b>	<b>227559.85</b>

#### 4 Reaktor Netralisasi(R-210)



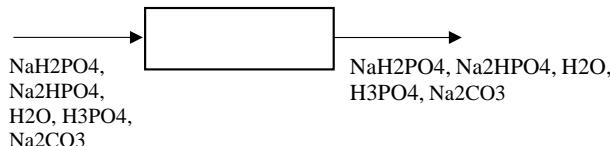
konversi reaksi 95% (Faith and Keyes)

	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	NaOH	→	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
m	732.20	732.20			

<b>r</b>	695.59	695.59	695.59	695.59
<b>s</b>	36.61	36.61	695.59	695.59

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	87864.26	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4393.21
NaOH	29288.09	NaOH	1464.40
H <sub>2</sub> O	71202.87	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46	H <sub>2</sub> O	12520.66
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62	H <sub>2</sub> O	71202.87
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62
<b>Total</b>	194174.29	<b>Total</b>	194174.29

## 5 Tangki menuju Spray Drier (F-215)



<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>	<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>
dari R-120		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48325.34
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	43932.13	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07
H <sub>2</sub> O	20957.39	H <sub>2</sub> O	104680.91
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1888.31	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1021.23	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3063.69
dari R-210		NaOH	1464.40
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4393.21		
NaOH	1464.40		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07		
H <sub>2</sub> O	12520.66		
H <sub>2</sub> O	71202.87		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2042.46		
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3776.62		
<b>Total</b>	261973.35	<b>Total</b>	261973.35

## 6 Spray Dryer (B-310)

Asumsi

- 1) 1% dari *dry solid* terbawa udara menuju *cyclone* dan 99% dari yang masuk menuju ke screw conveyor

- 2) Kristal kering keluar dari *spray dryer* mengandung 0,005 kg H<sub>2</sub>O/kg kristal kering

$$\begin{aligned} \text{Massa air keluar} &= \frac{0.01}{1 - 0.005} \times (\text{Massa NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Massa Na}_2\text{HPO}_4) \\ &= 739.19 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

**Aliran ke screw conveyor**

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.95	x	48325.34
	=	45909.07		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.95	x	98774.07
	=	93835.37		
H <sub>2</sub> O	=	0.95	x	739.19
	=	702.23		
NaOH	=	0.95	x	1464.40
	=	1391.18		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.95	x	3063.69
	=	2910.50		

**Aliran ke Cyclon**

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.05	x	48325.34
	=	2416.27		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.05	x	98774.07
	=	4938.70		
H <sub>2</sub> O	=	0.05	x	739.19
	=	36.96		
NaOH	=	0.05	x	1464.40
	=	73.22		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.05	x	3063.69
	=	153.18		

**Aliran uap air keluar Spray Tower**

$$\begin{aligned} \text{Massa uap air} &= \text{massa air masuk} - \text{massa air keluar} \\ &= 104680.91 - 739.19 \\ &= 103941.72 \end{aligned}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
<b>Aliran 21</b>		<b>Aliran 22</b>	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48325.34	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	45909.07
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98774.07	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	93835.37
H <sub>2</sub> O	104680.91	H <sub>2</sub> O	702.23
NaOH	1464.40	NaOH	1391.18
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3063.69	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2910.50

H3PO4	5664.93	Aliran 23	
		NaH2PO4	2416.27
		Na2HPO4	4938.70
		H2O	36.96
		NaOH	73.22
		Na2CO3	153.18
		H3PO4	5664.93
		H2O	103941.72
<b>Total</b>	<b>261973.35</b>	<b>Total</b>	<b>261973.35</b>

### 7 *Cyclone(H-314)*

Padatan sebesar 99,5% akan masuk menuju *Screw Conveyor* dan sisanya sebesar 0,5% akan keluar terbawa udara

#### Aliran ke *Screw Conveyor*

NaH2PO	=	0.995	x	2416.27
	=	2404.19		
Na2HPO	=	0.995	x	4938.70
	=	4914.01		
H2O	=	1.00	x	36.96
	=	36.77		
NaOH	=	0.995	x	73.22
	=	72.85		
Na2CO3	=	0.995	x	153.18
	=	152.42		

#### Aliran terbawa udara

NaH2PO	=	0.005	x	2416.27
	=	12.08		
Na2HPO	=	0.005	x	4938.70
	=	24.69		
H2O	=	0.005	x	36.96
	=	0.18		
NaOH	=	0.005	x	73.22
	=	0.37		
Na2CO3	=	0.005	x	153.18
	=	0.77		

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Aliran 1		Aliran 2	
NaH2PO4	2416.27	NaH2PO4	2404.19
Na2HPO4	4938.70	Na2HPO4	4914.01
H2O	36.96	H2O	36.77

NaOH	73.22	NaOH	72.85
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.18	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.42
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93	Aliran 3	
H <sub>2</sub> O	103941.72	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12.08
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	24.69
		H <sub>2</sub> O	0.18
		NaOH	0.37
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.77
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5664.93
		H <sub>2</sub> O	103941.72
Total	117224.99	Total	117224.99

## 8 Screw Conveyor(J-411)

Pada screw conveyor 1, padatan yang keluar dari spray dryer dan cyclone akan bercampur menjadi 1

Aliran yang masuk ke Screw Conveyor dari Spray Dryer dan cyclone

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	45909.07	+	2404.19
	=	48313.26		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	93835.37	+	4914.01
	=	98749.38		
H <sub>2</sub> O	=	702.23	+	36.77
	=	739.01		
NaOH	=	1391.18	+	72.85
	=	1464.04		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	2910.50	+	152.42
	=	3062.92		

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
<b>Aliran 23</b>		<b>Aliran 26</b>	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	45909.07	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48313.26
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	93835.37	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98749.38
H <sub>2</sub> O	702.23	H <sub>2</sub> O	739.01
NaOH	1391.18	NaOH	1464.04
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2910.50	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.92
<b>Aliran 24</b>			
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2404.19		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4914.01		
H <sub>2</sub> O	36.77		
NaOH	72.85		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	152.42		
<b>Total</b>	<b>152328.60</b>	<b>Total</b>	<b>152328.60</b>

**9    *Rotary Kiln(B-410)***

Asumsi :

1. Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang terbentuk 100%
2. 0,05% produk ikut terbawa menuju *cyclone*
3. Produk mengandung 0,5% air

**Konsumsi dan generasi :**

Konsumsi :

1) Serbuk *orthophosphate*

a) NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> yang bereaksi	=	mol	x	konversi
	=	402.61	x	0.95
	=	384.25		
b) Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> yang bereaksi	=	mol	x	konversi
	=	695.42	x	0.95
	=	663.71		

## Generasi

## 1) Serbuk STPP

a) Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> yang terbentuk	=	mol	x	konversi
	=	402.61	x	0.95
	=	384.25		
b) Massa Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	mol	x	Mr
	=	384.25	x	368.00
	=	141404.54		kg

2) Air yang terbentuk	=	mol	x	konversi
	=	663.71	x	0.95
	=	633.44		

Massa air yang terbentuk	=	mol	x	Mr
	=	633.44	x	18.00
	=	11401.96		kg

## Reaksi 1

		NaHPO <sub>4</sub>	+	2Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	→	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	2 H <sub>2</sub> O
m	402.61			695.42			
r	331.85			663.71		331.85	663.71
s	70.76			31.71		331.85	663.71
konversi	=	0.95		0.05			11946.73

## Reaksi 2



m	695.42			
r	31.71	15.86		15.86
s	663.71	15.86		15.86
			285.40	

Aliran keluar

$$\begin{aligned} \text{Massa air keluar} &= \frac{0.01}{1 - 0.005} \times (\text{Massa Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} + \text{Massa Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \\ &\quad \text{Massa NaH}_2\text{PO}_4) \\ &= \frac{0.01}{1.00} \times 134830.51 \\ &= 677.54 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Komponen	M	rx				Keluar	
	F	R1		R2			
	x	Kon	Gen	Kon	Gen		
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	402.61	331.85				70.76	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	695.42	663.71		31.71		0.00	
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	0.00		331.85			331.85	
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.00				15.86	15.86	
H <sub>2</sub> O	0.00		663.71		15.86	679.56	
<b>Total</b>	1.00				15.86		

### Aliran 1

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.95	x	8490.84
	=	8066.29		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.95	x	0.00
	=	0.00		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	0.95	x	122122.10
	=	116016.00		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	=	0.95	x	4217.57
	=	4006.69		
H <sub>2</sub> O	=	0.95	x	677.54
	=	643.66		
NaOH	=	0.95	x	1464.04
	=	1390.84		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.95	x	3062.92
	=	2909.78		

### Aliran 2

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.05	x	8490.84
	=	424.54		

Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.05	x	0.00
	=	0.00		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	0.05	x	122122.10
	=	6106.11		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	=	0.05	x	4217.57
		210.88		
H <sub>2</sub> O	=	0.05	x	677.54
	=	33.88		
NaOH	=	0.05	x	1464.04
		73.20		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.05	x	3062.92
	=	153.15		

**Aliran 3**

$$\begin{aligned}
 \text{Massa uap air} &= \text{air masuk} - \text{air keluar} + \text{air terbentuk} \\
 &= 739.01 - 677.54 + 12232.13 \\
 &= 12293.59
 \end{aligned}$$

Masuk		Keluar	
Komponenonen	Massa	Komponenonen	Massa
<b>Aliran 26</b>		<b>Aliran 27</b>	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	48313.26	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8066.29
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	98749.38	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
H <sub>2</sub> O	739.01	H <sub>2</sub> O	643.66
NaOH	1464.04	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	116016.00
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.92	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4006.69
		NaOH	1390.84
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2909.78
		<b>Sub Total</b>	133033.26
		<b>Aliran 28</b>	
		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	424.54
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
		H <sub>2</sub> O	33.88
		Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6106.11
		Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	210.88
		NaOH	73.20
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	153.15
			7001.75
		H <sub>2</sub> O	12293.59
<b>Total</b>	152328.60	<b>Total</b>	152328.60

**10 Cyclone(H-414)**

Padatan sebesar 95% akan masuk menuju *Screw Conveyor* dan sisanya sebesar 5% akan keluar terbawa udara

**Aliran ke Screw Conveyor**

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.995	x	424.54
	=	422.42		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.995	x	0.00
	=	0.00		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	0.995	x	6106.11
	=	6075.57		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	=	0.995	x	210.88
	=	209.82		
H <sub>2</sub> O	=	0.995	x	33.88
	=	33.71		
NaOH	=	0.995	x	73.20
	=	72.84		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.995	x	153.15
	=	152.38		

**Aliran terbawa udara**

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	0.005	x	424.54
	=	2.12		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	=	0.005	x	0.00
	=	0.00		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	=	0.005	x	6106.11
	=	30.53		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	=	0.005	x	210.88
	=	1.05		
H <sub>2</sub> O	=	0.005	x	33.88
	=	0.17		
NaOH	=	0.005	x	73.20
	=	0.37		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	0.005	x	153.15
	=	0.77		

Masuk		Keluar	
Komponenonen	Massa	Komponenonen	Massa
<b>Aliran 28</b>		<b>Aliran 29</b>	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	424.54	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	422.42
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	33.88	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6075.57
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	6106.11	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	209.82

H2O	210.88	H2O	33.71	
NaOH	73.20	NaOH	72.84	
Na2CO3	153.15	Na2CO3	152.38	
H2O	12293.59	<b>Aliran 30</b>		
		NaH2PO4	2.12	
		Na2HPO4	0.00	
		Na5P3O10	30.53	
		Na4P2O7	1.05	
		H2O	0.17	
		NaOH	0.37	
		Na2CO3	0.77	
		H2O	12293.59	
<b>Total</b>	<b>19295.35</b>	<b>Total</b>	<b>19295.35</b>	

### 11 Screw Conveyor(J-421)

Pada screw conveyor 2, padatan yang keluar dari rotary kiln dan cyclone akan bercampur menjadi 1

Aliran menuju Screw Conveyor dari rotary kiln dan cyclone

NaH2PO	=	8066.29	+	422.42
	=	8488.71		
Na2HPO	=	0.00	+	0.00
	=	0.00		
Na5P3O	=	116016.00	+	6075.57
	=	122091.57		
Na4P2O	=	4006.69	+	209.82
	=	4216.52		
H2O	=	643.66	+	33.71
	=	677.37		
NaOH	=	1390.84	+	72.84
	=	1463.67		
Na2CO3	=	2909.78	+	152.38
	=	3062.16		

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
<b>Aliran 27</b>		<b>Aliran 31</b>	
NaH2PO4	8066.29	NaH2PO4	8488.71
Na5P3O10	116016.00	Na5P3O10	122091.57
Na4P2O7	4006.69	Na4P2O7	4216.52
H2O	643.66	H2O	677.37
NaOH	1390.84	NaOH	1463.67
Na2CO3	2909.78	Na2CO3	3062.16

<b>Sub Total</b>	133033.26		
<b>Aliran 30</b>			
NaH2PO4	422.42		
Na5P3O10	6075.57		
Na4P2O7	209.82		
H2O	33.71		
NaOH	72.84		
Na2CO3	152.38		
<b>Sub Total</b>	6966.74		
<b>Total</b>	140000.00	<b>Total</b>	140000.00

## 12    **Rotary Cooler(B-420)**

Feed berupa padatan STPP 99,95% dari rotary kiln masuk ke dalam rotary cooler pada suhu 350 C. Udara yang di gunakan sebagai pendingin memiliki suhu 30 C. Padatan orthophosphate di dinginkan hingga suhu 60 C

Aliran masuk :

Serbuk STPP

1) NaH2PO4	=	8488.71
Na5P3O10	=	122091.57
Na4P2O7	=	4216.52
Air	=	677.37
NaOH	=	1463.67
Na2CO3	=	3062.16

Aliran keluar :

1) Serbuk STPP yang masuk ke screw conveyor	
NaH2PO4	= 8488.71
Na5P3O10	= 122091.57
Na4P2O7	= 4216.52
Air	= 677.37
NaOH	= 1463.67
Na2CO3	= 3062.16

Tabel Neraca massa Cyclone

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>	<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>
<b>Aliran 1</b>		<b>Aliran 2</b>	
NaH2PO4	8488.71	NaH2PO4	8488.71
Na5P3O10	122091.57	Na5P3O10	122091.57
Na4P2O7	4216.52	Na4P2O7	4216.52
Air	677.37	Air	677.37

NaOH	1463.67	NaOH	1463.67
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.16	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3062.16
<b>Total</b>	<b>140000.00</b>	<b>Total</b>	<b>140000.00</b>

### B. Menghitung kebutuhan LNG pada air preheater

Basis = 7044.09 kg

Komponenonen	Kandungan	Massa	BM	Mol
CH <sub>4</sub>	0.92	6480.56	16.04	404.03
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.07	457.87	30.07	15.23
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.02	105.66	44.10	2.40
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>7044.09</b>		

Reaksi yang terjadi :



m	404.03	808.05		
r	404.03	808.05	404.03	808.05
s	0.00	0.00	404.03	808.05



m	15.23	53.29		
r	15.23	53.29	30.45	45.68
s	0.00	0.00	30.45	45.68



m	2.40	11.98		
r	2.40	11.98	7.19	9.58
s	0.00	0.00	7.19	9.58

Sehingga untuk 1 mol bahan bakar :

$$\text{O}_2 \text{ yang dibutuhkan} = 873.32 \text{ mol}$$

$$\text{CO}_2 \text{ yang terbentuk} = 441.67 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ yang terbentuk} = 863.31 \text{ mol}$$

Menghitung kebutuhan udara yang masuk

Asumsi : 1. Udara yang di supply excess 20%

2. Pembakaran yang terjadi secara sempurna

$$\text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis} = 873.32 \text{ mol}$$

karena udara yang di supply 20% excess, maka

$$\text{O}_2 = 1047.99 \text{ mol} = 33535.62 \text{ kgram}$$

$$\text{N}_2 = 3942.43 \text{ mol} = 110388.09 \text{ kgram}$$

Maka massa udara yang di gunakan sebesar :  
massa O<sub>2</sub> + massa N<sub>2</sub> = 143923.71 k.gram

Tabel Perhitungan Komponenosisi Flue Gas

<b>Komponenonen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Konversi</b>	<b>Generasi</b>	<b>Keluar</b>
CH4	404.03	404.03		0.00
C2H6	15.23	15.23		0.00
C3H8	2.40	2.40		0.00
O <sub>2</sub>	1047.99	873.32		174.66
N <sub>2</sub>	3942.43			3942.43
CO <sub>2</sub>			441.67	441.67
H <sub>2</sub> O			863.31	863.31

Tabel Neraca Massa Air Pre-Heater

<b>Masuk (kg)</b>		<b>Keluar (kg)</b>	
<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>	<b>Komponenonen</b>	<b>Massa</b>
CH4	6464.40	O <sub>2</sub>	5589.27
C2H6	456.80	N <sub>2</sub>	110388.09
C3H8	105.42	CO <sub>2</sub>	19433.32
O <sub>2</sub>	33535.62	H <sub>2</sub> O	15539.66
N <sub>2</sub>	110388.09		
<b>Total</b>	<b>150950.34</b>	<b>Total</b>	<b>150950.34</b>

## APPENDIX B NERACA PANAS

Kapasitas Pabrik	=	42000	ton/tahun			
	=	140000	kg/hari	=	5833.33	kg/hari
Kondisi Operasi	=	300.00	hari			
Satuan Massa	=	kg				
Bassis Waktu	=	1 hari				

Komponen	BM	A	B	C
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (l)	108.00	4.97		
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (l)	98.00	58.00		
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (s)	142.00	0.09		
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	368.00	146.10		
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (s)	266.00	60.70		
H <sub>2</sub> O(l)	18.00	7.70	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O(g)	18.00	8.22	0.00	0.00
CO <sub>2</sub>	44.00	10.34	0.00	-195500.00

Specific Heat of Aqueous Solutions

Komponen	BM	Cp (J/grC)	kkal/kgK
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (s)	120.00	3.85	0.92

Rumus untuk mencari enthalpi suatu zat :

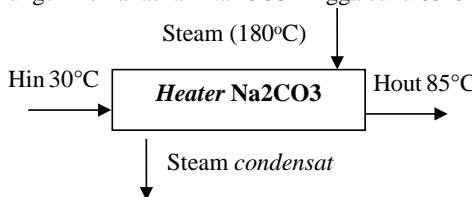
$$C_p = a + bT + cT^2$$

$$C_p_{avg} = \{a(T-T_{ref}) + b/2(T^2-T_{ref}^2) + c/3(T^3-T_{ref}^3) + \dots\}$$

$$H_i = m \times C_p \times (T-T_{ref})$$

### 1. Heater Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Fungsi memanaskan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> hingga suhu 85 °C



Panas aliran masuk heater

- a Menghitung entalpi masuk (Hin)

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

$$T_{in} = 303.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

$$Cp \text{ larutan mas} = 4.97 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan yang ma} = 61273.76 \text{ kg/hari}$$

$$Hin = n \times Cp \times \Delta T$$

$$= 567.35 \times 4.97 \times (303.15-298.15)$$

$$= 567.35 \times 4.97 \times 5.00 \text{ kg/hari}$$

$$= 14098.64 \text{ kkal/hari}$$

H2O

$$Tin = 303.15 \text{ K}$$

$$Tref = 298.15 \text{ K}$$

$$Cp \text{ larutan mas} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$= 40.20$$

$$\text{massa larutan yang masuk} = 32993.56$$

$$Hin = n \times Cp \times \Delta T$$

$$= 1832.98 \times 40.20$$

$$= 73677.18 \text{ kkal/hari}$$

#### Perhitungan Entalphy Panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na2CO3	567.35	303.00	24.85	14098.64
H2O	1832.98		40.20	73677.18
<b>Total</b>	2400.33			<b>87775.81</b>

- b menghitung entalpi keluar(Hout)

Na2CO3

$$Tout = 358.15 \text{ K}$$

$$Tref = 298.15 \text{ K}$$

$$Cp \text{ larutan kel} = 4.97 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan l} = 61273.76 \text{ kg/hari}$$

$$Hout = n \times Cp \times \Delta T$$

$$= 567.35 \times 4.97 \times (363.15-298.15)$$

$$= 183282.29$$

H2O

$$Tout = 358.15 \text{ K}$$

$$Tref = 298.15 \text{ K}$$

$$Cp \text{ larutan kel} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$= 485.29$$

$$\text{massa larutan l} = 32993.56$$

$$Hout = n \times Cp \times \Delta T$$

$$= 1832.98 \times 485.29$$

$$= 889526.26 \text{ kkal/hari}$$

## Perhitungan Enthalpy Panas yang keluar

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na2CO3	567.35	358.15	298.20	183282.29
H2O	1832.98		485.29	889526.26
<b>Total</b>	2400.33			1072808.56

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + 0.05 Q_{supply}$$

$$0.95 Q_{supply} = 1072808.56 - 87775.81$$

$$= 1036876.57 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{loss} = 51843.83$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu saturated steam pada steam table

dengan kondisi:

$$Temeperature = 458.15 \text{ K} = 180.00 \text{ C}$$

$$Tekanan = 1.00 \text{ atm}$$

$$H_v = 664.01 \text{ kkal/kg}$$

$$H_i = 182.41 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_{steam} = 664.01 - 182.41$$

$$= 481.59 \text{ kkal/kg}$$

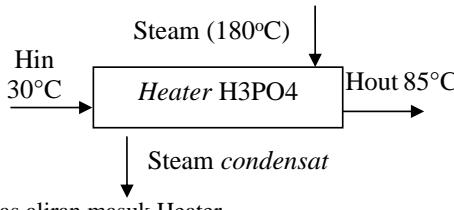
menghitung massa steam

$$\begin{aligned} \text{massa steam} &= \frac{Q_{supply}}{\lambda_{steam}} \\ &= \frac{1036876.57}{481.59} \\ &= 2153.02 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar
Panas dari Q supply	1036876.57	
Enthalpy masuk heater	87775.81	
Enthalphy masuk ke R-120		1072808.56
total panas hilang (Qloss)		51843.83
<b>Total</b>	1124652.39	1124652.39

## 2 Heater H3PO4

Fungsi memanaskan larutan H3PO4 sebelum masuk ke reaktor hingga suhu 85 C



Panas aliran masuk Heater

- a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

$$T_{in} = 303.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ larutan mas} = 58.00 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan yang masuk} = 113298.65 \text{ kg/hari}$$

$$Hin = n \times C_p \times \Delta T$$

$$= 1156.11 \times 58.00 \times (303.15 - 298.15)$$

$$= 1156.11 \times 58.00 \times 5.00 \text{ kg/hari}$$

$$= 335271.51 \text{ kkal/hari}$$

H<sub>2</sub>O

$$T_{in} = 303.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ larutan mas} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$= 40.20$$

$$\text{massa larutan yang ma} = 19993.88$$

$$Hin = n \times C_p \times \Delta T$$

$$= 1110.77 \times 40.20$$

$$= 44647.88 \text{ kkal/hari}$$

Perhitungan Entalphy Panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1156.11	303.00	290.00	335271.51
H <sub>2</sub> O	1110.77		40.20	44647.88
<b>Total</b>	<b>2266.88</b>			<b>379919.38</b>

- b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

$$T_{out} = 358.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ larutan kelt} = 58.00 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan l} = 113298.65 \text{ kg/hari}$$

$$Hout = n \times C_p \times \Delta T$$

$$= 1156.11 \times 58.00 \times (363.15 - 298.15)$$

$$= 4358529.58$$

H<sub>2</sub>O

$$T_{out} = 358.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ larutan kelu} = f 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\ = 485.29$$

$$\text{massa larutan l} = 19993.88$$

$$H_{out} = n \times C_p \times \Delta T \\ = 1110.77 \times 485.29 \\ = 539046.99 \text{ kkal/hari}$$

Perhitungan Entalphy Panas yang keluar

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1156.11	358.15	3480.00	4358529.58
H <sub>2</sub> O	1110.77		485.29	539046.99
total	2266.88			4897576.58

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + 0.05 Q_{supply}$$

$$0.95 Q_{supp} = 4897576.58 - 379919.38 \\ = 4755428.62 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{loss} = 237771.43$$

Oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berdungsi sebagai pemanas yaitu saturated steam pada steam table dengan kondisi:

$$\begin{aligned} \text{Temeperature} &= 458.15 \text{ K} & = 180.00 \text{ C} \\ \text{Tekananan} &= 1.00 \text{ atm} \\ H_v &= 664.01 \text{ kkal/kg} \\ H_i &= 182.41 \text{ kkal/kg} \\ \lambda \text{ steam} &= 664.01 - 182.41 \\ &= 481.59 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

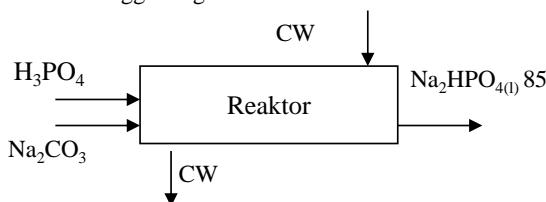
Menghitung massa steam

$$\begin{aligned} \text{massa steam} &= \frac{Q_{supply}}{\lambda \text{ steam}} \\ &= \frac{4755428.62}{481.59} \\ &= 9874.40 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar
Panas dari Q supply	4755428.62	
Enthalpy masuk heater	379919.38	
Enthalphy masuk ke R-120		4897576.58
total panas hilang(Qloss)		237771.43
<b>Totaal</b>	<b>5135348.01</b>	<b>5135348.01</b>

### 3 Reaktor Tangki alir berpengaduk (R-210)

Fungsi berlangsung reaksi antara bahan baku H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sehingga mnghasilkan NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>



Reaksi yang terjadi:



Perhitungan Entalphy Panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1156.11	358.15	3480.00	4358529.58
H <sub>2</sub> O	1110.77		485.29	539046.99
total	2266.88			4897576.58

Perhitungan Entalphy Panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	567.35	358.15	298.20	183282.29
H <sub>2</sub> O	1832.98		485.29	889526.26
Total	2400.33			1072808.56

Perhitungan Entalphy panas yang keluar

$$T_{out} = 363.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

Komp onen	Kmol	T(K)	CpdT	Q (kkal/hari)
Aliran ke R-		Aliran ke R-210		
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.06		3770.00	238.01
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.03		323.05	10.20
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	31.50		60.06	1892.08
H <sub>2</sub> O	366.10		526.03	192581.09
Aliran ke F-		Aliran ke F-215		
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.03		3770.00	119.01
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.02		323.05	5.10
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	15.75		60.06	946.04
H <sub>2</sub> O	183.05		526.03	96290.55
Aliran ke G-126		Aliran ke G-126		
CO <sub>2</sub>	23.63		848.35	20044.39
Total	620.18			312126.46

Menghitung panas reaksi  
reaksi yang terjadi:



Nilai  $\Delta h_f$  setiap komponen pada reaksi diatas

Komponen	$\Delta h_f$ (kkal/kmol)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-0.37
H <sub>2</sub> O	-68.27
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-306.77
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-269.46
CO <sub>2</sub>	-94.05

Reaksi yang terjadi:

	2 H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	→	2 NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
m	1156.11	578.05				
r	1098.30	549.15		1098.30	549.15	549.15
s	57.81	28.90		1098.30	549.15	549.15

menghitung panas reaksi

Komp	Koef	kmol	$\Delta H_f$	$H = n \cdot \text{Mol} \cdot \Delta H_f$
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2.00	1098.30	-306.77	-336930.65
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.00	549.15	-269.46	-147974.39
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.00	1098.30	-0.37	-403.19
H <sub>2</sub> O	1.00	549.15	-68.27	-37490.22
CO <sub>2</sub>	1.00	549.15	-94.05	-51648.81
Total				-574447.27

$$\Delta H_{25} = -574447.27 \text{ kkal/hari}$$

Maka

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} &+ Q &= \text{Panas keluar} &+ \Delta H_{25} \\
 5970385.13 &+ Q &= 312126.46 &+ -574447.27 \\
 Q &= -6232705.95 \text{ kkal/hari} \\
 &= 6232705.95 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

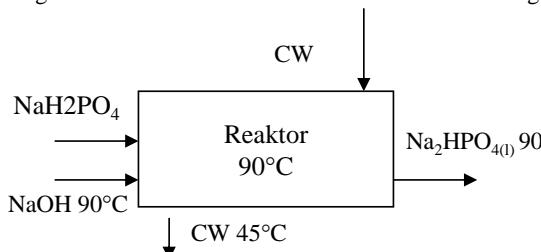
### Kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} \\
 \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\
 \text{Cp air pendingin} &= 120.85 \text{ Kkal/kmolK} \\
 &= 6.71 \text{ Kkal/kgK} \\
 Q &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\
 m \text{ air pendingin} &= 928350.98 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

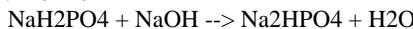
komponen	Masuk	Keluar
Enthalpy masuk Reaktor R-120	5970385.13	
Enthalpy masuk Reaktor R-210		194721.38
Enthalpy masuk Tangki F-215	-	97360.69
Enthalphy masuk ke fan G-216		20044.39
$\Delta H_{25}$	574447.27	
Q		6232705.95
total	6544832.40	6544832.40

#### 4 Reaktor tangki alir berpengaduk

Fungsi: mereaksikan NaOH dan NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> untuk menghasilkan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4(0)</sub> 90



Reaksi yang terjadi:



Tin 376.15

Tref 298.15

Perhitungan entalpy panas yang masuk

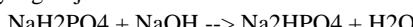
Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	732.20		60.06	43976.06
NaOH	732.20		34.12	24979.57
H <sub>2</sub> O	3955.71	363.15	526.03	2080834.84
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.54		3770.00	145284.32
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	19.27		323.05	6224.68
<b>Total</b>	<b>5477.92</b>			<b>2301299.47</b>

Perhitungan entalpy panas yang keluar

kompo	Kmol	T(K)	CpdT	kkal/hari)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	36.61		72.07	2638.56
NaOH	36.61		40.94	1498.77
H <sub>2</sub> O	4651.31	376.15	632.19	2940498.09
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.54		4524.00	174341.18
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	19.27		387.66	7469.62
Na <sub>2</sub> HP	695.59		6.71	4666.03
<b>Total</b>	<b>5477.92</b>			<b>3131112.26</b>

menghitung panas reaksi

reaksi yang terjadi



	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	NaOH	→	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
m	732.20	732.20			
r	695.59	695.59		695.59	695.59
s	36.61	36.61		695.59	695.59

Menghitung panas reaksi

Komp	Koef	kmol	ΔHf	H = n.Mol.ΔHf
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.00	695.59	-367.11	-255356.17
NaOH	1.00	695.59	-0.11	-77.86
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.00	695.59	-457.00	-317885.56
H <sub>2</sub> O	1.00	695.59	-68.32	-47521.04
<b>Total</b>				<b>-620840.63</b>

$$\Delta H_{25} = -620840.63 \text{ kkal/hari}$$

Maka

Panas masuk	+	Q	=	Panas keluar	+	$\Delta H_{25}$
2301299.47	+	Q	=	3131112.26	+	-620840.63
		Q	=	208972.16	kkal/hari	

### Kebutuhan air pendingin

Suhu air pendingin masuk	=	303.15	K
Suhu air pendingin keluar	=	318.15	K
Cp air pendingin	=	120.85	Kkal/kmolK
	=	6.71	Kkal/kgK
Q	=	m.cP. $\Delta T$	
m air pendingin	=	31126.05	kg/hari

Komponen	Masuk	Keluar
Enthalpy masuk Reaktor R-120	2301299.47	
Enthalpy masuk Tangki F-215		3131112.26
$\Delta H_{25}$	620840.63	
Q serap	208972.16	
<b>Total</b>	<b>3131112.26</b>	<b>3131112.26</b>

### 5 Heater E-312

#### a) Enthalpy masuk

Tin	303.15	K
Tref	298.15	K

Perhitungan entalpy panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28.90		24.85	718.23
NaOH	36.61		2.62	96.08
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	402.71		4.62	1860.53
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	695.59		0.43	299.10
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	57.81		290.00	16763.58
H <sub>2</sub> O	5815.61		40.20	233760.57
<b>Total</b>	<b>7037.23</b>			<b>253498.09</b>

#### b) Enthalpy keluar

Tout	376.15	K
Tref	298.15	

Perhitungan entalpy panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
------	------	------	------	--------------

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28.90	376.15	387.66	11204.43
NaOH	36.61		40.94	1498.77
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	402.71		72.07	29024.20
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	695.59		6.71	4666.03
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	57.81		4524.00	261511.78
H <sub>2</sub> O	5815.61		632.19	3676553.66
<b>Total</b>	<b>7037.23</b>			<b>3984458.87</b>

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + 0.05 Q_{supply}$$

$$0.95 Q_{supply} = 3984458.87 - 253498.09$$

$$= 3927327.14 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{loss} = 196366.36$$

Dengan kondisi,

$$Temeperature = 458.15 \text{ K} = 180.00$$

$$\text{Tekananan} = 1.00 \text{ atm}$$

$$H_v = 664.01 \text{ kkal/kg}$$

$$H_i = 182.41 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_{steam} = 664.01 - 182.41$$

$$= 481.59 \text{ kkal/kg}$$

Menghitung massa steam

$$\text{massa steam} = \frac{Q_{supply}}{\lambda_{steam}}$$

$$= 3927327.14$$

$$481.59$$

$$= 8154.89 \text{ kg/hari}$$

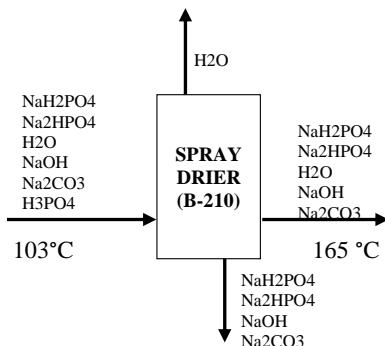
Komponen	Masuk	Keluar
Panas dari Q supply	3927327.14	
Enthalpy masuk heater	253498.09	
Enthalphy masuk ke Spray Dryer		3984458.87
Total panas hilang (Qloss)		196366.36
<b>Total</b>	<b>4180825.22</b>	<b>4180825.22</b>

## 6 Spray Dryer

Fungs : mengeringkan produk melalui proses kontak dengan udara pengering  
Tipe :

Suhu : 500 °C (inlet air)

Tek : 1.00 atm



Entalpi bahan masuk:

- 1) Entalpi larutan Ortholiquor dari heater pada suhu 103

Tin 376.15 K

Tref 298.15 K

Perhitungan entalpy panas yang masuk

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na2CO3	28.90		387.66	11204.43
NaOH	36.61		40.94	1498.77
NaH2PO4	402.71		72.07	29024.20
Na2HPO4	695.59		6.71	4666.03
H3PO4	57.81		4524.00	261511.78
H2O	5815.61		632.19	3676553.66
<b>Total</b>	<b>7037.23</b>			<b>3984458.87</b>

- 2) Entalpi udara panas masuk

CP udara pada suhu 773.15

Specific Heat Of pure Compounds

Komp	BM	A	B	C
Udara	28.84	6.87	0.00	-187700.0

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{udara}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \\ &= 3854.52 \text{ mol kkal/hari}\end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar

- 1) Entalpi Serbuk Orthophosphate pada suhu 165

Tout      438.15      K  
Tref      298.15      K

Perhitungan entalpy panas yang keluar

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	27.46	438.15	695.80	19104.98
NaOH	34.78		73.48	2555.60
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	382.58		129.36	49489.98
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	660.81		12.04	7956.18
H <sub>2</sub> O	5524.83		1143.15	6315706.85
<b>Total</b>	<b>7037.23</b>			<b>6394813.60</b>

- 2) Entalpi Serbuk Orthophosphate yang terikut udara panas

Tout      438.15      K  
Tref      298.15      K

Perhitungan entalpy panas yang keluar

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.45	438.15	695.80	1005.53
NaOH	1.83		73.48	134.51
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	20.14		129.36	2604.74
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	34.78		12.04	418.75
H <sub>2</sub> O	2.89		1143.15	3304.02
<b>Total</b>	<b>290.78</b>			<b>7467.53</b>

- 3) Entalpi Uap air

$$\begin{aligned} T_{steam} & 165.00 \text{ } ^\circ\text{C} & = & 438.15 \\ H_v & 2763.50 \text{ kJ/kg} & = & 660.49 \text{ kkal/kg} \\ H_i & 697.34 \text{ kJ/kg} & = & 166.67 \text{ kkal/kg} \\ \lambda & H_v - H_i & = & 493.82 \text{ kkal/kg} \\ & & = & 27.43 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

Massa Bahan:

Komp	Berat	BM	kmol/j
H <sub>2</sub> O	#####	18.00	5774.54

$$\begin{aligned} \Delta H_{H_2O} & = n \int_{Tref}^T C_p dT \\ & = 5774.54 \times 1143.15 \\ & = 6601167.54 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{uapair} &= n \int_{Tref}^T Cp \, dT + n \cdot \lambda \\
 &= 6601167.54 + 5774.54 \times 27.43 \\
 &= 6759590.15 \text{ kkak/jam}
 \end{aligned}$$

4) Entalpi udara panas keluar

Cp udara pada suhu: 438.15 K

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{udara} &= n \int_{Tref}^T Cp \, dT \\
 &= 1204.47 \text{ Mol kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Qloss = 10% dari entalpi masuk

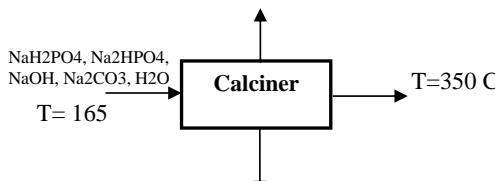
$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi awal} &= \text{Entalpi akhir} + \text{Qloss} \\
 0.90 \times (113179.676 + 2286.52(\text{mol udara})) &
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclclclcl}
 6394813.60 & + & 7467.53 & + & 6759590.15 & + & 1204.47 & . \text{ Mol udara} \\
 3586012.98 & + & 3469.07 \text{ mol udara} & = & 13801352.63 & + & 1589.92 \\
 & & 1879.15 \text{ mol udara} & = & 10215339.65 \\
 & & \text{mol udara} & = & 5436.15 \\
 \text{Entalpi udara masuk} & = & 3854.52 & \times & 5436.15 & = & 20953775.71 \\
 \text{Entalpi uap air} & = & 6759590.15 \\
 \text{Entalpi udara panas} & = & 1204.47 & \times & 5436.15 & = & 6547680.91 \\
 \text{Q loss} & = & 5228682.39
 \end{array}$$

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H_{\text{Ortholiquor}}$	3984458.87	
$\Delta H_{\text{udara masuk}}$	20953775.71	
Menuju Screw Conveyor J-411		6394813.60
Menuju Cyclon H-313		7467.53
$\Delta H_{\text{udara panas}}$		6547680.91
$\Delta H_{\text{uap air}}$		6759590.15
Q loss		5228682.39
Total	24938234.58	24938234.58

7 Calciner

fungsi: Reaksi polimerisasi Orthophosphate menjadi Sodium Tripolyphosphate



Entalpi Bahan Masuk

1. Entalpi serbuk Orthophosphate dari (B-)

$$\begin{array}{lllll} \text{Tin} & = & 165.00 & \text{C} & = \\ \text{Tref} & = & 25.00 & \text{C} & = \end{array} \begin{array}{lll} 438.15 & \text{K} \\ 298.15 & \text{K} \end{array}$$

Massa bahan

kompo	Kmol	T(K)	CpdT	kkal/hari)
NaOH	36.60	438.15	73.48	2689.44
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28.90		695.80	20105.48
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	402.61		129.36	52081.69
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	695.42		12.04	8372.83
H <sub>2</sub> O	41.06		1143.15	46933.20
Total				130182.64

2) Entalpi udara panas masuk

$$\text{CP udara pada suhu} = 773.15$$

Specific Heat Of pure Compounds				
Komp	BM	A	B	C
Udara	28.84	6.87	0.00	-187700.0

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{udara}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \\ &= 3854.52 \quad \text{mol kkal/hari} \end{aligned}$$

Entalpi Produk keluar ke Screw Conveyor

$$\text{Tout} = 350.00 \quad \text{C} = 623.15$$

$$\text{Tref} = 25.00 \quad \text{C} = 298.15$$

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	67.22	623.15	71.77	4824.55
H <sub>2</sub> O	35.76		2719.15	97234.19
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	315.26		47.48	14969.37
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	15.06		19.73	297.15
NaOH	34.77		170.58	5931.17
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	27.45		1615.25	44339.77
				167596.20

Entalpi Produk keluar terikut Cyclon

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3.54	623.15	71.77	253.92
H <sub>2</sub> O	1.88		2719.15	5117.59
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	16.59		47.48	787.86
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0.79		19.73	15.64
NaOH	1.83		170.58	312.17
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.44		1615.25	2333.67
				8820.85

Entalpi H<sub>2</sub>O

$$\begin{array}{lll} \text{Tout} = & 350.00 & = \\ & & 623.15 \\ \text{Tref} = & 25.00 & = \\ & & 298.15 \end{array}$$

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
H <sub>2</sub> O	682.98	623.15	2790.20	1905645.44

$$\text{Total } \Delta H \text{ keluar} = 2082062.48$$

4) Entalpi udara panas keluar

$$\text{Cp udara pada suhu : } 623.15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{udara}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T \text{Cp } dT \\ &= 2681.51 \text{ Mol kkal/hari} \end{aligned}$$

Reaksi terjadi:

Reaksi 1

	NaHPO <sub>4</sub>	+	2Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	→	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	2 H <sub>2</sub> O
m	402.61		695.42			
r	331.85		663.71		331.85	663.71
s	70.76		31.71		331.85	663.71

Reaksi 2

	2 Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	→	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	+	H <sub>2</sub> O
m	695.42				
r	31.71		15.86		15.86
s	663.71		15.86		15.86

Data  $\Delta H^\circ_f$  komponen :

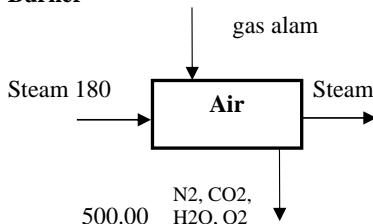
Komponen	$\Delta H^\circ_f$ (kkal/mol)	Mol	$H=n.Hf$
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-367.11	331.85	-121825.50
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-457.00	695.42	-317806.09
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	-0.74	15.86	-11.81
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	30.19	331.85	10018.53
H <sub>2</sub> O	-68.32	679.56	-46425.95
			-476050.82

Qloss = 10% dari entalpi masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi awal} &= \text{Entalpi akhir} + Q_{\text{loss}} \\
 0.90 \times (4469.831351 + 3854.52 \text{ (mol udara)}} &= 2082062.48 + -476050.82 \\
 + 2681 \text{ (mol udara)} & \\
 117164.38 + 3469.07 \text{ mol udara} &= 1606011.66 + 2681.00 \cdot \text{Mol udara} \\
 788.07 \text{ mol udara} &= 1488847.28 \\
 \text{mol udara} &= 1889.23 \\
 \text{Entalpi udara masuk} &= 3854.52 \times 1889.23 = 7282084.01 \\
 \text{Entalpi udara keluar} &= 2681.51 \times 1889.23 = 5065984.84 \\
 Q_{\text{loss}} &= 740270.15
 \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H$ Orthophosphate	130182.64	
$\Delta H$ udara masuk	7282084.01	
Produk menuju Screw Conveyor		167596.20
Produk terikut Cyclon		8820.85
$\Delta H$ udara panas		5065984.84
$\Delta H$ uap air		1905645.44
$\Delta H$ reaksi	476050.82	
Q loss		740270.15
<b>Total</b>	<b>7888317.47</b>	<b>7888317.47</b>

## 8 Burner



Kebutuhan mol udara panas pada Spray dryer dan *Calciner* :

$$\begin{aligned} \text{Mol udara di Spray Dryer + mol udara di Calciner} &= 7325.38 \quad \text{mol} \\ &= 211264.07 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

<b>Komp</b>	<b>BM</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
CH4	16.04	5.34	0.01		
C2H6	30.07	0.00			
C3H8	44.10	0.00			
O2	32.00	8.27	0.00	-187700.00	
N2	28.00	6.50	0.00		
H2O	18.00	8.22	0.00	0.00	
CO2	44.00	10.34	0.00	-195500.00	

Entalpi Bahan masuk

$$\begin{aligned} \text{Tin} & 30.00 = 303.15 \\ \text{Tref} & 25.00 = 298.15 \end{aligned}$$

<b>Komp</b>	<b>Massa</b>	<b>BM</b>	<b>kmol</b>	<b>Hin</b>
CH4	6464.40	16.04	403.02	17727.69
C2H6	456.80	30.07	15.19	0.00
C3H8	105.42	44.10	2.39	0.00
O2	33535.62	32.00	1047.99	54625.65
N2	110388.09	28.00	3942.43	128130.54
				200483.88

Entalpi flue gas keluar

$$\begin{aligned} \text{Tout} & 500.00 = 773.15 \\ \text{Tref} & 25.00 = 298.15 \end{aligned}$$

<b>Komp</b>	<b>Massa</b>	<b>BM</b>	<b>kmol</b>	<b>Hout</b>
O2	5589.27	32.00	174.66	455431.12
N2	110388.09	28.00	3942.43	7047216.74
CO2	19433.32	44.00	441.67	649964.85
H2O	15539.66	18.00	863.31	2029419.37
				10182032.09

Menghitung panas reaksi (data HC dari *Himmelblau* edisi 6)

<b>Komp</b>	<b>Koef</b>	<b>kmol</b>	<b>Hc</b>	<b>H = n.Mol.Hc</b>
R1	CH4	1.00	403.02	212.81
	O2	2.00	808.05	0.00
	CO2	1.00	404.03	0.00

	H2O	2.00	808.05	0.00	0.00
R2	C2H6	1.00	15.19	372.82	5663.53
	O2	3.50	53.29	0.00	0.00
	CO2	2.00	30.45	0.00	0.00
	H2O	3.00	45.68	0.00	0.00
R3	C3H8	1.00	2.39	530.58	1268.36
	O2	5.00	11.98	0.00	0.00
	CO2	3.00	7.19	0.00	0.00
	H2O	4.00	9.58	0.00	0.00

Menghitung  $\Delta H$  reaksi

$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi } \Delta H_{\text{rxn}298} &= \Delta H_{\text{reaktan}} - \Delta H_{\text{produk}} \\
 &= 85764.42 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Reaksi } \Delta H_{\text{rxn}298} &= 5663.53 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Reaksi } \Delta H_{\text{rxn}298} &= 1268.36 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Total } \Delta H_{\text{rxn}298} &= 92696.31 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Asumsi Q loss = 5% dari Q supply

$$\begin{aligned}
 \text{Hin} + \text{Qsupply} &= \text{Hout} + \text{Hrxn} + \text{Qloss} \\
 200483.88 + \text{Qsupply} &= 10182032.09 + 92696.31 + 0.05 \text{ Q supply} \\
 0.95 \text{ Qsupply} &= 10274728.40 - 200483.88 \\
 &= 10604467.91 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Qloss} &= 530223.40 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Gas panas

Oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu saturated steam pada steam table dengan kondisi :

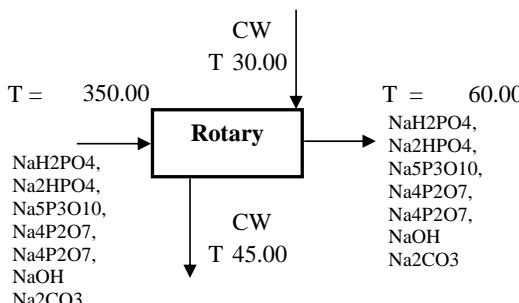
$$\begin{aligned}
 \text{Temeperature} &= 458.15 \text{ K} = 180.00 \text{ C} \\
 \text{Tekananan} &= 1.00 \text{ atm} \\
 \text{Hv} &= 664.01 \text{ kkal/kg} \\
 \text{Hi} &= 182.41 \text{ kkal/kg} \\
 \text{K steam} &= 664.01 - 182.41 \\
 &= 481.59 \text{ kkal/kg} \\
 \text{massa steam} &= 22019.62 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H$ bahan masuk	200483.88	
$\Delta H$ keluar air preheater		10182032.09
Q supply	10604467.91	

Q loss		530223.40
$\Delta H_{rx298}$		92696.31
<b>Total</b>	10804951.79	10804951.79

## 9 Rotary Cooler

Fungsi : Menurunkan suhu produk STPP 350 °C menjadi 60 °C



Neraca energi total

$$H_{\text{bahan masuk}} = H_{\text{bahan keluar}} + Q_{\text{serap}}$$

### 1) Entalpi bahan masuk

#### 1. Entalpi produk STPP dari Screw Conveyor(J-)

$$\begin{array}{llll} T_{in} & 350.00 & C & = 623.15 \quad K \\ T_{ref} & 25.00 & C & = 298.15 \quad K \end{array}$$

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	70.74		71.77	5077.20
H <sub>2</sub> O	37.63		2719.15	102326.19
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	331.77		47.48	15753.30
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	15.85		19.73	312.71
NaOH	36.59		170.58	6241.77
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28.89		1615.25	46661.77
				176372.94

### 2) Entalpi udara Ambien masuk

CP udara pada suhu 303.15

Specific Heat Of pure Compounds

Komp	BM	A	B	C
Udara	28.84	6.87	0.0008	-187700.00

$$\Delta H_{\text{udara}} = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT$$

$$= 45.95 \text{ mol kkal/hari}$$

3) Entalpi bahan keluar

$$\begin{array}{lll} \text{Tout} & 60.00 \text{ C} & = 333.15 \text{ K} \\ \text{Tref} & 25.00 \text{ C} & = 298.15 \text{ K} \end{array}$$

Komp	Kmol	T(K)	CpdT	Q(kkal/hari)
NaH2PO4	70.74	333.15	7.73	546.78
H2O	37.63		282.29	10623.08
Na5P3O10	331.77		5.11	1696.51
Na4P2O7	15.85		2.12	33.68
NaOH	36.59		18.37	672.19
Na2CO3	28.89		173.95	5025.11
				18597.34

4) Entalpi udara keluar

$$\text{CP udara pada suhu } 373.15$$

Specific Heat Of pure Compounds

Komp	BM	A	B	C
Udara	28.84	6.87	0.00	-187700.00

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{udara}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \\ &= 662.07 \text{ mol kkal/hari} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{loss}} = 10\% \text{ dari entalpi masuk}$$

$$\text{Entalpi awal} = \text{Entalpi akhir} + Q_{\text{loss}}$$

$$\begin{aligned} 0.90 \times (4684.66 + 45.95 \text{ (mol udara)}) &= 18597.34 + 662.07 \text{ .mol udara} \\ 158735.65 + 41.35 \text{ mol udara} &= 18597.34 + 662.07 \text{ .mol udara} \\ -620.72 \text{ mol udara} &= -140138.31 \\ \text{mol udara} &= 225.77 \\ \text{Entalpi udara masuk} &= 45.95 \times 225.77 = 10373.09 \\ \text{Entalpi udara keluar} &= 662.07 \times 225.77 = 149474.09 \\ Q_{\text{loss}} &= 18674.60 \end{aligned}$$

#### Neraca energi

Komponen	Masuk	Keluar
$\Delta H_{\text{masuk}} \text{ dari Screw Conveyor(J-421)}$	176372.94	
$\Delta H$ keluar Rotary cooler		18597.34
$\Delta H$ Udara masuk	10373.09	
$\Delta H$ Udara keluar		149474.09
Q serap		18674.60
<b>Total</b>	186746.04	186746.04

## APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT

### 1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

Fungsi : Menyimpan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pada tekanan 1 atm, temperatur 30 C

Menentukan tipe tangki penyimpanan

Tipe Tangki yang di pilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk Conical dengan pertimbangan:

- a. bahan baku yang di simpan berwujud cair
- b. kondisi operasi tangki pada tekanan 1 atm dan temperatur 30 C berdasarkan literatur "A Guide to Chemical Engineering Process Design an Economics" - Ulrich, tangki penyimpanan dengan spesifikasi seperti diatas memenuhi kriteria kondisi operasi

Menentukan bahan konstruksi :

Bahan baku yang di simpan untuk jangka waktu 8 hari pada 1 unit tangki penyimpanan Asam Phospat

Jumlah asam phospat yang di tampung per tangki untuk kebutuhan produksi,

$$\begin{aligned} 5459,1 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} &= 586061.2142 \text{ kg/tangki} \\ &= 586061.2142 \text{ kg} \end{aligned}$$

menghitung volume asam phospat di tangki penyimpanan

$$T = 30 \text{ C} = 303 \text{ K}$$

Tabel C.2 Densitas campuran (asam fosfat dan air)

Komponen	X <sub>i</sub>	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	ρ.X <sub>i</sub>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.85	1880	1598
H <sub>2</sub> O	0.15	1000	150
Total	1		1748

Volume asam fosfat yang di tampung per unit tangki penyimpanan

$$\frac{1}{1748} \times 1048150,23 = 335.27529 \text{ m}^3$$

$$\text{Safety factor tangki} = 0.1$$

Sehingga di dapatkan volume tangki yang akan di rencanakan,

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1.1 \times 335.27529 \text{ m}^3 \\ &= 368.803 \text{ m}^3 \\ &= 2319.7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan diameter dan tinggi tangki,

Dari Apperndix E (Process Equipment Design, Brownell & Young), di pilih tangki dengan kapasitas 2620 bbl dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Diameter (D) = 25 ft
- b. Tinggi = 30 ft
- c. Jumlah Course = 5 buah
- d. Allowable Vertical Weld Joint = 0.16 in
- e. But Welded Courses = 72 in
- = 6 ft

Menghitung tebal dan panjang shell course :

Tebal shell course dapat dihitung menggunakan persamaan 3.16 dan 3.17 (Brownell & Young)

Berdasarkan circumferential stress

$$t = \frac{p \times d}{2 \times f \times E} + c$$

t = Thickness of shell , in  
 p = Internal pressure , psi  
 d = Inside diameter , in  
 f = Allowable stress , psi  
 E = Joint efficiency , -  
 c = Corrosion allowance , in

$$d = 12 \times D$$

Di gunakan persamaan 3.17 untuk hydrostatic test

$$\rho_{op} = \rho_{Bz} \times \frac{H - 1}{144}$$

$$\rho_{des} = 1 \times \rho_{op}$$

$$= 1 \times \rho_{Bz} \times \frac{H - 1}{144}$$

$$= 1 \times 109.128 \times \frac{H - 1}{144}$$

$$= 0.9094 (H - 1) \text{ in}$$

Untuk pengelasan, di gunakan double-welded butt joint, dengan spesifikasi sebagai berikut,

E = 80% (Brownell & Young , page 254)

c = 0

Sehingga t dapat di hitung,

$$t = \frac{p_{des} \times d + c}{2 \times f \times E}$$

$$= \frac{0.9094 \times (H - 1) \times 300}{2 \times 16000 \times 80\%} + 0.1250$$

$$= 0.0107 \times (H - 1) + 0.1250$$

Sedangkan panjang hell course di hitung menggunakan persamaan,

$$L = \frac{\pi d - Weld Length}{12n} \quad (\text{Brownell \& Young, page 55})$$

*Weld Length* = Jumlah Course x Allowable Welded Joint

n = Jumlah Course

*Course 1*

$$\begin{aligned} t_1 &= 0.0107 \times (H - 1) + 0.1250 \\ &= 0.0107 \times (30 - 1) + 0 \\ &= 0.43 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk *course 1*, dipilih *plate* dengan ketebalan = 0.43 in

$$= \frac{7}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_1 &= (12 \times D) + t_1 \\ &= 300 + 0.43 = 300.43 \text{ in} \\ L_1 &= \frac{\pi \times 300.43 - (5 \times 0.1563)}{60} \\ &= 15.72 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8.61 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } 8 \frac{10}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

*Course 2*

$$\begin{aligned} H_2 &= H - 6 \\ &= 30 - 6 \\ &= 24 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= 0.0107 \times (H - 1) + 0 \\ &= 0.0107 \times (24 - 1) + 0 \\ &= 0.37 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk course 2, dipilih plate dengan ketebalan = 0.37 in  
Sehingga didapatkan, =  $\frac{6}{16}$  in

$$\begin{aligned} d_2 &= (12 \times D) + t_2 \\ &= 300 + 0.37 \\ &= 300.37 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 &= \frac{\pi \times 300.37 - (5 \times 0.1563)}{60} \\ &= 15.71 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8.57 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } 9 \frac{9}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

### Course 3

$$\begin{aligned} H_3 &= H - 6 \\ &= 30 - 12 \\ &= 18 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_3 &= 0.0107 \times (H - 1) + 0 \\ &= 0.0107 \times (18 - 1) + 0 \\ &= 0.31 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk course 3, dipilih plate dengan ketebaln = 0.31 in  
Sehingga didapatkan, =  $\frac{5}{16}$  in

$$\begin{aligned} d_3 &= (12 \times D) + t_2 \\ &= 300 + 0.31 \\ &= 300.31 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_3 &= \frac{\pi \times 300.31 - (5 \times 0.1563)}{60} \\ &= 15.71 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8.53 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } 8 \frac{8}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

## Course 4

$$\begin{aligned} H4 &= H - 6 \\ &= 30 - 18 \\ &= 12 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t4 &= 0.0107 \times (H - 1) + 0 \\ &= 0.0107 \times (12 - 1) + 0 \\ &= 0.24 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk course 4, dipilih plate dengan ketebalan = 0.24 in

Sehingga didapatkan, =  $\frac{4}{16}$  in

$$\begin{aligned} d4 &= (12 \times D) + t_2 \\ &= 300 + 0.24 \\ &= 300.24 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L4 &= \frac{\pi \times 300.24 - (5 \times 0.1563)}{60} \\ &= 15.71 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft } 8.49 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft } 8 \frac{8}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

## Course 5

$$\begin{aligned} H5 &= H - 6 \\ &= 30 - 24 \\ &= 6 \text{ ft} \end{aligned}$$

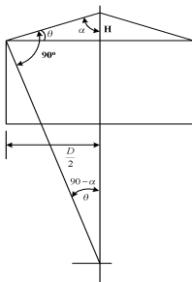
$$\begin{aligned} t5 &= 0.0107 \times (H - 1) + 0 \\ &= 0.0107 \times (6 - 1) + 0 \\ &= 0.18 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk course 5, dipilih plate dengan ketebalan = 0.18 in

Sehingga didapatkan, =  $\frac{3}{16}$  in

$$\begin{aligned} d5 &= (12 \times D) + t_2 \\ &= 300 + 0.18 \\ &= 300.18 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L5 &= \frac{\pi \times 300.18 - (5 \times 0.1563)}{60} \\
 &= 15.70 \text{ ft} \\
 &= 15 \text{ ft } 8.45 \text{ in} \\
 &= 15 \text{ ft } 8 \frac{7}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$



Menghitung head tangki,

Tebal cone digunakan ukuran standar, yaitu : 1 in

Menghitung  $\theta$  (sudut elemen cone terhadap horizontal)

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{D}{430 \times t} \quad (\text{Brownell \& Young, page 64}) \\
 &= \frac{25}{430 \times 0.5} \\
 &= 0.1163
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= \text{ArcSin } 0.1163 \\
 &= 0.1165 \\
 &= 6.68 \text{ Degree}
 \end{aligned}$$

Tinggi head (H) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \theta &= \frac{H}{0.5 \times D} \\
 H &= 0.5 \times D \times \operatorname{tg} \theta \\
 &= 0.5 \times 25 \times 0.12 \\
 &= 1.46 \text{ ft} \\
 \alpha &= 90 - \theta \\
 &= 90 - 6.68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 83.32 \text{ Degree} \\
 \operatorname{tg}\alpha &= \frac{0.5 \times D}{H} \\
 H &= \frac{0.5 \times D}{\operatorname{tg}\alpha} \\
 &= \frac{13}{8.51259} \\
 &= 1.46 \text{ ft} \quad 1.46841
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal *head* tangki,

Tekanan yang dimasukkan dalam perhitungan adalah tekanan operasi + safety factor nya.

*Safety factor* = 10%

P+Safety Factor = 16.17 psi

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{P \times D + c}{2 \times \operatorname{Cos} \theta \times ((f \times E) - 0.6 \times P)} \\
 &= \frac{16.17 \times 25 + 0.1250}{2 \times 0.99 \times ((12800) - 9.702)} \\
 &= 0.14 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung diameter pipa inlet dan outlet tangki,

*Inlet piping*,

Diameter pipa pemasukan diestimasi dengan persamaan berikut ini :

$$D_{i,\text{opt}} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13}$$

(Peter & Timmerhaus, page 496)

Waktu pengisian tangki diasumsi selama : 10 jam

Sehingga  $q_f$  dapat dihitung,

$$q_f = \frac{335.28 \times 35.3147}{10 \times 3600}$$

$$= 0.33 \text{ cuft/s}$$

$$\rho = 1748.00 \text{ kg/m}^3$$

$$= 109.13 \text{ lb/cuft}$$

Didapatkan  $D_{i,\text{opt}}$  sebesar = 4.35 in

Dari Tabel 11, Appendix Process Heat Transfer by D. Q. Kern didapatkan,

D <sub>Nominal</sub>	=	6	in
Sch.No	=	40	
OD	=	6.63	in
ID	=	6.07	in
a	=	28.9	in <sup>2</sup>
<u>Surface /lin.ft</u>			
od	=	1.734	ft <sup>2</sup> /ft
id	=	1.59	ft <sup>2</sup> /ft

*Outlet piping,*

Menghitung debit fluida

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= 117212.24 \text{ kg/hari} \\
 &= 258408.45 \text{ lb/hari} \\
 \rho &= 1748.00 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 109.13 \text{ lb/cuft} \\
 \text{debit fluida} &= \frac{258408.45}{109.13 \times 24 \times 3600} \\
 &= 0.03 \text{ cuft/s} \\
 \text{Safety factor} &= \frac{10\%}{0.03} \\
 \text{Debit fluida, } q_f &= 0.03 \\
 &\quad \text{safety factor} \\
 &= 0.03015 \text{ cuft/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung diameter optimal,

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter & Timmerhaus,

$$\begin{aligned}
 D_{i,opt} &= 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \\
 &= 1.48 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 11, *Appendix Process Heat Transfer* by D. Q. Kern didapatkan :

D <sub>Nominal</sub>	=	2	in
Sch.No	=	#	
OD	=	2	in
ID	=	2	in
a	=	3	in <sup>2</sup>
<u>Surface /lin.ft</u>			
od	=	1	ft <sup>2</sup> /ft
id	=	1	ft <sup>2</sup> /ft

**Resume Tangki Penyimpan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>		
Kode Alat	:	F-213	
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku ( $H_3PO_4$ )	
Tipe Tangki	:	Cylindrical - Conical Roof - Flat Bottom Tank	
Jumlah Tangki	:	1 (Satu)	
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel SA 234	
Kapasitas Tangki	:	2620 bbl	
Tinggi Tangki	:	30 ft	
Diameter Tangki	:	25 ft	
Tebal Shell per Course			
Course 1	:	7 / 16 in	
Course 2	:	6 / 16 in	
Course 3	:	5 / 16 in	
Course 4	:	4 / 16 in	
Course 5	:	3 / 16 in	
Tinggi Head Tangki	:	1.46 ft	
Tebal Head Tangki	:	2 / 16 in	
Diameter Pipa (Inlet)	:	6 in , Schedule No 40	
Diameter Pipa (Outlet)	:	2 in , Schedule No 40	

## 2 Silo $Na_2CO_3$

Fungsi : sebagai tempat penampungan bahan  $Na_2CO_3$  kristal

$$\text{Feed rate} = 2267.7504 \text{ kg/jam}$$

$$= 54.426011 \text{ ton/hari}$$

$$\text{residence time} = 5 \text{ hari}$$

$$\text{jumlah Silo} = 1$$

$$\begin{aligned} \text{kapasitas} &= 2267.7504 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 5 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 272130.05 \text{ kg} \end{aligned}$$

Densitas Bahan Baku Masuk :

<b>Bahan Baku</b>	<b>Massa</b>	<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
$Na_2CO_3$	269408.75	2160	124.726274
$H_2O$	2721.3005	1000	2.72130053
<b>Total</b>	269408.75		127.447575

$$\rho_{\text{raw meal}} = 2114 \text{ kg/m}^3 = 131 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan baku} &= \frac{269408.75 \text{ kg}}{2113.879 \text{ kg/m}^3} \\ &= 128.735 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan baku} &= 0.9 \times \text{Volume Total} \\ \text{Volume total} &= \frac{\text{Volume bahan baku}}{0.9} \\ &= \frac{128.735}{0.9} \\ &= 143.039 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### **Dimensi Silo :**

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas flange only dan tutup bawah conical dengan sudut puncak 150°

Sudut puncak = 150 °

Asumsi dimensi tinggi silinder / diameter bejana ( Hs / D ) = 2 (*Ulrich, hal. 248*)

$$\begin{aligned}\text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times Hs \\ &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times 2 \times D \\ &= 1.57 D^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Conical} &= \frac{\pi \times D^3}{24 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)} \\ &= 0.04 D^3\end{aligned}$$

Volume tutup atas tidak dihitung karena flange only berbentuk flat

Volume total = Volume Silinder + Volume Conical

$$\begin{aligned}143.0388043 &= 1.57 D^3 + 0.04 D^3 \\ &= 1.61 D^3 \\ D^3 &= 89.1176 \\ D &= 4.46671 \text{ m} = 175.854 \text{ in} = 15 \text{ ft} \\ Hs &= 2 \times D \\ &= 2 \times 4.47 \\ &= 8.93342 \text{ m} = 351.709 \text{ in}\end{aligned}$$

### **Menghitung tutup bawah :**

$$\begin{aligned}\text{Tinggi conical (Hc)} &= \frac{\text{ID}}{2 \times \tan(\alpha/2)} \\ &= 0.6 \text{ m} \\ &= 23.6 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total bejana (H)} &= \text{tinggi bejana} + \text{tinggi conical} \\ &= 8.93 + 1 \\ &= 9.53 \text{ m} \\ &= 375 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume conical} &= \frac{\pi \times D^3}{24 \cdot \tan(\alpha/2)} \\ &= \frac{3.14 \times 4.47^3}{24 \times \tan(0.5 \times 150)} \\ &= 43.514 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V &= \text{volume total bahan} - \text{volume conical} \\ &= 128.73492 - 43.514 \\ &= 85.2209 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi bahan dalam silinder} &= \frac{\text{volume bahan dalam silinder}}{\pi/4 \times D^2} \\ &= \frac{85.2209}{15.6619} \\ &= 5.44 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi bahan dalam bejana (Hb)} &= \text{tinggi bahan dalam silinder} + \text{tinggi conical} \\ &= 5.44 + 1 \\ &= 6.04 \text{ m}\end{aligned}$$

### Menentukan Tekanan Design (Pd)

Tekanan operasi sama dengan tekanan atmosfer ditambah dengan tekanan parsial bahan :

$$\begin{aligned}P_{\text{bahan}} &= \rho_{\text{bahan}} \times g \times H_b \\ &= 2113.879 \times 9.8 \times 6 \\ &= 125118.53 \text{ Pa} \\ &= 18.1422 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_d &= 14.7 + P_{\text{bahan}} \\ &= 14.7 + 18.1 \\ &= 32.8422 \text{ psi}\end{aligned}$$

### Menentukan ketebalan silinder

$$ts = \frac{P_d \times ID}{2(fE - 0.6 P_d)} + C \quad (\text{Kusnarjo, 15})$$

(Brownell & Young, hal. 254)

$$f = 45000 \text{ psi} \quad (Brownell \& Young, 251) \quad , C = \frac{1}{16} \text{ in} \quad (carbon \text{ steel})$$

E = 1 (*Brownell & Young, 254*)

$$ts = \frac{32.84218703}{2 \times (-36000 - 0.6 \times 32.842)} + \frac{1}{16}$$

= 0.14276 in

$$= \frac{2.28413}{16} = \frac{3}{16} \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 91})$$

$$= 0.00476 \text{ m}$$

$$QD \quad \equiv \quad ID \quad \pm \quad 2 \times ts$$

$$\text{OD} \equiv 175.854 + 2 \times 0.1875$$

$$OD \equiv 176.229 \text{ in} \equiv 4.48 \text{ m}$$

#### **Menentukan ketebalan tutup bawah**

$$tb = \frac{Pd \times ID}{2\cos(\alpha/2)(fE - 0.6 Pd)} + C \quad (Brownell \& Young, 259)$$

$$tb = \frac{32.84218703}{2 \times (-36000 - 0.6 \times 32.842)} + \frac{1}{16}$$

$\equiv$  0.14 in

$$= \frac{2.28413}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$= 0.00476 \text{ m}$$

#### Spesifikasi Silo :

Jenis Tutup Atas dan Bawah	=	Tutup atas Flange Only dan tutup bawah conical
Jenis Material	=	<i>Carbon Steel SA-285A</i>
Tipe Las	=	<i>Double welded butt joint</i>
Total Material Na2(CO3)	=	272130.053 kg
Kapasitas Tangki	=	5417 ft <sup>3</sup>
Jumlah	=	1 buah
Tinggi Shell Silo	=	30 ft
Tinggi Konis	=	2 ft
Diameter Tangki	=	15 ft
Tebal Silinder	=	1/5 in
Tebal tutup bawah	=	1/5 in

### 3 Reaktor Prenetralisasi

Data  $\Delta G_f$

$\Delta G_f \text{ Na}_2\text{CO}_3$	=	-251 kkal/gmol
$\Delta G_f \text{ H}_3\text{PO}_4$	=	-270 kkal/gmol
$\Delta G_f \text{ NaHPO}_4$	=	-383 kkal/gmol
$\Delta G_f \text{ H}_2\text{O}$	=	-68 kkal/gmol
$\Delta G_f \text{ CO}_2$	=	-94 kkal/gmol

$$\begin{aligned}\Delta G_f &= \Delta G_f \text{ produk} - \Delta G_f \text{ reaktan} \\ &= -23.7 \text{ kkal/gmol} \\ &= -23700 \text{ kal/mol}\end{aligned}$$

#### Menentukan konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{\sigma \cdot T \cdot e^{\Delta G \cdot RT}}{h}$$

dimana :

$$\sigma = \text{Konstanta Boltzman} = 1.07 \times 10^{-23} \text{ cal/K (molekul)}$$

$$h = \text{Konstanta Planck} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ cal s/molekul}$$

$$T = 363 \text{ K}$$

$$\Delta G_f = -23700 \text{ kal/gmol}$$

$$R = 1.987 \text{ cal/mol.K}$$

$$k = \frac{(0.33807 \times 10^{-23} \times 363 \times 2.718^{(-23700 \times 2 \times 363.2)})}{1.58427 \times 10^{-34}}$$

$$k = 0.04 \text{ /s} = 152.509 \text{ /jam}$$

$$\text{Konversi} = 0.95$$

$$V = \frac{K_{\text{[Reaktan]}}^{[\text{produk}]}}{K_{\text{[Reaktan]}}}$$

Komponen	Konsentrasi
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	42359.87
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	21179.93
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	40241.87
H <sub>2</sub> O	20120.94
CO <sub>2</sub>	20120.94

$$V = 769.29 \text{ /s}$$

$$= 0.0013 \text{ s untuk reaksi 100\%}$$

$$\tau = \frac{1}{x}$$

$$k(1-x) \\ = 1157 \text{ sekon} = 0.32 \text{ jam, diasumsikan } 0.4 \text{ jam}$$

Neracamassa reaktor pencampur

Komponen	Masuk	Keluar
H3PO4	4883.8435	207.5633
Na2CO3	3453.9584	112.2536
NaH2PO4		4829.0248
H2O		2303.6388
CO2		885.3212
<b>Total</b>	<b>8337.8018</b>	<b>8337.8018</b>

Komponen	Massa	Densitas	Volume
H3PO4	207.5633	1880	0.1104
Na2CO3	112.2536	2540	0.0442
NaH2PO4	4829.0248	2360	2.0462
H2O	2303.6388	1000	2.3036
CO2	885.3212	1101	0.8041
<b>Total</b>	<b>8337.8018</b>		<b>5.3085</b>

---


$$\text{Total volume yang dibutuhkan} = 5.30854 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal} = 0.4 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas campuran} &= 1570.64 \text{ kg/m}^3 \\ &= 98.055 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah reaktor} = 1$$

$$\text{volume larutan dalam reaktor} = 2.12342$$


---

### Menentukan tipe tangki pencampuran

Tipe Tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk Dishead dengan pertimbangan :

Menentukan bahan konstruksi,

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA 229*

### Menentukan ukuran tangki

Untuk perancangan, volume reaktor diambil 120% dari volume larutan

### Menghitung volume reaktor

$$\begin{aligned}
 ba &= \tau \times V_{\text{larutan}} = 0 \text{ jam} \times 2.12 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0.85 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{reaktor}} &= 1.02 \text{ m}^3 \\
 \text{Di tetapkan } H/D &= 1 \\
 \text{Volume} &= \pi/4 \times D^2 \times H \\
 1 &= \pi/4 \times D^2 \times 1.25 \text{ D} \\
 1 &= \pi/4 \times 1.25 \text{ D}^3 \\
 D^3 &= 1.04 \\
 D &= 1.01 \text{ m} \\
 H &= 1.27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Menentukan tebal shell

Diameter dalam = 1.01 m = 39.8717 in

Tekanan operasi = 1 atm = 14.7 Psi

Suhu operasi = 90 C = 194 F

Bahan konstruksi = Austhentic Stainless Steel, AISI type 304

f = 18750

(appendix D, Brownell-Young)

c = faktor korosi = 0.125 in

E = Efesiensi sambungan = 0.8

Tebal shell di hitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{p \cdot ri + c}{f \cdot E - 0,6 p} \\
 &= 0.14455 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Di pakai tebal shell standar, t = 4 / 16 in 0.006 m

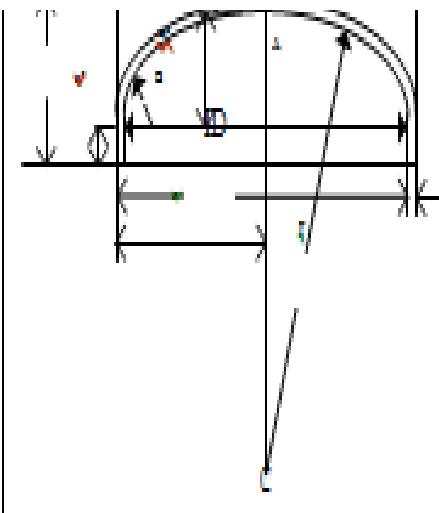
OD = ID + 2t = 40.3717

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 66 in

Koreksi: ID = OD - 2t = 72.2 x 3/16

$$= 65.5 \text{ in} = 1.66 \text{ m}$$





### Menentukan tebal head dan volume head

Bentuk head = torispherical dished head

$$th = \frac{0.855 p r + c}{f E - 0.1 p}$$

Dari tabel 5.5 Brownell-Young:

$$icr = 0.5 \text{ in}$$

$$r = 120 \text{ in}$$

Maka :

$$th = 0.86 \times 14.7 \times 120 / 18750 \times 0.8 - 0.1 \times 14.7 + 0.13 \\ = 0.10056$$

$$di \text{ pakai tebal head} = 4 / 16 \text{ in}$$

$$icr/OD = 0.00417$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11

Brownell-Young di hitung

$$V = 4.9E-05 \times (Di)^3$$

$$= 13.8 \text{ ft}^3$$

$$= 0.39 \text{ m}^3$$

$tha = 4/16$  in (*Brownell and Young, table 5.7, p.91*)

$sf = 2.5$  in (*Brownell and Young, table 5.6, p.88*)

$icr = 0.5$  in (*Brownell and Young, table 5.7, p.90*)

$r = 120$  in

$$a = ID/2 = 32.8 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 32.3 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 120 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC^2 - AB^2)}$$

$$= 115 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 4.93 \text{ in}$$

$$OA = b + sf + th = 7.68 \text{ in} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Jadi tinggi head} = \text{tinggi reaktor} + 2 \times \text{tinggi head}$$

$$= 1.66 \text{ m}$$

Luas penampang reaktor:

$$A = (\pi/4) \times D^2 = 0.81 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume head bawah ,Vh} = 0.39 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam reaktor} = 2.12 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam bagian shell} = 1.73 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell :} = 2.15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell dan head bawah} = 2.99 + 0.2 = 2.3 \text{ m}$$

### Volume Reaktor

$$\text{Volume shell} = A \times \text{tinggi shell} = 1.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume shell} + 2(\text{Volume head}) = 1.8 \text{ m}^3$$

### Perhitungan Pengaduk

Dipakai impeller jenis 6 blade turbin

Dimana :

- Da = Diameter Impeller  
 Dt = Diameter tangki  
 H = Tinggi liquid  
 W = Tinggi Impeller  
 J = Lebar baffle  
 L = Panjang pengaduk  
 C = Jarak pengaduk ke dasar tangki  
 (*Geankoplis*)

TABLE 3.4-1. *Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System*

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ to } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$

Menghitung dimensi pengaduk

$$Da = 0.5 \times 1.01 = 0.51 \text{ ft}$$

Jenis peangaduk yang di gunakan = Six-blade turbine

Kecepatan putar pengaduk = 30 rpm

dengan rata rata kecepatan = 0.5 rps

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$\begin{aligned} Re &= \frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} = (0.51^2 \times 0.5 \times 1571) / 0.007 \\ &= 28766.4 \end{aligned}$$

Dari fig. 10.59 coulson didapatkan power number  $N_p = 5$

Tenaga untuk pengadukan :

$$\begin{aligned} P &= (5 \times 0.5^3 \times 0.51 \times 1570.6386) \\ &= 497.079 \text{ kg.m/min} = 0.67 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Asumsi efisiensi motor = 80%

Tenaga motor untuk pengaduk = 0.83 Hp

### Menghitung tebal jaket

Kebutuhan air pendingin = 30677.963 kg/jam = 30.68 m<sup>3</sup>/jam

Diameter luar reaktor = D + t = 1.03 m

Jari-jari reaktor = 0.51 m

Tinggi reaktor = 1.27 m

Volume jaket 110% dari volume kebutuhan air = 33.7 m<sup>3</sup>

Jaket terletak pada bagian bawah dan samping permukaan reaktor. Jadi untuk menghitung tebal jaket :

Trial volume jaket, space = 0.57 m

Volume jaket =  $(\pi.(r+t)^2.H - \pi.r^2.H) + \pi.(r+t)^2.t = 5.686 \text{ m}^3$

### Spesifikasi Reaktor :

Kode alat = R-120

Kapasitas = 1.02 m<sup>3</sup>

Diameter = 1.03 m

Tinggi = 1.27 m

Tebal tangki = 4/ 16 in

Tebal tutup atas = 4/ 16 in

Tebal tutup bawah = 4/ 16 in

Jenis las = Double Welded Butt Joint

Bahan Konstruksi = Stainless Steel SA 229

Jenis Pengaduk = 6 Blade Turbin

Diameter Impeller = 0.5 m

Kecepatan Putar = 0.5 rps

Daya Motor = 0.83 Hp

## 4 Reaktor Netralisasi

Data ΔGf

ΔGf NaH2PO4 = -323 kkal/gmol

ΔGf NaOH = -100 kkal/gmol

ΔGf Na2HPO4 = -386 kkal/gmol

ΔGf H2O = -60 kkal/gmol

ΔGf = ΔGf produk - ΔGf reaktan

$$= -23.3 \text{ kkal/gmol}$$

$$= -23300 \text{ kal/mol}$$

### Menentukan konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{\sigma \cdot T \cdot e^{\Delta G \cdot RT}}{h}$$

dimana :

$$\sigma = \text{Konstanta Boltz} = 1.07 \times 10^{-23} \text{ cal/K (molekul)}$$

$$h = \text{Konstanta Planc} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ cal s/molekul}$$

$$T = 363 \text{ K}$$

$$\Delta G_f = -23300 \text{ kal/gmol}$$

$$R = 1.987 \text{ cal/mol.K}$$

$$k = \frac{(0.33807 \times 10^{-23} \times 363.15 \times 2.718^{(-23300 \times 2 \times 363.15))})}{1.58427 \times 10^{-34}}$$

$$k = 0.07374 \text{ /s} = 265.471 \text{ /jam}$$

$$\text{Konversi} = 0.95$$

$$V = K_{\text{Reaktan}}^{\text{[Produk]}}$$

Komponen	Konsentrasi
NaOH	26827.92
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	26827.92
H <sub>2</sub> O	26774.26
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	26774.26

$$V = 0.073 \text{ /s}$$

$$= 13.6152 \text{ s untuk reaksi 100\%}$$

$$\tau = \frac{1}{k} \frac{x}{(1-x)}$$

$$= 664.479 \text{ sekon} = 0.18 \text{ jam, diasumsikan 0.2 jam}$$

Neraca Massa Reaktor Pencampur

Komponen	Masuk	Keluar
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3219.350	6.439
NaOH	1073.117	2.146
H <sub>2</sub> O	1535.759	2017.696

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	74.836	74.836
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	138.376	138.376
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.000	3801.945
<b>Total</b>	<b>6041.437</b>	<b>6041.437</b>

Komponen	Massa	Densitas	Volume
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	6	2360	0.00273
NaOH	2	2130	0.00101
H <sub>2</sub> O	2018	1000	2.01770
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	75	2540	0.02946
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	138	1880	0.07360
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	3802	1700	2.23644
<b>Total</b>	<b>6041</b>		<b>4.36094</b>

---

Total volume dalam reaktor	=	4.36094 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	=	0.2 jam
Densitas campuran	=	1385.35 kg/m <sup>3</sup>
	=	86.4876 lb/ft <sup>3</sup>

---

#### Menentukan tipe tangki pencamuran :

Tipe Tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk Dishead dengan pertimbangan :

#### Menentukan bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Carbon Steel SA 283 grade A*

Menentukan ukuran tangki

Untuk perancangan, volume reaktor di ambil 120% dari volume larutan

Menghitung volume reaktor :

$$\begin{aligned} V \text{ bahan} &= \tau \times V \text{ larutan} = 0 \text{ jam} \times 4.36 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0.87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ reaktor} = 1.04662 \text{ m}^3$$

$$\text{Di tetapkan } H/D = 1$$

$$\text{Volume} = \pi/4 \times D^2 \times H$$

$$1 = \pi/4 \times D^2 \times 1.25 D$$

$$1 = \pi/4 \times 1.25 D^3$$

$$D^3 = 1$$

$$D = 1.02 \text{ m}$$

$$H = 1.28 \text{ m}$$

Menentukan tebal shell

$$\text{Diameter dalam} = 1.02 \text{ m} = 40.2257 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14.7 \text{ Psi}$$

$$\text{Suhu operasi} = 90 \text{ }^{\circ}\text{C} = 194 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Bahan konstruksi = Carbon Steel SA 283 Grade A

$$f = 16000$$

(appendix D, Brownell-Young)

$$c = \text{faktor korosi} = 0.125 \text{ in}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan} = 0.8$$

Tebal shell di hitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young :

$$\begin{aligned} t &= \frac{p.r_i + c}{f.E - 0.6p} \\ &= 0.14811 \text{ in} \end{aligned}$$

Di pakai tebal shell standar,  $t = 4 / 16 \text{ in} = 0.006 \text{ m}$

$$\text{OD} = \text{ID} + 2t = 40.7257$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 72 in

$$\begin{aligned} \text{Koreksi: ID} &= \text{OD} - 2t = 72 - 2 \times 3/16 \\ &= 71.5 \text{ in} = 1.82 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan tebal head dan volume head

Bentuk head = torispherical dished head

$$th = \frac{0.855 p.r + c}{f.E - 0.1p}$$

Dari tabel 5.5 Brownell-Young:

$$icr = 4.38 \text{ in}$$

$$r = 72 \text{ in}$$

Maka,

$$th = 0.86 \times 14.7 \times 72 / 16000 \times 0.8 - 0.1 \times 15 + 0.125 = 0.19571$$

$$\text{di pakai tebal head} = 4 / 16 \text{ in}$$

$$icr/OD = 0.06076$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young di hitung

$$\begin{aligned} V &= 4.9E-05 \times (Di)^3 \\ &= 17.9 \text{ ft}^3 \\ &= 0.51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$tha = 4/16 \text{ in}$  (*Brownell and Young, table 5.7, p.91*)

$sf = 2.5 \text{ in}$  (*Brownell and Young, table 5.6, p.88*)

$icr = 4.38 \text{ in}$  (*Brownell and Young, table 5.7, p.90*)

$r = 72 \text{ in}$

$$a = ID/2 = 35.8 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 31.4 \text{ in}$$

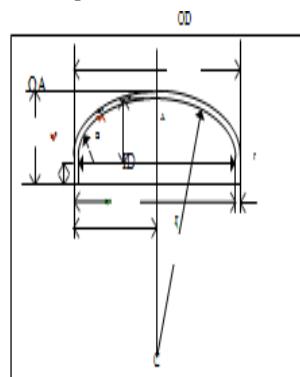
$$BC = r - icr = 67.6 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$59.9 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 12.1 \text{ in}$$

$$OA = b + sf + th = 14.8 \text{ in} = 0.38 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi head} &= \text{tinggi reaktor} + 2 \times \text{tinggi head} \\ &= 2.03 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas penampang reaktor :

$$A = (\pi/4) \times D^2 = 0.82 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume head bawah ,Vh} = 0.51 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam reaktor} = 0.87 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam bagian shell} = 0.37 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell dan head bawah} = 1.66 + 0.38 = 0.82 \text{ m}$$

### Volume Reaktor

$$\text{Volume shell} = A \times \text{tinggi shell} = 1.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume shell} + 2(\text{Volume head}) = 2.1 \text{ m}^3$$

## **Perhitungan Pengaduk**

Dipakai impeller jenis 6 blade turbin

Dimana :

Da = Diameter Impeller

Dt = Diameter tangki

H = Tinggi liquid

W = Tinggi Impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang pengaduk

C = Jarak pengaduk ke dasar tangki  
(Geankoplis)

TABLE 3.4-1. *Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System*

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ to } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$

### **Menghitung dimensi pengaduk**

$$Da = 0.5 \times 1.02 = 0.51 \text{ ft}$$

Jenis peangaduk yang di gunakan = Six-blade turbine

Kecepatan putar pengaduk = 25 rpm

dengan rata rata kecepatan = 0.42 rps

Bilangan Reynold untuk pengadukan:

$$\begin{aligned} Re &= \frac{Da^2 \cdot N \cdot p}{\mu} = (0.51^2 \times 0.42 \times 1385) / 0 \\ &= 18831 \end{aligned}$$

Dari fig. 10.59 coulson didapatkan power number  $N_p = 5$

Tenaga untuk pengadukan:

$$\begin{aligned} P &= (5 \times 0.42^3 \times 0.51 \times 1385.353) \\ &= 255.979 \text{ kg.m/min} = 0.3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Asumsi efisiensi motor = 80%

Tenaga motor untuk pengaduk = 0.43 Hp

### Menghitung tebal jaket

Kebutuhan air pendingin = 127.48 kg/jam = 0.127484

Diameter luar reaktor =  $D + t = 1.03 \text{ m}$

Jari-jari reaktor = 0.52 m

Tinggi reaktor = 1.28 m

Volume jaket 110% dari volume kebutuhan air = 0.14 m<sup>3</sup>

Jaket terletak pada bagian bawah dan samping permukaan reaktor. Jadi untuk menghitung tebal jaket :

Trial volume jaket, space = 0.57 m

$$\begin{aligned} \text{Volume jaket} &= (\pi.(r+t)^2.H - \pi.r^2.H) + \pi.(r+t)^2.t \\ &= 5.76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### Spesifikasi Reaktor :

Kode alat = R-210

Kapasitas = 1.05 m<sup>3</sup>

Diameter = 1.03 m

Tinggi = 1.28 m

Tebal tangki = 4/ 16 in

Tebal tutup atas = 4/ 16 in

Tebal tutup bawah = 4/ 16 in

Jenis las = *Double Welded Butt Joint*

Bahan Konstruksi = *Carbon Steel SA-283 Grade A*

Jenis Pengaduk = 6 Blade Turbin

Diameter Impeller = 0.5 m

Kecepatan Putar = 0.42 rps

Daya Motor = 0.43 Hp

## 5 Spray Drier

Fungsi : mengeringkan produk melalui proses kontak langsung dengan udara pengering sehingga di dapatkan produk berupa powder

Orthophosphate

Tipe : Bejana tegak dengan bagian bawah bebentuk konis sedangkan

tutup berbentuk dish

Perhitungan :

Kondisi Operasi	:	Suhu udara masuk	=	500 °C	=	932 °F
		Suhu udara keluar	=	165 °C	=	329 °F
		Tekanan operasi	=	1 atm		
		Dryer bekerja kontinue selama 24 jam				
Rate bahan masuk		=	8525.6 kg/jam			
densitas feed		=	1569.831376 kg/m³			
Laju udara kering		=	4134.01 kg/jam	=	1.15 kg/s	
Density outlet gas		=	0.8187 kg/m³			
waktu pengeringan		=	10 s			

a. Menentukan laju alir volumetrik feed dan udara

$$V_o = \frac{\text{massa masuk}}{\text{densitas}}$$

$$V_o \text{ feed} = 5.4309 \text{ m}^3/\text{jam} = 0.00151 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_o \text{ udara} = 5049.48 \text{ m}^3/\text{jam} = 1.40263 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Menghitung volume *spray dryer*

diketahui

$$\text{waktu tinggal} = 10 \text{ s}$$

$$\text{kemiringan konis} = 30$$

$$H:D = 4:01$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Feed} &= V_o \times \text{waktu tinggal} \\ &= 0.0015086 \times 10 \\ &= 0.0150858 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume udara} &= V_o \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1.4026342 \times 10 \\ &= 14.026342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{chamber}} &= \text{Volume bahan} + \text{Volume udara} \\ &= 0.01509 + 14.0263 \\ &= 14.0414 \text{ m}^3 = 496 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 14.041428 &= V_{\text{silinder}} + V_{\text{konis}} \\ &= \left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot hs\right) + \left(\frac{\pi}{12} \cdot D^3 \cdot \sin 60\right) \\ &= 3.14 D^3 + 0.23 D^3 \\ &= 3.37 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_3 &= 4.17 \\ D &= 1.61 \text{ m} \\ H &= 6.44 \text{ m} \\ &= 21.1 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jadi tinggi total spray dryer yaitu 6,53 m, di mana

Tinggi konis = 1.41 m

Tinggi silinder = 5.03 m

Tebal shell

$$t_s = \frac{Pd \times ID}{2(f_{all} \cdot E - 0,6 P)} \quad \text{Brownell \& Young, eq 13.1}$$

dimana :

P = tekanan design = 14.696 psi

ID = Diamter shell = 1.61 m = 63.4 in

ri = Jari jari shell = 0.8 m = 31.7 in

fall = allowable stress = 15600 lb/in

(Stainless Steel type 306)

E = efisiensi sambungan = 80%

(Double welded butt joint, Brownell& Young,p.245,table 13.2)

c = Corrosion allowance = 0.125

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{14.696 \times 63.3733}{12480 - 8.8176} + 0.125 \\ &= 0.16234 \text{ in} \end{aligned}$$

Di pakai tebal shell standar, t = 4 / 16 in = 0.006 m

OD = ID + 2t = 63.8733

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, OD yang sesuai = 66 in

Koreksi: ID = OD - 2t = 66 - 2 x 3/16

$$= 65.5 \text{ in} = 1.66 \text{ m}$$

**Menentukan tebal head :**

Bentuk head = torispherical dished head

$$th = \frac{p.r}{f.E - 0.1p} + c$$

Dari tabel 5.5 Brownell-Young:

$$icr = 0.5 \text{ in}$$

$$r = 120 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} th &= \frac{12.5651 * 120}{12480 - 1.4696} \\ &= 0.12083 \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

### Menentukan tebal tutup bawah

Bentuk : *Conical head*

### Tebal Konis

Untuk 1/2 sudut puncak tidak lebih besar dari 30 °C digunakan persamaan 6.154, p.118,Brownell & Young

$$t_c = \frac{P.ID}{2\cos \alpha.(f.E - 0.6P)} + c$$

dimana,

$$P = \text{tekanan design} = 14.696 \text{ psi}$$

$$ID = \text{diameter shell} = 1.60968 \text{ m} = 63.3733 \text{ in}$$

$$ri = \text{jari-jari shell} = 0.80484 \text{ m} = 31.6866 \text{ in}$$

$$fall = \text{allowable stress} = 15600 \text{ lb/in}$$

(Stainless Steel type 306, Peny ed.5)

$$E = \text{efisiensi sambungan} = 80\%$$

(Double welded butt joint, Brownell& Young,p.245,table 13.2)

$$c = \text{corrosion allowance} = 0.125$$

$$tc = \frac{14.696 \times 63.373253}{1.7320508 \times 12471.182} + 0.125$$

$$t_c = 0.16812 \text{ in} = \frac{4}{16} \text{ in}$$

d. Perancangan atomizer pada spray dryer

Di ketahui

$$H = 6.44 \text{ m}$$

$$T \text{ udara panas} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T \text{ feed} = 103 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{delta } T = 397 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Sehingga di dapat diameter droplet dari grafik di atas yaitu:

0,5 mm = 500  $\mu\text{m}$ , atomizer yang di pilih yaitu rotary atoomizer dengan ukuran diameter disc standar yang sering di gunakan yaitu 100 mm, 200 mm, dan 300 mm

Diameter disc yang di pilih yaitu 200 mm, (Carl W hall,246)

$$\frac{D_{VS}}{r} = 0,4 \left( \frac{\Gamma}{\rho_L \cdot N \cdot r^2} \right)^{0,6} \left( \frac{\mu}{\Gamma} \right)^{0,2} \left( \frac{\alpha \cdot \rho_{L,L_w}}{\Gamma^2} \right)^{0,1}$$

Di mana

$$D_{VS} = \text{Diameter semprotan rata rata} = 0.5 \text{ mm} = 0.0016 \text{ ft}$$

$$Di = \text{Diameter Dish} = 200 \text{ mm} = 0.66 \text{ ft}$$

$$r = \text{kecepatan massa semprotan dari wetted dish peripheral (lb/min.ft)}$$

$$\rho_L = \text{densitas orthophosphate} = 1569.83 \text{ kg/m}^3 = 98.11 \text{ lb/ft}^3$$

$$N = \text{Putaran dish (rpm)}$$

$$\mu = \text{Viskositas liquid} = 0.6962 \text{ lb/ft}^3$$

$$\alpha = \text{liquid retension (lb/min}^2\text{)}$$

$$L_w = \text{wetted dish peripheral}$$

$$\text{Massa feed masuk} = 8525.6 \text{ kg/jam} = 313.61 \text{ lb/min}$$

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{\text{massa feed masuk}}{L_w} = \frac{313.61}{2.0724} \\ &= 151.327 \text{ lb/min.ft} \end{aligned}$$

dimana :

$$\rho_1 = \text{densitas liquid} = 1569.831 \text{ kg/m}^3 = 1.572 \text{ gr/cm}^3 = 0 \text{ mol/cm}^3$$

$$(R) = \text{Komponen parachor} = 272$$

$$\alpha = \text{dyne/cm}$$

Pada tekanan rendah,  $P_r \gg P_g$ , maka  $P_g$  dapat diabaikan

$$\begin{aligned}\alpha^{1/4} &= (271.7) \cdot (0.03655) \\&= 9.93069 \text{ dyne/cm} \\&= 78281.9 \text{ lb/min}^2 \\0.00497 &= 0.34 \times 2 \times \frac{4.91}{N^{0.6}} \times 0.4 \\N^{0.6} &= 258.941 \\N &= 10519.6 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Menghitung power yang dibutuhkan

$$E = \frac{m v^2}{2 \epsilon} \quad \text{Handbook of Industrial Drying Eq: 10.5}$$

E = Power (W)

V = Peripheral Velocity (m/s) 140 m/s dari Figure 10.5 *Industrial Of Drying*

$\epsilon$  = Efisiensi 0.65

m = Flowrate bahan (kg/s)

$$\begin{aligned}E &= \frac{2}{2} \times \frac{140^2}{1} \\&= 35732.3 \text{ W} = 35.73 \text{ kW} \\&= 47.9 \text{ HP}\end{aligned}$$

### Spesifikasi alat

#### Spray Drier

Tinggi silinder	= 5.03 ft
Tinggi konis	= 1.41 ft
Diameter	= 1.61 ft
Tebal shell	= 4/ 16 ft
Tebal atas	= 4/ 16 ft
Tebal konis	= 4/ 16 ft
Bahan konstruksi	= Stainless Steel type 306
Jumlah	= 1 unit

#### Atomizer

Tipe	= Centrifugal dish
Diameter dish	= 0.66 ft
Diameter semprotan rata2	= 0.00164 ft

Kecepatan putaran dish = 10519.6 rpm  
 Kecapatan massa semprot = 151 lb.ft/min  
 Power = 47.9 hp  
 Jumlah atomizer = 1 buah

## 6 Rotary Cooler

Fungsi : menurunkan suhu STPP 350 C menjadi 60 C yang keluar dari *Calciner*

Bahan konstruksi = Carbon steel SA-283 C

Di ketahui data sebagai berikut :

T<sub>1</sub> : Temperature feed = 350 C = 662 F = 623.2 K  
 T<sub>2</sub> : Temperature produk = 60 C = 140 F = 333.2 K  
 T<sub>g1</sub> : Temperature air pendingin masuk = 30 C = 86 F = 303 K  
 T<sub>g2</sub> : Temperature air pendingin keluar = 150 C = 302 F = 423 K

Menentukan Luas Penampang dan Diameter *Rotary Cooler*

Dari perhitungan neraca panas di ketahui:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Udara yang masuk} &= 171.728 \text{ kg/jam} \\ &= 171.728 \times 2.205 \text{ lb/jam} \\ &= 378.595 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan superficial udara (G'G)} = 369 \frac{\text{lb}}{\text{jam ft}^2} \quad (\text{Perry edisi 7 hal 12-55})$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang Rotary Cooler} &= \frac{mG}{G'G} \\ S &= \frac{378.595}{369} \\ &= 1.026 \text{ m}^2 = 11 \text{ ft} \end{aligned}$$

Di ketahui bahwa hubungan luas penampang *Rotary Cooler* (S) dengan diameter *Rotary Cooler* adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Rotary Cooler (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 20,6064}{3,14}} \\ &= 1.14325 \text{ m} = 3.75 \text{ ft} = 45.00 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan koefisien perpindahan panas volumetrik :

$$U_a = \frac{0.5G^{0.67}}{D} \quad \text{Mc Cabe edisi 5 pers 24.28, hal 796}$$

Dengan:

$U_a$  = koefisien perpindahan panas volumetrik

$G$  = Kecepatan superficial udara       $D$  = Diameter rotary cooler

Sehingga di peroleh

$$U_a = \frac{0.5 \times 369^{0.67}}{5.1235} \\ = 6.99623 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{s K}}$$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{306}{1.9} = 161 \text{ F} = 86.1 \text{ C} = 2755.5 \text{ F}$$

Menentukan Panjang Rotary Cooler

$$L = \frac{Q}{(\Delta T)_m \times U_a \times A}$$

Di mana:

$L$  = Panjang rotary cooler

$Q$  = Total panas yang di ambil

Dari neraca panas, di dapatkan data sebagai berikut

$$Q = 273.58627 \text{ kkal/jam} = 19243.856 \text{ BTU/jam} \\ = 80570176.3 \text{ BTU/s}$$

$U_a$  = koefisien perpindahan panas volumetrik

$$= 7 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{s K}}$$

$A$  = Luas permukaan Rotary Cooler

$$= 1.026 \text{ ft}^2$$

$$L = \frac{19243.856}{161.297 \times 6.99623} \\ = 17.053 \text{ ft} \\ = 5.2 \text{ m}$$

### Pengecekan L/D

Syarat Rotary Cooler: L/D = 4 – 10

$$L/D = \frac{5.2}{1.14} = 4.55 \text{ (memenuhi syarat)}$$

### Menentukan Putaran Rotary Cooler (N)

$$N = \frac{Vp}{\pi D}$$

Dimana

N = Putaran Rotary Cooler, rpm

Vp = Kecepatan keliling selongsong = 0.4 m/s = 24 m/menit

D = Diameter inside rotary cooler

$$\begin{aligned} N &= \frac{24}{3.14 \cdot 1.14} \\ &= 6.69 \text{ rpm} = 7 \text{ rpm} \end{aligned}$$

### Menghitung waktu tinggal dalam rotary cooler

$$\theta = \frac{0,23 L}{SN^{0,9}D} + 0,6 \frac{BLG}{F}$$

Slope 8

B = 1

F = rate solid masuk (kg/jam.m<sup>2</sup>) = 167

$\theta = 2.27 \text{ menit}$

$$\tan \dot{\alpha} = S \times L$$

$$\begin{aligned} \dot{\alpha} &= \tan^{-1} (S \times L) \\ &= \tan^{-1} 0.41582 \\ &= 22.8^\circ \end{aligned}$$

### Perhitungan tebal shell

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot e - 0.6 P} + C$$

Dipakai double welded butt joint e = 80 %

tekanan maksimal diijinkan f = 12650 psi

tekanan operasi = atmosfer = 1 atm = 14.7 psi

faktor korosi, c = 0.13

$$\begin{aligned} ts &= \frac{330.74}{10120 - 8.82} \\ &= 0.15771 \text{ in} \end{aligned}$$

memakai tebal shell =  $\frac{3}{16}$  in

Menentukan Daya Rotary Cooler

$$hp = \frac{N x (4,75dw + 0,1925DW + 0,33 We)}{100000}$$

N = Putaran rotary = 7.000 rpm

d = diameter shell = 3.750 ft

w = berat bahan = 5513.27 kg = 12154.67 lb

D = d + 2 = 5.750 ft

W = berat total

Perhitungan berat total :

a. Berat Shell

$$We = \pi/4 x (Do^2 - Di^2) x L x \rho$$

$$Do = \text{diameter luar shell} = 3.78 \text{ ft}$$

$$Di = \text{diameter dalam shell} = 3.75 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang Drum} = 17.1 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{density steel} = 494 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} We &= 14/4 x (3.78^2 - 3.75^2) x 17 x 494 \\ &= 6228 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$hp = \frac{N x (4,75dw + 0,1925DW + 0,33 We)}{100000}$$

$$= (7.000 x (4.75 x 3.750 x 12707.4 + 0.19 x 5.750 x$$

$$\begin{aligned}
 & 6228 + 0.33 \times 6228 ) / 100000 \\
 & = 16.4703 \text{ hp} \\
 \text{Asumsi efisiensi motor } 80\%, \text{jadi power } Rotary \text{ Cooler} & = 21 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

### Spesifikasi Rotary Cooler

Nama Alat	= B-310
Fungsi	= mendinginkan STPP dengan udara pendingin
Jumlah	= 1 buah
Kapasitas	= 5513.27 kg/jam
Diameter Dryer	= 1.143 m
Panjang Dryer	= 5.198 m
Kecepatan Putar	= 7.000 rpm
Kemiringan	= 22.780 °
Power	= 20.588 hp

### 7 Rotary Calciner

Fungsi : Tempat terjadi reaksi polimerisasi dari MSP ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) dan DSP ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) menjadi Sodium Tripolyphosphate ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ )

Kondisi operasi : 1 atm, 350 °C

Bahan : Carbon Steel

Laju alir umpan : 5513.27 kg/jam

Kadar air umpan : 0.005 %

Di gunakan flue gas sebagai media pemanas. Dari neraca panas di ketahui

Kebutuhan flue gas sebanyak = 1648.84 kg/jam

Dari buku gilmour, di gunakan spesifikasi Rotary Calciner:

Diameter = 2.74 m

Panjang = 21.4 m

Dari perhitungan neraca panas di ketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Udara yang masuk} & = 1648.8 \text{ kg/jam} \\
 & = 1648.8 \times 2.205 \text{ lb/jam} \\
 & = 3635.1 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan superficial udara (G'G)} = 369 \frac{\text{lb}}{\text{jam ft}^2}$$

(Perry edisi 7 hal 12-55)

Di ketahui bahwa hubungan luas penampang Rotary Calciner (S)

adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Rotary Calciner (S)} &= S = \frac{\pi}{4} \times 2,74^2 \\ &= 5.89347 \text{ m} = 19 \text{ ft} = \text{##### in}\end{aligned}$$

Menentukan koefisien perpindahan panas volumetrik

$$U_a = \frac{0,5G^{0,67}}{D} \quad \text{Mc Cabe edisi 5 pers 24.28, hal 796}$$

Dengan:

$U_a$  = koefisien perpindahan panas volumetrik

$G$  = Kecepatan superficial udara  $D$  = Diameter rotary calciner

Sehingga di peroleh

$$\begin{aligned}U_a &= \frac{0,5 \times 369^{0,67}}{5.1235} \\ &= 1.36 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{ s K}}\end{aligned}$$

Menentukan Putaran Rotary Calciner (N) 10 – 35

$$N = \frac{Vp}{\pi D}$$

Dimana,

$N$  = Putaran Rotary Calciner, rpm

$Vp$  = Kecepatan keliling selongsong = 0.64 m/s = 38 m/menit

$D$  = Diameter inside rotary calciner

$$\begin{aligned}N &= \frac{38.4}{3.14 \times 2.74} \\ &= 4.46 \text{ rpm} = 5 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Batas kecepatan rotasi *Rotary Calciner* di *Perry* : 0,25 - 5 rpm

(Perry,1999)

Menghitung waktu tinggal dalam rotary cooler

$$\theta = \frac{0,19 L}{SND}$$

$L$  = Panjang Calciner = 70.21 ft

$S$  = Slope = 0.01

D = Diameter Calciner = 19.3 ft

N = Putaran rotary calciner = 5 rpm

$\theta$  = 13.8 menit

### Menentukan Tekanan Design

a. Tekanan ke arah dinding kiln di abaikan karena material termasuk free flowing

b. Tekanan di dalam Calciner hanya terjadi karena gaya gravitasi yaitu berupa tekanan hidrostatik

P design = P operasi + P hidrostatik

P hidrostatik =  $\rho \times g \times h$

$\rho$  = Bulk density material

g = Tetapan gravitasi

h = Diameter Calciner

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= 900 \times 9.8 \times 2.74 \\ &= 24166.80 = 3.5 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 14.70 + 3.50 \\ &= 18.20 \text{ Psi} \end{aligned}$$

Perhitungan tebal shell

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot e - 0.6P} + C$$

Dipakai double welded butt joint e = 80 %

tekanan maksimal diijinkan f = 12650 psi

tekanan operasi = atmosfer = 1 atm = ##### psi

faktor korosi, c = 0.125

$$\begin{aligned} ts &= \frac{2111.36}{10120 - 10.9} \\ &= 0.33386 \text{ in} \end{aligned}$$

Memakai tebal shell =  $\frac{6}{16}$  in

### Menentukan Daya Rotary Calciner

$$hp = \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33We)}{100000}$$

N = Putaran rotary = 5.000 rpm

d = diameter shell = 19.33 ft

$$w = \text{berat bahan} = 5513.27 \text{ kg} = 12154.67 \text{ lb}$$

$$D = d + 2 = 21.33 \text{ ft}$$

W = berat total

Perhitungan berat total :

a. Berat Shell

$$We = \pi/4 \times (Do^2 - Di^2) \times L \times \rho$$

$$Do = \text{diameter luar shell} = 19.36 \text{ ft}$$

$$Di = \text{diameter dalam shell} = 19.33 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang Drum} = 70.2 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{density steel} = 494 \text{ lb/ft}^3$$

$$We = 14/4 \times (19.4^2 - 19.33^2) \times 70 \times 494 \\ = 131736.69 \text{ lb}$$

$$hp = \frac{N \times (4.75dw + 0.1925DW + 0.33 We)}{100000} \\ = 5.000 \times (4.75 \times 19.33 \times 1E+04 + 0.2 \times 21.33 \times 131737 + 0.33 \times 131736.69) / 100000 \\ = 87.5599 \text{ hp}$$

asumsi efisiensi motor 80%, jadi power Rotary Calciner = 109 hp

### Spesifikasi Rotary Calciner

Nama Alat =

Fungsi = Mengkonversi MSP dan DSP menjadi STPP

Jumlah = 1 buah

Kapasitas = 5513.27 kg/jam

Diameter Dryer = 2.74 m

Panjang Dryer = 21.40 m

Kecepatan Putar = 5.00 rpm

Power = 109.45 hp

## 8 Ball Mill

Size, ft.	Ball charge, tons	H.p. to run, r.p.m.	Mill speed, r.p.m.	Capacity, tons/24 hr. (based on medium-hard ore)							
				No. 8 sieve <sup>a</sup>	No. 20 sieve	No. 30 sieve	No. 48 sieve	No. 65 sieve	No. 80 sieve	No. 100 sieve	No. 150 sieve
				20%	35%	50%	60%	70%	80%	85%	90%
				-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200

3 x 3	0.85	5-7	35	19	15	12	10	8	6½	5	4	3
4 x 3	2.71	20-34	30	80	64	53	45	36	28	22	18	14
5 x 4	5.25	14-50	27	180	145	120	102	82	65	51	41	32
6 x 4½	8.00	85-95	24	375	300	250	210	170	135	105	85	66
7 x 5	13.10	135-150	22½	640	510	425	360	300	225	150	145	113
8 x 6	20.2	220-245	21	1100	885	735	625	500	380	310	250	185
9 x 7	30.0	345-380	20	1900	1450	1200	1020	815	635	505	410	315
10 x 10	56.50	700-750	18	3890	2660	2450	2100	1700	1325	1050	850	655
12 x 12	90.5	1280-1450	16½	7125	5725	4750	4070	3200	2510	2055	1650	1275

\*Save through which substantially all the material can pass.

NOTE: To convert horsepower to kilowatts, multiply by 0.746; to convert tons to megograms, multiply by 0.907, and to convert time per 24 hours to megograms per day, multiply by 0.927.

$$\text{Laju Alir Masuk} = 5593.22 \text{ kg/jam}$$

$$= 134.24 \text{ ton/hari}$$

Asumsi : Kapasitas ball mill 10% lebih besar

$$\text{Kapasitas} = 1.1 \times 134.24 \text{ ton/hari}$$

$$= 147.661 \text{ ton/hari}$$

Berdasarkan Tabel 19-6 Perry ed.7th diketahui produk dengan ukuran 100 mesh menggunakan spesifikasi no. 100 pada tabel 20-16

### Kesimpulan Ball Mill

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	: Untuk mengecilkan ukuran atau menyeragamkan ukuran kristal
Kapasitas	: 147.66 ton/hari
Ukuran	: 7 x 5 ft
<i>Ball charge</i>	: 13.1 ton
<i>Mill speed</i>	: 22 1/2 rpm
Power	: 135 hp

### 9 Screen (H-225)

Fungsi : Untuk menyeragamkan ukuran kristal natrium sulfat dengan ukuran 100 mesh

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm  
 Suhu = 31 °C  
 Kapasitas = 5593.22 kg/jam  
 = 12330.94 lb/jam

Jenis : *High speed vibrating screen*

Dengan ukuran partikel sebesar 100 mesh, dari tabel 19-6 Perry 7th edition, diperoleh :

$$\text{Diameter wire (d)} = 0.11 \text{ mm} = 0.004 \text{ in}$$

$$\text{Sieve opening (a)} = 0.149 \text{ mm} = 0.006 \text{ in}$$

Perkiraan kapasitas screen

$$A = \frac{0.4 \times Ct}{Cu \times FOA \times FS} \quad (\text{Eq. 19-7, Perry 7th edition})$$

Ct = Rate bahan yang masuk (lb/jam)

Cu = Kapasitas unit = 0.12 ton/(h.ft<sup>2</sup>)

FOA = Luas bukaan (%) (fig. 19-22, Perry 7th edition)

Fs = Luas faktor slot = 25 (tabel 19-7, Perry 7th edition)

Digunakan parallel ro dock dengan eq. 21-6 fig. 19-22, Perry 7th edition untuk mencari FOA

$$\begin{aligned} FOA &= \frac{100 \times a}{(a + d)} \\ &= \frac{100 \times 0.00587}{(0.00587 + 0.00433)} \\ &= 58 \end{aligned}$$

$$A = 28.579 \text{ ft}^2$$

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 50%

$$\text{Sehingga, luas total} = 42.8686 \text{ ft}^2$$

#### Resume spesifikasi screen (H-225)

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	= Untuk menyeragamkan ukuran kristal natrium sulfat dengan ukuran 100 mesh
Kapasitas	= 12330.94 kg/jam
Tipe	= <i>Vibrating screen</i>
Luas screen	= 42.8686 ft <sup>2</sup>
Jumlah	= 1 buah

#### 10 Cyclone (H-223)

Fungsi : Untuk memisahkan partikel yang terikut udara dari *rotary dryer*

$$\text{Laju alir bahan} = 277.98 \text{ kg/jam}$$

Komponen	Massa (kg)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1616.114	2360	0.68479
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	3801.945	1700	2.23644
H <sub>2</sub> O	2785.575	1000	2.78558

NaOH	2.146	2130	0.00101
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	112.254	2540	0.04419
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	207.563	1880	0.11041
<b>Total</b>	<b>8525.597</b>		<b>5.86242</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas campuran } (\rho_{\text{campuran}}) &= \frac{\text{massa campuran}}{\text{volume campuran}} \\
 &= \frac{8525.597}{5.862} \\
 &= 1454.2806 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 90.165397 \text{ lbm/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$T \text{ udara masuk} = 165 \text{ } ^\circ\text{C} = 329 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas udara } (\rho_{\text{udara}}) &= 1.193 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0.074 \text{ lbm/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Viskositas udara} &= 0.0000184 \text{ kg/m.s} \\
 &= 0.04448 \text{ lbm/ft.jam}
 \end{aligned}$$

Penentuan dimensi cyclone

$$D_{\text{pt,h}} = \sqrt{\frac{9\mu B_c}{\pi N_s V_{\text{in}} (\rho_{\text{campuran}} - \rho_{\text{udara}})}}$$

$D_{\text{pt,h}}$  = Diameter of cyclone (ft)

$\mu_g$  = Gas viscosity (lbm/j.ft)

$B_c$  = Width of rectangular cyclone inlet duct (ft)

$N_s$  = Jumlah putaran aliran gas dalam cyclone

$V_{\text{in}}$  = Gas velocity (ft/s)

(Perry 7th ed. hal 17-30)

Ukuran partikel masuk = ± 10 μm

$V_{\text{in}}$  = 10-20 m/s

Efisiensi = 85% (Coulson vol. 6 hal. 449)

Diambil nilai  $V_{\text{in}}$  = 20 m/s  
= 65.6 ft/s

Maka nilai  $N_s$  = 4.2 (Perry 7th ed. Fig.17038 hal 17-28)

Untuk efisiensi = 85%

$d_{\text{pi}}$  = 4

$D_{p, th}$

(Perry 7th ed. Fig 17-39 hal 17-28)

Diameter partikel masuk ( $d_{pi}$ ) =  $\pm 10 \mu\text{m}$

Diambil nilai  $d_{pi} = 10 \mu\text{m}$

$$= 32.8 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

$$D_{p, th} = 8.2 \times 10^{-6} \text{ ft}$$

Maka nilai  $Bc$  dapat dihitung sebagai berikut

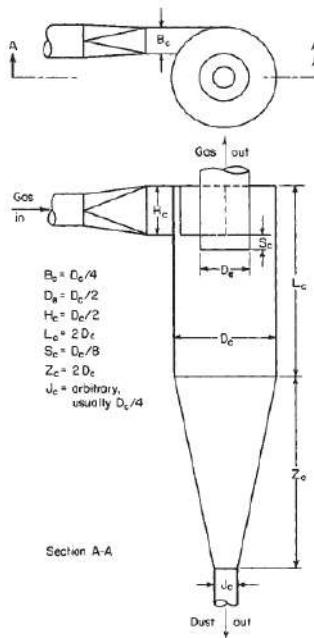
$$D_{pth} = \sqrt{\frac{9\mu Bc}{\pi Ns V_{in} (pcampuran - pudara)}}$$

$$8 \times 10^{-6} = \left[ \frac{9 \times 0.0445 \times Bc}{3.14 \times 4.2 \times 65.6 (90.165 - ####)} \right]$$

$$Bc = 1.596 \text{ ft}$$

$$= 19.1574 \text{ in}$$

$$= 0.4866 \text{ m}$$



Keterangan :

$D_c$  = Cyclone diameter (ft)

$D_e$  = Diameter of cyclone gas exit duct (ft)

$H_c$  = Height of rectangular cyclone inlet duct (ft)

$L_c$  = Length of collecting electrode in direction of gas flow (ft)

Maka, dimensi cyclone dapat dihitung sebagai berikut:

$D_c$  = 6.386 ft = 1.94639 m

$D_e$  = 3.193 ft = 0.97319 m

$H_c$  = 3.193 ft = 0.97319 m

$L_c$  = 12.772 ft = 3.89278 m

$S_c$  = 0.798 ft = 0.2433 m

$Z_c$  = 12.772 ft = 3.89278 m

$J_c$  = 1.596 ft = 0.4866 m

---

#### Resume spesifikasi cyclone (H-223)

---

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi	= Untuk memisahkan partikel yang terikut udara dari <i>Spray dryer</i>
Kecepatan gas masuk	= 20 m/s
Dimensi cyclone	=
$B_c$	= 0.4866 m
$D_c$	= 1.94639 m
$D_e$	= 0.97319 m
$H_c$	= 0.97319 m
$L_c$	= 3.89278 m
$S_c$	= 0.2433 m
$Z_c$	= 3.89278 m
$J_c$	= 0.4866 m
Jumlah	= 1 buah

---

## 11 Tangki penampungan F-215

Fungsi = Sebagai tempat penampungan sebelum masuk ke *spray dryer* (F-215)

Feed rate = 10915.556 kg/jam  
= 261.97335 ton/hari

residence time = 1 jam

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah Silo} &= 1 \\
 \text{kapasitas} &= 10915.556 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam} \\
 &= 10915.556 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Densitas Bahan Masuk

Bahan Baku	Massa	$\rho (\text{kg/m}^3)$	Volume ( $\text{m}^3$ )
H3PO4	236.039	1880	0.1255526
Na2CO3	127.654	2160	0.0590989
NaH2PO4	2013.556	2360	0.8532016
Na2HPO4	4115.586	1700	2.4209331
NaOH	61.017	2130	0.0286464
H2O	4361.705	1000	4.3617047
<b>Total</b>	<b>10915.556</b>		<b>7.8491373</b>

$$\rho_{\text{raw meal}} = 1391 \text{ kg/m}^3 = 86.2 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bahan baku} &= \frac{10915.556 \text{ kg}}{1390.6695 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 7.84914 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bahan baku} = 0.9 \times \text{Volume Total}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total} &= \frac{\text{Volume bahan baku}}{0.9} \\
 &= \frac{7.84914}{0.9} \\
 &= 8.72126 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

### Dimensi Tangki penampung :

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas flange only dan tutup bawah conical dengan sudut puncak  $150^\circ$

$$\text{Sudut puncak} = 150^\circ$$

Asumsi dimensi tinggi silinder / diameter bekana ( Hs / D ) = 1.3

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Hs \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 1 \quad D
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1 \quad D^3 \\ \text{Volume Conical} &= \frac{x D^3}{24 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)} \\ &= 0 \quad D^3 \end{aligned}$$

Vol tutup atas tidak dihitung karena flange only flat

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{Volume Silinder} + \text{Volume Conical} \\ 8.721263753 &= 0.98 D^3 + 0 D^3 \\ &= 1.02 D^3 \\ D^3 &= 8.58133 \\ D &= 2.04732 \text{ m} = 80.6028 \text{ in} = 6.7 \text{ ft} \\ H_s &= 1 \times D \\ &= 1 \times 2 \\ &= 2.55914 \text{ m} = 100.754 \text{ in} \end{aligned}$$

### Menghitung tutup bawah :

$$\begin{aligned} \text{tinggi conical (Hc)} &= \frac{\text{ID}}{2 \times \operatorname{tg}(\alpha/2)} \\ &= 0.27 \text{ m} \\ &= 10.8 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tinggi total bejana (H)} &= \text{tinggi bejana} + \text{tinggi conical} \\ &= 2.56 + 0 \\ &= 2.83 \text{ m} \\ &= 112 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume conical} &= \frac{\pi \times D^3}{4 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)} \\ &= \frac{3.14 \times 2.05^3}{24 \times \operatorname{tg}(0.5 \times 150)} \\ &= 4.19006 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ bahan dalam} &= \text{volume total bahan} - \text{volume conical} \\ &= 7.8491374 - 4.190063378 \\ &= 3.65907 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tinggi bahan} &= \frac{\text{volume bahan dalam silinder}}{\pi/4 \times D^2} \\ \text{dalam silinder} &= \frac{3.65907}{3.29033} \\ &= 1.11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tinggi bahan} &= \text{tinggi bahan dalam silinder} + \text{tinggi conical} \end{aligned}$$

$$\text{dalam bejana (Hb)} = 1.11 + 0.274288334 \\ = 1.39 \text{ m}$$

### Menentukan Tekanan Design (Pd)

Tekanan operasi sama dengan tekanan atmosfer ditambah dengan tekanan parsial bahan:

$$\begin{aligned} P_{\text{bahan}} &= \rho_{\text{bahan}} \times g \times Hb \\ &= 1390.6695 \times 9.8 \times 1.38636 \\ &= 18894.058 \text{ Pa} \\ &= 2.73964 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_d &= 14.7 + P_{\text{bahan}} \\ &= 14.7 + 3 \\ &= 17.4396 \text{ psi} \end{aligned}$$

### Menentukan ketebalan silinder

$$ts = \frac{P_d \times ID}{2(fE - 0.6 P_d)} + C \quad (\text{Kusnarjo, 15})$$

(Brownell & Young, hal. 254)

$$f = 45000 \text{ psi} \quad (\text{Brownell & Young, 251}), C = \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$E = 0.8 \quad (\text{Brownell & Young, 254})$$

$$\begin{aligned} ts &= \frac{17.43963836}{2 \times (36000 - 0.6 \times 17.44)} + \frac{1}{16} \\ &= 0.08203 \text{ in} \\ &= \frac{1.31247}{16} = \frac{2}{16} \text{ in} \quad (\text{Brownell & Young, 91}) \\ &= 0.00318 \text{ m} \end{aligned}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$OD = 80.6028 + 2 \times 0.13$$

$$OD = 80.8528 \text{ in} = 2.05 \text{ m}$$

### Menentukan ketebalan tutup bawah

$$tb = \frac{P_d \times ID}{2 \cos(\alpha/2)(fE - 0.6 P_d)} + C$$

$$\begin{aligned} tb &= \frac{17.43963836}{2 \times (36000 - 0.6 \times 17.44)} + \frac{1}{16} \\ &= 0.08 \text{ in} \\ &= \frac{1.31247}{16} = \frac{2}{16} \text{ in} \\ &= 0.00318 \text{ m} \end{aligned}$$

---

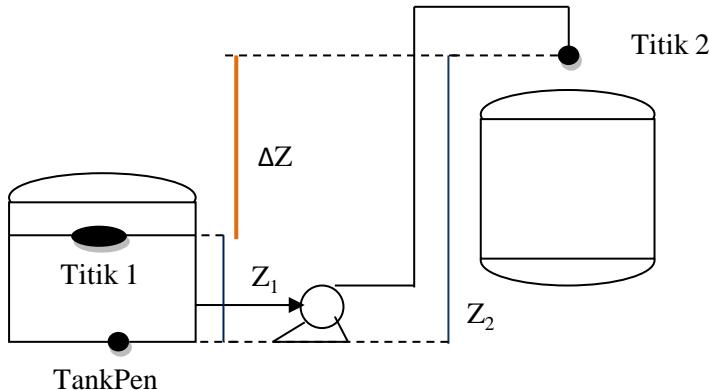
**Spesifikasi Tangki penampung :**

---

Jenis Tutup Atas dan Bawah	= Tutup atas Flange Only dan tutup bawah conical
Jenis Material	= <i>Carbon Steel SA-285A</i>
Tipe Las	= <i>Double welded butt joint</i>
Total Material	= 10915.556 kg
Kapasitas Tangki	= 8.72 m <sup>3</sup>
Jumlah	= 1 buah
Tinggi Shell Silo	= 2.56 m
Tinggi Konis	= 0.27 m
Diameter Tangki	= 2 m
Tebal Silinder	= 1/8 in
Tebal tutup bawah	= 1/8 in

---

## 12 Pompa Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



Massa Jenis Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	=	2.540 g/cm <sup>3</sup>	=	158.572 lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	=	2.050 mPa.s	=	0.001 lb/ft.s
Rate masuk	=	60228.530 kg/hari	=	132781 lb/hari = 36.884 lb/s
Rate volumetrik	=	$m/\rho = 0.233 \text{ ft}^3/\text{s}$	=	104.397 gal/min

Asumsi Aliran Turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{Di optimum} &= 3.9 \times (Q)^{0.45} \times (\rho)^{0.13} = 3.9 \times (0.233)^{0.45} \times (158.572)^{0.13} \\
 &= 41.7069 \text{ in} = 1.05936 \text{ m} \\
 &\text{digunakan pipa 8 in sch 40} \\
 \text{Inside Diameters} &= 7.981 \text{ in} = 0.203 \text{ m} = 0.665 \text{ ft} \\
 \text{Luas area} &= \pi.r^2 = \pi/4.D^2 = \pi/4 \times 0.203^2 = 0.129 \text{ m}^2 \\
 &= 1.389 \text{ ft}^2 \\
 \text{Kecepatan Alir} &= \frac{Q}{A} = \frac{0.233}{1.389} = 0.167 \text{ ft/s} = 0.051 \text{ m/s} \\
 NRe &= \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \\
 &= 12821.437
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Friksi

#### 1. Friksi Sudden Contraction

$$\begin{aligned}
 hc &= \frac{Kc \times v^2}{2\alpha} \\
 kc &= 0.550 \\
 hc &= \frac{(0.550 \times 0.167^2)}{2} \\
 &= 0.008 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

#### 2. Friksi pipa lurus

Panjang pipa lurus diperkirakan = m = 25 m

Bahan pipa adalah commercial steel

dengan  $\epsilon = 0.000046$

Dari geankoplis Fig 2.20-3 diperoleh  $f = 0.005$

$$\begin{aligned}
 Ff &= \frac{4f \times v^2 \times L}{2 \times D} \\
 &= \frac{(4 \times 0.005 \times 0.051^2 \times 25)}{(2 \times 0.203)} \\
 &= 0.003 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Friksi karena belokan dan valve

$$\begin{aligned}
 Hf &= 3(Kf \times v^2)/2 + (Kf \times v^2)/2 \\
 kf elbow &= 0.750 \\
 kf valve &= 9.500 \\
 Hf &= 3 \times (0.750 \times 0.051^2 / 2) + (9.5 \times 0.051^2 / 2) \\
 &= 0.000 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

### 4. Friksi Karena Ekspansi

$$\begin{aligned}
 hex &= \frac{Kex \times v^2}{2\alpha} \\
 kex &= (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} \\
 hex &= \frac{(1.670 \times 0.1^2)}{2 \times 1} \\
 &= 0.014 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Jadi friksi pada pipa,

$$\begin{aligned}
 \Sigma Fs &= hc + Ff + hf + hex \\
 &= 2.017 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Hukum Bernaulli :

$$Z_1 g + P_1/\rho_1 + (v_1/2a)^2 - Ws - \Sigma F = Z_2 g + P_2/\rho_2 + (v_2/2a)^2$$

diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{ketinggian cairan di tangki penyimpan (h}_1\text{)} &= 8.072 \text{ ft} \\
 \text{ketinggian pipa masuk reaktor (h}_2\text{)} &= 5.000 \text{ m} = 16.042 \text{ ft} \\
 \text{Kecepatan gravitasi (g)} &= 32.150 \text{ ft/s}^2 \\
 \text{massa jenis Na}_2\text{CO}_3 \text{ di tangki penyimpan} &= 158.572 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{massa jenis Na}_2\text{CO}_3 \text{ di reaktor} &= 158.572 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Tekanan suction (P}_1\text{)} &= \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = 41151.3 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Tekanan discharge (P}_2\text{)} &= \rho_2 \cdot g \cdot h_2 = 81783.4 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ws &= 515.7487 + 515.749 - 259.512 - 259.512 + 2.017 \\
 &= 514.4915 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= 80\% \text{ (timmerhause)} \\
 Wp &= Ws/\text{efisiensi} \\
 &= 643.114 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump kW power} &= \frac{W_p \times m}{1000} = (643.114 \times 3860.80) / 1000 \\ &= 2482.94 \text{ w} = 2.483 \text{ kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 80\% \\ \text{Power Motor} &= 3.104 \text{ kw} = 4.162 \text{ hp} \end{aligned}$$

### Spesifikasi alat

Nama	=	Pompa L-121
Fungsi	=	Memompa larutan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dari tangki penyimpanan menuju H. Exchanger
Tipe	=	Centrifugal pump
Jumlah	=	1
Kapasitas	=	0.827 ft <sup>3</sup> /s
Power	=	3.3 Hp

### 13 Screw Conveyor (J-421)

Perry table 21-6 page 21-8

Bahan yang dipindahkan adalah campuran *sodium tripolyphosphate* menurut perry 7th ed. Pada tabel 21-5 menggunakan area terisi material 30% komponen yang dipindahkan adalah :

Komponen	kg/jam	Massa jenis	Volume (m <sup>3</sup> )
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	92.054	2.360	39.006
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	5251.520	2.520	2083.936
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	181.365	2.530	71.686
H <sub>2</sub> O	27.764	0.977	28.417
NaOH	2.388	2.130	1.121
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.465	2.540	0.183
Total	5555.555		2224.349

$$\begin{aligned} \text{Volume per jam} &= 2224.349 \text{ m}^3 \\ &= 78552.159 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

**TABLE 21-5 Screw-Conveyor Capacities and Loading Conditions\***

Material class†	Screw diam., in	Max. lump size, in		Capacity, cu ft/hr‡		Approx. area occupied by material¶
		25% lumps	100% lumps	At 1 rpm.	At max. rpm.§	
A, B, C, D, and H 16, 26, 36	6	¾	½	2.27	375	
	9	1½	¾	8.0	1,200	
	12	2	1	19.3	2,700	
	14	2½	1¼	30.8	4,000	
	16	3	1½	46.6	5,600	
	18	3	2	66.1	7,600	
	20	3½	2	95.0	10,000	
A, B, C, D, and H 17, 27, 37	6	¾	½	1.5	75	
	9	1½	¾	5.6	280	
	12	2	1	13.3	665	
	14	2½	1¼	21.1	1,055	
	16	3	1½	31.4	1,570	
	18	3	2	45.4	2,270	
	20	3½	2	62.1	3,105	
A, B, C, D, and H 18, 28, 38	6	¾	½	0.75	25	
	9	1½	¾	2.8	90	
	12	2	1	6.7	200	
	14	2½	1¼	10.5	300	
	16	3	1½	15.7	425	
	18	3	2	22.7	590	
	20	3½	2	31.1	780	

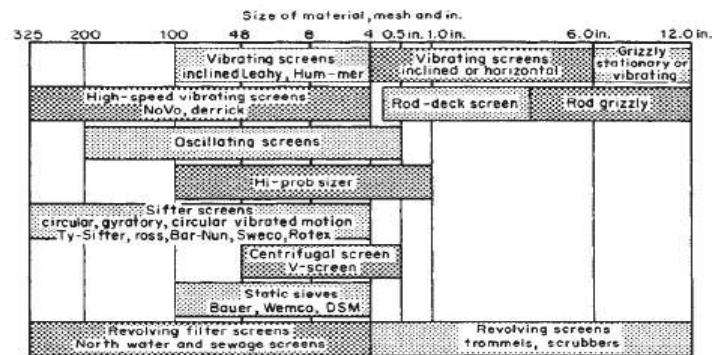
**TABLE 21-6 Screw-Conveyor Data for 50-lb/ft³ Material and Pipe-Mounted Sectional Spiral Flights\***

Capacity†	Diam. of flights, in	Diam. of pipe, in‡	Diam. of shafts, in	Hanger centers, ft	Max. size of lumps			Speed, r/min	Max. torque capacity, in-lb	Feed section diam., in	hp at motor§				Max. hp capacity at speed listed	
					All lumps	Lumps 20 to 25%	Lumps 10% or less				15-ft. max. length	30-ft max. length	45-ft max. length	60-ft max. length		
5	200	9	2½	2	10	¾	1½	40	7,600	6	0.43	0.85	1.27	1.69	2.11	4.8
10	400	10	2½	2	10	¾	1½	55	7,600	9	0.85	1.69	2.25	3.00	3.75	6.6
15	600	10	2½	2	10	¾	1½	80	7,600	9	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	9.6
		12	2½	2	12	1	2	45	7,600	10	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	5.4
		12	3½	3					16,400		1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	11.7
20	800	12	2½	2	12	1	2	60	7,600	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	7.2
25	1000	12	2½	2	12	1	2	75	7,600	10	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0
		12	3½	3	12	1½	2½	45	16,400	12	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	11.7
		14	3½	3					16,400		2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	14.3
30	1200	14	3½	3	12	1½	2½	55	16,400	12	2.25	3.94	5.05	6.75	7.50	14.3
35	1400	14	3½	3	12	1½	2½	65	16,400	12	2.62	4.58	5.90	7.00	8.75	16.9
40	1600	16	3½	3	12	1½	3	50	16,400	14	3.00	4.50	6.75	8.00	10.00	13.0

Kapasitas yang dibutuhkan = 5.556 ton/h  
 untuk itu dipakai kapasitas conveyor = 5 ton/h

diameter flight	= 9.000 in
diameter pipa tengah	= 2.500 in
diameter shaft	= 2.000 in
Panjang hanger penyanga	= 10.000 ft
kecepatan putar	= 40.000 r/min
diameter lubang feed	= 6.000 in
Panjang screw conveyor	= 30.000 ft
Power	= 0.850 hp

## 14 Vibrating Screen (H-513)



**FIG. 19-14** Range of separations that can be obtained with various kinds of screens. To convert inches to meters, multiply by 0.0254. [Matthews, Chem. Eng. (Feb. 15, 1971).]

### Spesifikasi Screen

Jenis	= Single Deck Rotary Vibrating Screen
Amplitudo	= 4 mm
Vibrating Frequency	= 1710 /minute 60 Hz
Ukuran Screen	= 200 mesh
Pencegahan Gumpalan	= Menggunakan Tapping Ball

## 15 Belt Conveyor (J-112)

**TABLE 21-7** Belt-Conveyor Data for Troughed Antifriction Idlers\*

Belt width in. (cm)	Cross-sectional area of load in. <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Belt speed, ft/min (m/min)		Belt plies		Maximum lump size, in (mm)		Belt speed, ft/min (m/min)	Capacity and hp for 100-lb/ft <sup>3</sup> material			Add for tripper hp†	
		Normal	Maximum	Minimum	Maximum	Sized material, 80% under	Unsized material, not over 20%		Capacity tons/h (metric tons/h)	hp/10-ft (3.05-m) lift	hp/100-ft (30.48-m) centers		
14 (35)	0.11 (.010)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.0 (51)	3.0 (76)	100 (30.5)	32 (29)	0.34	0.44		
								200 (61.0)	64 (58)	0.68	0.68	2.0	
								300 (91.5)	96 (87)	1.04	1.32		
								100 (30.5)	44 (40)	0.46	0.56		
								200 (61.0)	88 (80)	0.90	1.12	2.5	
								300 (91.5)	132 (120)	1.36	1.68		
16 (40)	0.14 (.013)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.5 (64)	4.0 (102)	100 (30.5)	54 (49)	0.58	0.70		
								200 (61.0)	100 (92)	1.02	1.20		
								300 (91.5)	134 (122)	1.42	1.76	3.0	
18 (45)	0.18 (.017)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.0 (76)	5.0 (127)	100 (30.5)	382 (350)	4.08	4.04		
								250 (76.2)	164 (148)	1.72	2.06		
								350 (106.7)	230 (209)	2.44	2.90		
20 (50)	0.22 (.020)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.5 (89)	6.0 (152)	100 (30.5)	158 (143)	1.60	1.50		
								250 (76.2)	164 (148)	1.72	2.06		
								350 (106.7)	230 (209)	2.44	2.90		
24 (60)	0.33 (.030)	300 (91)	400 (122)	4	7	4.5 (114)	8.0 (203)	100 (30.5)	98 (89)	1.02	1.02		
								300 (91.5)	284 (267)	3.06	3.04	3.5	
30 (75)	0.53 (.040)	300 (91)	450 (137)	4	8	7.0 (178)	12.0 (305)	100 (30.5)	400 (121.9)	4.08	4.04		
								300 (91.5)	474 (430)	4.80	4.50		
								450 (137.2)	710 (645)	7.20	6.74		
36 (90)	0.78 (.072)	400 (122)	600 (183)	4	9	8.0 (203)	15.0 (381)	100 (30.5)	400 (121.9)	2.44	1.59		
								400 (121.9)	920 (835)	9.74	6.36	7.0	
								600 (182.9)	1380 (1253)	14.60	9.52		
42 (105)	1.09 (.101)	400 (122)	600 (183)	4	10	10.0 (254)	18.0 (457)	100 (30.5)	400 (121.9)	3.50	2.28		
								400 (121.9)	1320 (1198)	14.00	9.12		
48 (120)	1.46 (.136)	400 (122)	600 (183)	4	12	12.0 (305)	21.0 (533)	100 (30.5)	600 (182.9)	1950 (1797)	23.20	13.68	
								400 (121.9)	1760 (1598)	18.70	12.14	12.8	
54 (135)	1.90 (.177)	450 (137)	600 (183)	6	14	14.0 (356)	24.0 (610)	100 (30.5)	600 (182.9)	2640 (2357)	28.00	18.20	
								450 (137.2)	570 (517)	6.04	3.94		
60 (150)	2.40 (.223)	450 (137)	600 (183)	6	16	16.0 (406)	28.0 (711)	100 (30.5)	450 (137.2)	2564 (2328)	27.20	17.70	20.0
								600 (182.9)	3420 (3105)	36.20	23.60		
								600 (182.9)	720 (654)	7.64	4.98		
								450 (137.2)	3240 (2941)	34.40	22.40		
								600 (182.9)	4320 (3921)	45.80	20.00		

\*Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. Metric conversion is rounded off. For inclined conveyors, add lift horsepower to center horsepower for total horsepower. For terminals multiply horsepower by the following factors: 0-50 ft (15.2 m), 1.20; 51-100 ft (30.5 m), 1.10; 101-150 ft (45.7 m), 1.05. For countershaft drives, multiply horsepower by 1.05 for each reduction (cut gears).

†Tripper horsepower is based on material bulk density of 100 lb/ft<sup>3</sup> (1502 kg/m<sup>3</sup>) and a belt speed of 300 ft/min (91.4 m/min).

**16 Belt Conveyor (J-112)**

Komponen yang dipindahkan

Komponen	kg/jam	Massa jenis	Volume
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2534.366	2.540	997.782
<b>Total</b>	<b>2534.366</b>		<b>997.782</b>

$$\text{Sehingga densitas campuran} = 2.540 \text{ kg/m}^3 = 0.159 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Memakai belt conveyor dengan lebar} = 14.000 \text{ in}$$

$$\text{Cross sectional area} = 0.110 \text{ ft}^2$$

$$\text{Belt speed} = 12.970 \text{ ft/min}$$

$$\text{Belt Plies} = 3.000$$

Tenaga penggerak :

$$\text{Diketahui per 100 ft horizontal} = 0.230 \text{ hp}$$

$$\text{Perkiraan panjang} = 20.000 \text{ ft} \\ \text{sehingga hp yang diperlukan} = 0.046 \text{ hp}$$

$$\text{Tenaga tambahan untuk tripper} = 2.000 \text{ hp}$$

$$\text{Tenaga total yang diperlukan} = 2.046 \text{ hp}$$

Resume

Parameter	Keterangan	
Lebar belt conveyor	14.000	in
Cross sectional area	0.110	ft <sup>2</sup>
Belt plies	3.000	
Belt speed	12.970	ft/min
Power	3.000	hp
Panjang	20.000	ft

**17 Belt Conveyor (J-514)**

Komponen yang dipindahkan

Komponen	kg/jam	Massa jenis (g/cm3)	Volume
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	107.396	2.360	45.507
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0	0.500	0.000
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6126.773	2.520	2431.259
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	211.592	2.530	83.633
Air	32.391	0.977	33.154
NaOH	2.786	2.130	1.308
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.542	2.540	0.213
<b>Total</b>	<b>6481.48</b>		<b>2594.860621</b>

Sehingga densitas campuran	=	2.498 kg/m <sup>3</sup>	=	0.156 lb/ft <sup>3</sup>
Memakai belt conveyor dengan lebar	=	14.000 in		
Cross sectional area	=	0.110 ft <sup>2</sup>		
Belt speed	=	12.970 ft/min		
Belt Plies	=	3.000		

Tenaga penggerak :

Diketahui per 100 ft horizontal	=	0.230 hp		
Perkiraan panjang	=	20.000 ft	sehingga hp yang diperlukan	= 0.046 hp
Tenaga tambahan untuk tripper	=	2.000 hp		
Tenaga total yang diperlukan	=	2.046 hp		

### Resume

Parameter	Keterangan		
Lebar belt conveyor	14.000	in	
Cross sectional area	0.110	ft <sup>2</sup>	
Belt plies	3.000		
Belt speed	12.970	ft/min	
Power	3.000	hp	
Panjang	20.000	ft	

## 18 Bucket Elevator (J-512)

TABLE 21-8 Bucket-Elevator Specifications for Centrifugal-Discharge Buckets on Belt, Malleable-Iron, or Steel Buckets\*

Size of bucket, in (mm), and bucket spacing, in (mm)†	Elevator centers, ft‡	Capacity, tons/h (metric tons/h)§	Size of lumps handled, in (mm)¶	Bucket speed, ft/min (m/min)	n/min, head shaft	hp required at head shaft	Additional hp/ft for intermediate lengths	Head	Tail	Head	Tail	Belt width, in
6 x 4 x 4 1/4 - 12	25	14 (12.7)	1/4 (19.0)	225 (68.6)	43	1.0	0.02	1 1/16	1 1/16	20	14	7
(152 x 102 x 108) - (305)	50	14 (12.7)	1/4 (19.0)	225 (68.6)	43	1.6	0.02	1 1/16	1 1/16	20	14	7
8 x 5 x 5 1/2 - 14	25	27 (24.5)	1 (25.4)	225 (68.6)	43	2.1	0.02	1 1/16	1 1/16	20	14	7
(203 x 127 x 140) - (356)	50	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	3.5	0.05	1 1/16	1 1/16	24	14	9
10 x 6 x 6 1/4 - 16	25	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	4.8	0.05	2 7/16	1 1/16	24	14	9
(254 x 152 x 159) - (406)	50	45 (40.8)	1 1/4 (32.0)	225 (68.6)	43	3.0	0.063	1 1/16	1 1/16	20	16	11
12 x 7 x 7 1/4 - 18	25	52 (47.2)	1 1/4 (32.0)	260 (79.2)	41	5.2	0.07	2 7/16	1 1/16	24	16	11
(305 x 178 x 184) - (457)	75	52 (47.2)	1 1/4 (32.0)	260 (79.2)	41	7.2	0.07	2 7/16	1 1/16	24	16	11
14 x 7 x 7 1/4 - 18	25	75 (68.1)	1 1/2 (38.1)	260 (79.2)	41	4.7	0.1	2 7/16	1 1/16	24	18	13
(355 x 179 x 184) - (457)	50	84 (76.3)	1 1/2 (38.1)	300 (91.4)	38	8.9	0.115	2 7/16	1 1/16	30	18	13
16 x 8 x 8 1/2 - 18	25	84 (76.3)	1 1/2 (38.1)	300 (91.4)	38	11.7	0.115	3 7/16	2 7/16	30	18	13
(406 x 203 x 216) - (457)	50	100 (90.8)	1 1/4 (44.5)	300 (91.4)	38	7.3	0.14	2 7/16	2 7/16	30	18	15
(406 x 203 x 216) - (457)	75	100 (90.8)	1 1/4 (44.5)	300 (91.4)	38	11.0	0.14	3 7/16	2 7/16	30	18	15
(406 x 203 x 216) - (457)	25	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	14.3	0.14	3 7/16	2 7/16	30	18	15
(406 x 203 x 216) - (457)	50	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	8.5	0.165	2 7/16	2 7/16	30	20	18
(406 x 203 x 216) - (457)	75	150 (136.2)	2 (50.8)	400 (121.9)	38	12.6	0.165	3 7/16	2 7/16	30	20	18

\*From Stephens-Adamson Division, Allis-Chalmers Corporation.

†Bucket size given: width x projection x depth. Assumed bucket linear speed is 150 ft/min (45.7 m/min).

‡Elevator centers to nearest SI equivalent are 25 ft ≈ 8 m, 50 ft ≈ 15 m, and 75 ft ≈ 23 m.

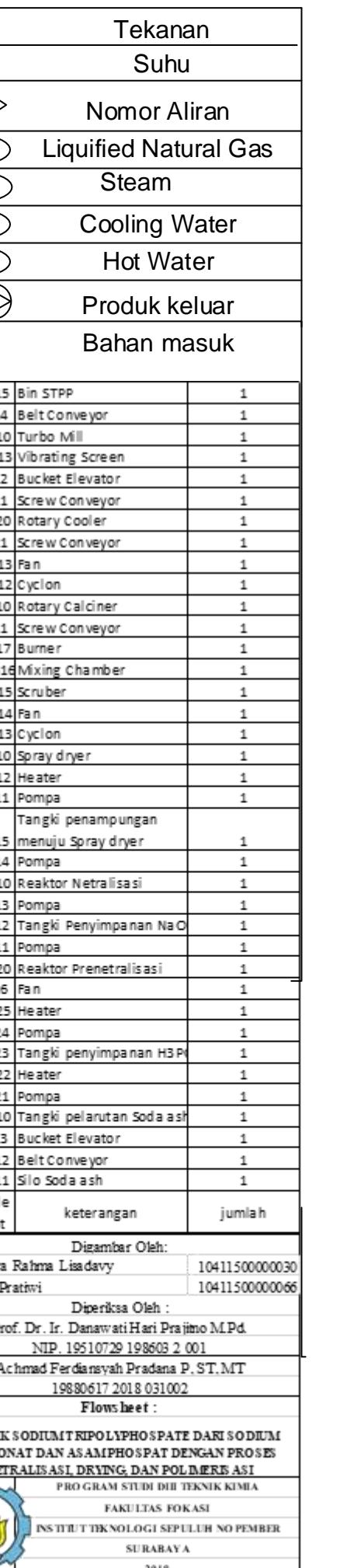
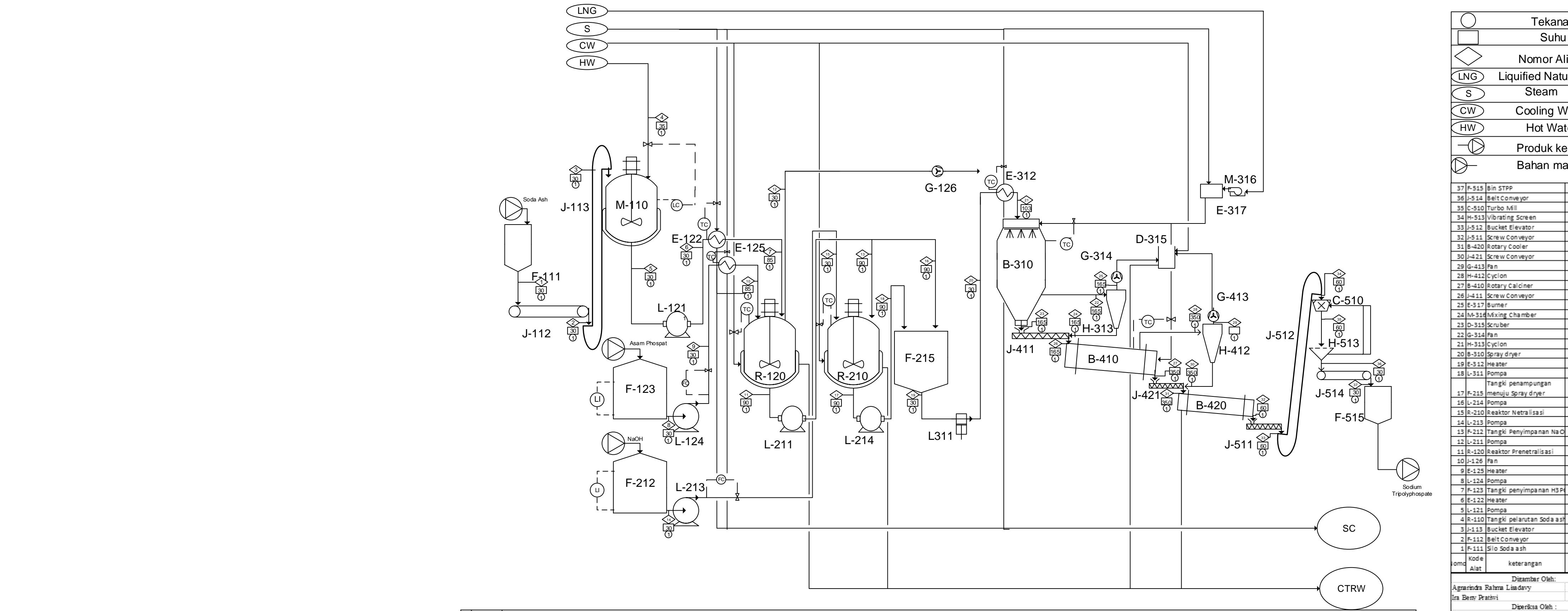
§Capacities and horsepower are given for materials having bulk densities of 100 lb/ft<sup>3</sup> (1602 kg/m<sup>3</sup>). For other densities these will vary in direct proportion: a 50-lb/ft<sup>3</sup> material will reduce the capacity and horsepower required by 50 percent.

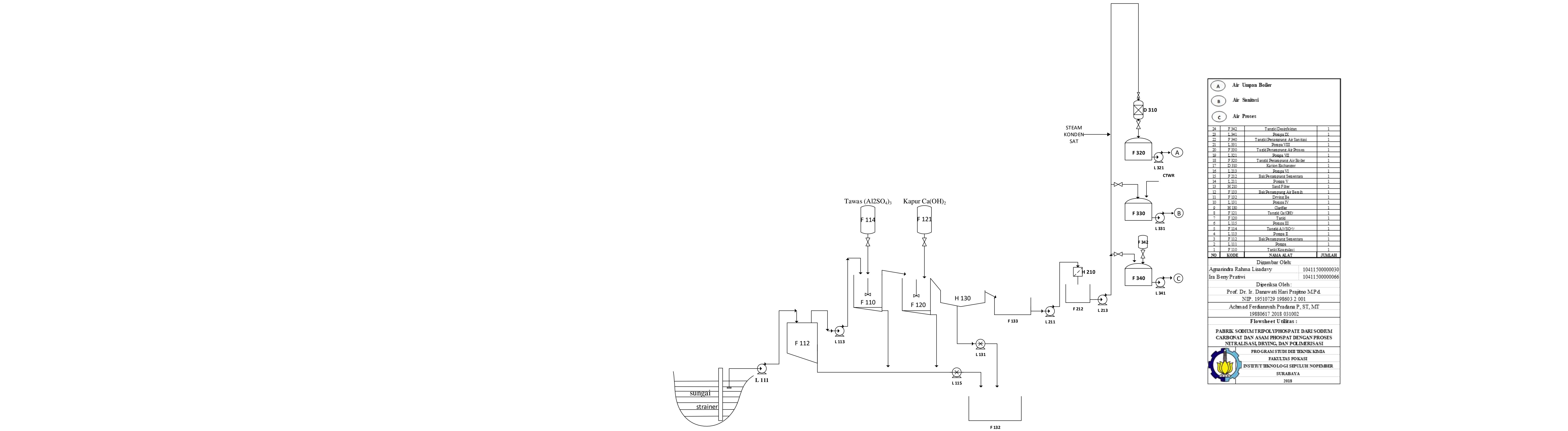
¶If the amount of lump product is less than 15 percent of the total, lump size may be twice that given.

Jenis Bucket Elevator yang digunakan adalah *Centrifugal-discharge*  
Komponen yang dipindahkan

Komponen	Kg/jam
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	107.396
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0
Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	6126.773
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	211.592
Air	32.391
NaOH	2.786
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.542
<b>Total</b>	<b>6481.480</b>

Tinggi bucket elevtor = 25.000 ft  
 Bucket speed = 0.045 ft/min  
 Head shaft = 1.000 r/min  
 Hp required at head shaft = 1.000 hp





## BIODATA PENULIS

### Penulis I



Agnarindra Rahma Lisadavy, lahir tanggal 7 Juni 1997 di Ponorogo, Jawa Timur. Setelah menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Sidoarjo pada tahun 2015, penulis melanjutkan studi di D-III Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS Surabaya) pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 2315 030 030. Selama kuliah, penulis pernah aktif berorganisasi sebagai staff di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM), periode kepengurusan 2016/2017, staff di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknologi Industri ITS dalam Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM), periode kepengurusan 2016/2017, staff ahli di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam pada Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) periode kepengurusan 2017/2018. Penulis juga merupakan Pemandu Vokasi dan pernah mengikuti LKMM hingga tingkat LKMM-TM.

Alamat e-mail penulis :

[agnarindra01@gmail.com](mailto:agnarindra01@gmail.com)

## **Penulis II**



Ira Beny Pratiwi, lahir tanggal 29 Maret 1997 di Blora, Jawa Tengah. Setelah menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Tunjungan – Blora pada tahun 2015, penulis melanjutkan studi di D-III Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS Surabaya) pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 2315 030 066. Selama kuliah, penulis pernah aktif berorganisasi sebagai staff di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam Departemen Komunikasi dan Informasi (KOMINFO), periode kepengurusan 2016/2017, staff di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknologi Industri ITS dalam Departemen Komunikasi dan Informasi (KOMINFO), periode kepengurusan 2016/2017, dan sebagai Ketua Devisi Mendia Informasi di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam Departemen Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) periode kepengurusan 2017/2018. Penulis juga pernah mengikuti LKMM hingga tingkat LKMM-TD.

Alamat e-mail penulis :

[irabenypratiwi@yahoo.com](mailto:irabenypratiwi@yahoo.com)

[irabeny1997@gmail.com](mailto:irabeny1997@gmail.com)