



TUGAS AKHIR - TK145501

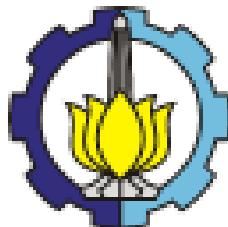
PABRIK NATRIUM TRIPOLIFOSFAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES DUA TAHAP PENGERINGAN

VYRGIE ANDINI PUTRADHI
NRP. 10411500000045

RIZKA NISA HANIFAH
NRP. 10411500000054

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

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
TEKNIK KIMIA INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – TK145501

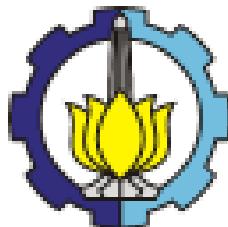
**PABRIK NATRIUM TRIPOLIFOSFAT DARI NATRIUM
HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES
DUA TAHAP PENGERINGAN**

VYRGIE ANDINI PUTRADHI
NRP. 10411500000045

RIZKA NISA HANIFAH
NRP. 10411500000054

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

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



FINAL PROJECT – TK145501

SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE PLANT FROM SODIUM HYDROXIDE AND PHOSPHATE ACID WITH TWO STAGE PROCESS

VYRGIE ANDINI PUTRADHI
NRP. 10411500000045

RIZKA NISA HANIFAH
NRP. 10411500000054

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

DEPARTEMEN OF INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of VOCATIONAL
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PABRIK Natrium Tripolifosfat Dari Natrium
Hidroksida dan Asam Fosfat dengan Proses Dua Tahap
PENGERINGAN

TUGAS AKHIR

Dibuatkan Gunna Memenuhi Salat Sebu Syamsi
Memperoleh Gelar Ahli Madya

pada

Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Vyegie Andini Putradhi

(NRP 19411500000045)

Ricka Nisa Hanifah

(NRP 19411500000054)

Dilengkapi oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Damayanti Hari P., M.Pd

NIP. 19500729 198403 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri



SURABAYA, 24 JULI 2018

LEMBAR REVISI

Telah diperlakukan dan disetujui selesai hasil ujian tugas akhir pada 2 Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul "Pabrik Natrium Tripotifosfat dari Natrium Hidroksida dan Asam Fosfat dengan Dua Tahap Pengeringan", yang disusun oleh :

Vyrgie Andini Putradhi
Riska Niisa Hanifah

(NRP 10411500000429)
(NRP 1041150000054)

Disediakan oleh Tim Pengawas Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Agung Subiyakto, M.S.
2. Ir. Sudji Setiawan, MT



Disediakan oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Donawati Hari P., M.Pd.



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 Natrium Tripolifosfat dari Natrium Hidroksida dan Asam Fosfat dengan Proses Dua Tahap Pengeringan**. 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 pengerjaan 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 Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. dan Bapak Ir. Budi Setiawan MT. selaku Dosen Pengujii Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia

Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. dan Bapak Ir. Agung Subyakto MS. selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2015 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. 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, 27 Juli 2018

TTD

Penulis

PABRIK NATRIUM TRIPOLIFOSFAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES DUA TAHAP PENGERINGAN

Nama Mahasiswa : Vyrgie Andini Putradhi 10411500000045
Rizka Nisa Hanifah 10411500000054
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

ABSTRAK

Sodium Tripolyphosphate banyak digunakan dalam industri detergen. Jumlah permintaan yang terus meningkat dan pabrik penghasil STPP hanya ada satu di Indonesia. Semakin besarnya kebutuhan STPP di Indonesia, sedangkan di Indonesia masih memiliki produsen tunggal memberikan peluang untuk didirikannya pabrik Sodium Tripolyphosphate (STPP) di Indonesia.

Secara umum, proses pembuatan Sodium Tripolyphosphate (STPP) terdiri dari 2 proses, yaitu The Hoechst-Knapsack Process dan Two stage process. Proses dua tahap pengeringan dipilih karena dapat memberikan konversi yang tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Awalnya, natrium hidroksida dan asam fosfat direaksikan pada tangki reaktor. Reaktor yang digunakan ada dua yang pada masing-masing reaktor memiliki reaksi yang berbeda dan suhu reaktor dijaga konstan pada suhu 100°C. Produk yang dihasilkan berupa larutan orthophosphate yang selanjutnya dikeringkan dengan dua tahap pengeringan, yaitu dengan menggunakan spray dryer dan rotary kiln. Setelah melalui tahap kalsinasi, tahap selanjutnya adalah penggilingan akhir menggunakan ball mill. Di dalam ball mill, padatan STPP akan dihaluskan sehingga memiliki ukuran ±100 mesh. Padatan yang lolos akan masuk silo kemudian pengemasan

Pabrik Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang akan didirikan berkapasitas 45.000 ton/tahun diambil dari 30% dari kebutuhan di tahun 2020. Pabrik STPP direncanakan didirikan di Cilegon, Jawa Barat. STPP umumnya digunakan untuk builder dalam pembuatan detergen, bahan pengawet untuk makanan, dan meningkatkan kualitas material secara teknis. Pabrik ini menggunakan bahan baku Natrium Hidroksida dari PT. Asahimas Chemical, serta Asam Fosfat dari Guizhou Sino-Phos Chemical CO., LTD

Kata Kunci : Sodium Tripolyphosphate, Two stage process, Natrium Hidroksida

SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE PLANT FROM SODIUM HYDROXIDE AND PHOSPHATE ACID WITH TWO STAGE DRYING PROCESS

Student Name : Vyrgie Andini Putradhi 10411500000045
Rizka Nisa Hanifah 10411500000054
Departement : Departement Of Industrial Chemical Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

ABSTRACT

Sodium Tripolyphosphate is widely used in the detergent industry. The number of growing demand and STPP-producing plant is only one in Indonesia. The number of growing demand and STPP-producing plants is only one in Indonesia. The greater the need of STPP in Indonesia, while in Indonesia still has a single manufacturer provides opportunities for the establishment of Sodium Tripolyphosphate (STPP) plant in Indonesia.

In general, the process of making Sodium Tripolyphosphate (STPP) consists of 2 processes, namely The Hoechst-Knapsack Process and Two stage process. The two-stage drying process is chosen because it can provide high conversion compared to other processes. Initially, sodium hydroxide and phosphoric acid are reacted to the reactor tank. The reactors used there are two which in each reactor have different reactions and the reactor temperature is kept constant at 100 ° C. The resulting product is an orthophosphate solution which is then dried by two stages of drying, ie by using a spray dryer and rotary kiln. After going through the calcination stage, the next stage is the final mill using a ball mill. In the ball mill, the solid STPP will be smoothed so that it has a size of ± 100 mesh. The escaped passage will enter the silo then the packing.

The Sodium Tripolyphosphate (STPP) plant to be established with a capacity of 45,000 ton / year is taken from 30% of the demand in 2020. The STPP plant is planned to be established in Cilegon, West Java. STPP is generally used for builders in the manufacture of detergents, preservatives for food, and improve the quality of materials technically. This factory uses raw material of Sodium Hydroxide from PT. Asahimas Chemical, as well as Phosphoric Acid from Guizhou Sino-Phos Chemical CO., LTD

Keywords : **Sodium Tripolyphosphate, Two Stage Process, Sodium Hydroxide**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR REVISI	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.1.1 Sejarah	I-1
1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik.....	I-4
1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku	I-5
1.1.4 Kebutuhan Aspek Pasar	I-5
1.1.5 Penentuan Kapasitas Produksi	I-7
1.1.6 Penentuan Lokasi Pabrik	I-8
1.2 Dasar Teori	I-10
1.3 Sifat Fisika dan Kimia	I-11
1.3.1 Bahan Baku Utama	I-11
1.3.2 Produk.....	I-12
1.4 Kegunaan Produk.....	I-13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Macam Proses	II-1
2.1.1 Pengeringan Satu Tahap	II-1
2.1.2 Pengeringan Dua Tahap.....	II-4
2.2 Seleksi Proses	II-6
2.3 Uraian Proses Terpilih	II-7
BAB III NERACA MASSA	
3.1 Reaktor I (R-130).....	III-1
3.2 Reaktor II (R-140)	III-2
3.3 Spray Dryer (D-150)	III-3
3.4 Cyclone I (H-156)	III-4

3.5	Screw Conveyor I (J-211)	III-5
3.6	Calciner (B-210).....	III-6
3.7	Cyclone II (H-215).....	III-7
3.8	Screw Conveyor II (J-221).....	III-8
3.9	Rotary Cooler (E-220).....	III-9
3.10	Cyclone III (H-224)	III-10
3.11	Screw Conveyor III (J-231	III-11
3.12	Ball Mill (C-230)	III-12
3.13	Vibrating Screen (H-232)	III-13

BAB IV NERACA PANAS

4.1	Reaktor I (R-130).....	IV-1
4.2	Reaktor II (R-140)	IV-2
4.3	Spray Dryer (D-150).....	IV-2
4.4	Furnace I (Q-153).....	IV-3
4.5	Calciner (B-210).....	IV-3
4.6	Spray Dryer	IV-3
4.7	Furnace II (Q-212)	IV-3
4.8	Rotary Cooler (E-220)	IV-3

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1	Tangki Penyimpan H ₃ PO ₄	V-1
5.2	Reaktor I (R-130).....	V-1
5.3	Spray Dryer (D-150).....	V-2
5.4	Calsiner (B-210).....	V-2
5.5	Ball Mill	V-3
5.6	Rotary Cooler	V-3
5.6	Vibrating Screen	V-4
5.7	Bucket Elevator	V-4
5.8	Cyclone	V-5
5.9	Pompa	V-5
5.10	Silo	V-6
5.11	Screw Conveyor.....	V-6

BAB VI UTILITAS

6.1	Unit Penyediaan Air.....	VI-1
6.2	Unit Pengadaan Listrik	VI-11

6.3	Bahan Bakar.....	VI-11
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA		
7.1	Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum	VII-1
7.2	Potensi Bahaya Lingkungan Kerja.....	VII-3
7.3	K3 pada Pabrik Sodium Tripolifosfat.....	VII-5
7.3.1	Keselamatan Karyawan	VII-5
7.3.2	Syarat Alat Pelindung Diri.....	VII-5
7.3.2	Kelemahan Penggunaan Alat Pelindung Diri	VII-6
7.3.4	Jenis-jenis Alat Pelindung Diri	VII-6
7.3.5	Hal-hal yang harus diperhatikan dalam Pabrik ..	VII-9
7.3.6	Instalasi Pemadaman Kebakaran	VII-11
7.3.7	Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pabrik	VII-12
BAB VIII INSTRUMENTASI		
8.1	Instrumentasi Secara Umum.....	VIII-1
8.2	Jenis-jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri	VIII-5
8.3	Instrumentasi pada Pabrik.....	VIII-6
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA		
9.1	Pengolahan Limbah Industri Kimia	IX-1
BAB X KESIMPULAN		
19.1	Kesimpulan	77
DAFTAR NOTASI		
		xi
DAFTAR PUSTAKA		
		xiii
LAMPIRAN :		
	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

Gambar 1.1	Struktur Molekul STPP.....	I-1
Gambar 1.2	Lokasi Pabrik	I-10
Gambar 2.1	Proses Pengeringan 1 Tahap	II-2

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Ekspor-Import STPP	I-6
Tabel 1.2	Ekspor Import Sodium Tripolyphosphate.....	I-7
Tabel 1.3	Nilai masa depan Produksi, Kebutuhan, Ekspor, dan Import STPP di Indonesia	I-7
Tabel 2.1	Seleksi Proses	II-7

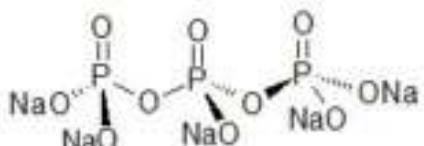
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Sejarah

Pada tahun 1895, Schwartz telah menemukan pentasodium tripolifosfat kristal murni dengan melelehkan tetrasodium pirofosfat dan natrium metafosfat. Larutan tersebut perlahan didinginkan untuk membentuk garam kristal. Sodium tripolyphosphate adalah garam kristal putih dengan rumus kimia $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (Todd,2011). STPP memiliki struktur molekul sebagai berikut :



Gambar 1.1 Struktur Molekul STPP

Menurut Gilmour (2014), pada 20 tahun terakhir di tahun 1940-an perkembangan yang pesat dalam memenuhi kapasitas fosfor didorong oleh permintaan STPP. Penggunaan utamanya adalah sebagai pembentuk detergen; perkembangannya sama pentingnya pada awal abad kesembilan belas. Pada tahun 1946, Procter & Gamble meluncurkan detergen sintetis baru Tide®. Detergen baru ini, satu bagian alkil sulfat, tiga bagian STPP, efektif dalam membersihkan pakaian kotor, dengan air sadah, tanpa meninggalkan bekas sabun; itu jauh lebih unggul dari produk



pembersih lainnya. Dua pencipta besar lainnya, Colgate dan Unilever, bergegas menyusulnya. STPP dibuat dengan mereaksikan asam fosfat dengan natrium bikarbonat atau natrium hidroksida; cairan natrium fosfat yang dihasilkan dikeringkan dan dipanaskan sampai suhu transformasi yang diinginkan. Kualitas asam, kemurniannya, menjadi penting; terlalu tinggi tingkat beberapa logam dapat mempengaruhi warna atau sifat campuran detergen akhir. Pada tahun 1950an dan 1960an, terdapat dua metode cara untuk memproduksi STPP yaitu dari pemanasan asam/ thermal acid dan dari WPA dengan pemurnian kimiawi, yang disebut dengan proses wet salts. Biaya produksi STPP yang terbuat dari pemanasan asam/ thermal acid relatif lebih rendah dari biaya produksi fosfor dan asam pada proses basah; Hal ini disebabkan karena biaya listrik dan belerang yang naik.

Pada awal tahun 1980-an, perusahaan Albright & Wilson tertarik untuk mendirikan pabrik fosfor karena pada tahun tersebut terjadi surplus dalam kapasitas fosfor. Kemudian, perusahaan Albright & Wilson mempertimbangkan untuk mengakuisisi sejumlah perusahaan AS dan pada tahun 1985 menyelesaikan pembelian Industrial Chemicals Group dari Mobil Corporation dengan pabrik di Fernald, Ohio, dan Charleston, South Carolina (yang awalnya dimiliki oleh Virginia Carolina). Akuisisi ini sekaligus menyediakan outlet untuk fosfor dan membuka prospek lainnya. Lalu, pada awal abad ke-20, Albright & Wilson telah menjadi pemimpin dunia



pembuatan fosfor namun segera disusul oleh perusahaan-perusahaan AS. Pada pertengahan 1960-an, Albright & Wilson mempertimbangkan untuk memusatkan semua kapasitas fosforanya di pabrik ekonomi baru yang besar untuk memenuhi kebutuhan fosfat yang meningkat, terutama pembuat detergen, sodium tripolyphosphate (STPP).

Pada awal abad kedua puluh satu ini , bisnis fosfor dan PWA / fosfat di Amerika dan Eropa relatif terkonsolidasi dan stabil. Area yang berpotensi tumbuh dan berkembang adalah Afrika Utara, Timur Tengah, China, dan Kazakhstan. Di OCP Afrika Utara, Maroko telah berkembang dari operasi penambangan fosfat sederhana yang dikelola Prancis pada tahun 1920an menjadi pemasok pupuk terkemuka di dunia. Negara-negara Afrika Utara lainnya, Tunisia dan Aljazair, misalnya, memanfaatkan cadangan fosfat mereka, namun operasi besar berikutnya adalah proyek Maaden di Arab Saudi. Pada tahun 2013, proyek sedang dilakukan untuk pabrik PWA dan STPP.

Penggunaan dari fosfat, asam fosfat, dan garam-garam fosfat dan turunannya meningkat dengan pesat, terutama disebabkan oleh kepandaian dan giatnya promosi konsumsi sebagai bagian dari berbagai macam manufaktur. Salah satu turunan dari fosfat yang banyak digunakan sekarang adalah natrium tripolifosfat yang juga dikenal sebagai Sodium Tripolyphosphate.



1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Dalam beberapa tahun terakhir, khususnya di Indonesia, industri detergen mengalami banyak kemajuan dan kebutuhan detergen mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk di Indonesia yang sangat banyak sehingga kebutuhan konsumsi menjadi tinggi. Sodium Tripoliphosphate banyak digunakan dalam industri detergen. Jumlah permintaan yang terus meningkat dan pabrik penghasil STPP hanya ada satu di Indonesia. Pabrik PT. Petrocentral adalah produsen tunggal Sodium Tripolyphosphate (STPP) di Indonesia. Untuk memproduksi STPP, Petrocentral mempunyai kapasitas produksi terpasang 65.000 MT per tahun. Di tahun 2005, kuantitas produksi aktual STPP adalah 39.172 MT atau 60,26% dari total kapasitas produksi terpasang. Walaupun harga jual per metrik ton meningkat sebesar 12,86%, hal tersebut tidak dapat mengatasi kenaikan dari harga bahan baku utama sebesar 39,20% dan kenaikan biaya-biaya tetap, sehingga mengurangi laba kotor Petrocentral dari US\$ 6,35 juta di tahun 2004 menjadi US\$ 1,79 juta di tahun 2005. Dengan kebutuhan yang terus meningkat, maka dibutuhkan produksi STPP yang lebih banyak. Alasan lain berdirinya pabrik STPP ini adalah bahan baku berupa natrium hidroksida dan asam fosfat yang tersedia di Indonesia dalam jumlah yang banyak. Jumlah impor yang semakin meningkat dan ekspor cukup tinggi sehingga menguntungkan dari segi ekonomi.



1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi sodium tripolyphosphate antara lain yaitu asam fosfat dan natrium hidroksida. Potensi bahan baku dari sodium tripolyphosphate cukup melimpah di Indonesia. Asam fosfat adalah mineral (anorganik) asam yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Di Indonesia sendiri sudah ada pabrik yang memproduksi asam fosfat, yaitu PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 500.000 ton/tahun, PT. Pupuk Kaltim dengan kapasitas 200.000 ton/tahun, namun pabrik asam fosfat dengan produksi asam fosfat yang mempunyai konsentrasi 85% dapat diimpor dari China, yaitu dari pabrik Guizhou Sino-Phos Chemical CO., LTD , sedangkan pada pabrik natrium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 700.000 DMT/tahun.

1.1.4 Kebutuhan Aspek Pasar

Untuk data ekspor-impor STPP yang ada di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 1.2** dibawah ini:



Tabel 1.1 Data Ekspor-Impor STPP

Tahun	Jumlah Impor (ton)	Jumlah Ekspor (ton)
2016	15385,45	165,31
2015	9809,668	444,335
2014	1923,662	4309,423
2013	15238,23	95,79
2012	32333,57	274,385
Rata-rata	14928,12	1057,849

(Sumber : Badan Pusat Statistik (2017)).

Dari data-data diatas maka dapat dilihat bahwa produksi STPP di Indonesia masih rendah dengan jumlah 1057,849 ton/tahun untuk di ekspor ke luar negri. Dengan demikian, untuk STPP harus ditingkatkan, karena kebutuhan STPP memiliki permintaan yang cukup tinggi dalam negeri. Jumlah impor yang semakin meningkat dan ekspor cukup tinggi sehingga menguntungkan dari segi ekonomi.

Sampai saat ini produsen sodium tripolyphosphate di kawasan Asia hanya dipegang oleh beberapa perusahaan besar di Negara Cina. Di Indonesia sendiri hanya ada satu pabrik yang membuat sodium tripolyphosphate yaitu PT. Petrocentral dengan kapasitas produksi terpasang 65.000 ton/tahun.



1.1.5 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik sodium tripolyphosphate ditentukan berdasarkan ketersediaan bahan baku, produksim serta ekspor dan impor. Ketersediaan Sampai saat ini produsen sodium tripolyphosphate di kawasan Asia hanya dipegang oleh beberapa perusahaan besar di Negara Cina. Di Indonesia sendiri hanya ada satu pabrik yang membuat sodium tripolyphosphate yaitu PT. Petrocentral dengan kapasitas produksi terpasang 65.000 ton/tahun.

Berikut ini data impor dan ekspor sodium tripolyphosphate di Indonesia pada 5 tahun terakhir

1. Kebutuhan Produksi STPP di Indonesia

Tabel 1.2 Ekspor Impor Sodium Tripolyphosphate

Tahun	Impor (ton)	Ekspor (ton)
2016	15.385,45	165,31
2015	9.809,668	4.309,423
2014	1.923,662	444,335
2013	15.238,23	95,79
2012	32.333,57	274,385

(Sumber: Badan Pusat Statistika, 2012-2016)

Tabel 1.3 Nilai masa depan Produksi, Kebutuhan, Ekspor, dan Impor STPP di Indonesia

Tahun	Ekspor	Impor	Produksi
2020	1.279,48	81.790,7	65.000



Dari grafik, bahwa pada tahun 2026 kapasitas produksi di peroleh sebagai berikut:

- Konsumsi :

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi} &= (\text{Impor} + \text{Produksi}) - (\text{Ekspor}) \\ &= (81.790,7 + 65.000) - (1.279,48) \\ &= 145.511,22 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

- Kapasitas Pabrik

Dengan asumsi adanya pabrik lain yang masih beroperasi dan jumlah bahan baku yang tersedia, maka kapasitas pabrik baru yang akan beroperasi adalah 30% dari total kebutuhan STPP pada tahun 2020

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 30\% \times \text{konsumsi} (\text{ton/tahun}) \\ &= 30\% \times 145.511,22 \\ &= 43.653,3 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Jadi kapasitas dari pabrik Sodium Tripolyphosphate yang akan didirikan pada tahun 2020 adalah 45.000 ton/tahun

I.1.6 Penentuan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap keberhasilan dari pabrik tersebut. Beberapa faktor yang dapat menjadi acuan dalam penentuan pemilihan lokasi pabrik antara lain, ketersediaan bahan baku, transportasi dan utilitas. Dari ketiga pertimbangan tersebut maka pabrik STPP ini akan didirikan di Cilegon, Banten dengan pertimbangan sebagai berikut:



1. Penyediaan Bahan Baku

NaOH sebagai salah satu bahan baku pembuatan STPP diperoleh dari PT.AsaHimas Chemical, Cilegon. Sedangkan, asam fosfat akan diimpor dari Guizhou Sino-Phos Chemical CO., LTD yaitu perusahaan asal China yang memproduksi asam fosfat dengan kandungan konsentrasi asam fosfat sebesar 85%. Orientasi pemilihan ditekankan pada jarak lokasi sumber bahan baku yang cukup dekat, terutama bahan baku larutan NaOH. Sedangkan untuk asam fosfat akan ditransportasikan dengan transportasi laut melalui pelabuhan Merak.

2. Transportasi

Kawasan Cilegon dekat dengan pelabuhan Merak, dan juga ada sarana transportasi jalan raya, sehingga mempermudah pengiriman bahan baku.

3. Utilitas

Pabrik ini berlokasi di dekat pantai, hal ini bertujuan mempermudah ketersediaan air untuk air proses.



Gambar 1.2 Lokasi Pabrik

1.2 Dasar Teori

Sodium Tripolyphosphate (STPP) memiliki rumus kimia $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, merupakan senyawa polifosfat dari natrium berbentuk bubuk atau granula berwarna putih dan tidak berbau. STPP banyak digunakan dalam industri pangan karena memiliki beberapa sifat kimia dan fungsi yang menguntungkan. Sifat-sifat fosfat antara lain sebagai buffer dan pengontrol pH, dapat menginaktivasi ion logam yang biasanya merusak sistem pangan dengan membentuk endapan seperti kation kalsium, magnesium, tembaga dan besi, melalui pembentukan kompleks yang stabil dengan kalsium, besi dan magnesium yang memungkinkan nutrient tersebut terserap dinding usus dapat digunakan oleh tubuh (Dziezak, 1990).

STPP dapat bereaksi dengan pati. Ikatan antara pati dengan fosfat diester atau ikatan silang gugus hidroksil (OH), akan menyebabkan ikatan pati menjadi kuat, tahan terhadap



pemanasan dan asam sehingga dapat menurunkan derajat pembengkakan granula serta meningkatkan stabilitas adonan. Menurut Food and Drug Administrasision (1995) penggunaan alkali fosfat adalah 0,5 % pada produk. Penggunaan yang melebihi dosis 0,5 % akan menurunkan penampilan produk yaitu terlalu kenyal.

1.3 Sifat-sifat Fisika dan Kimia

1.3.1 Bahan Baku Utama

1.3.1.1 Natrium Hidroksida

- Sifat-sifat Fisika
 - ❖ Berwujud larutan berwarna putih
 - ❖ Titik didih : 1388°C
 - ❖ Titik lebur : 323°C
 - ❖ Larut dalam air dingin
 - ❖ Cp : 1043,01 J/kg °K (pada 25°C)
- Sifat-sifat Kimia
 - ❖ Rumus kimia:NaOH
 - ❖ Berat molekul : 40 g/mol
 - ❖ pH : 13,5
 - ❖ Specific Gravity : 2,13

1.3.1.2 Asam Fosfat

- Sifat-sifat Fisika
 - ❖ Berbentuk cairan bening dan tidak berbau
 - ❖ Lebih mudah larut dalam air panas, larut dalam air dingin
 - ❖ Titik didih : 158°C



- ❖ Titik lebur : 42,35°C
- ❖ Specific Gravity : 1,685
- Sifat-sifat Kimia
 - ❖ Rumus kimia : H_3PO_4
 - ❖ Berat molekul : 98 g/mol
 - ❖ Panas pembentukan: -309,32 Kcal/mol (pada 25°C)
 - ❖ Panas pelarutan : 2,79 kgcal/gmol
 - ❖ Kapasitas panas : 0,4459 cal/ g°C (pada 21,3°C)

1.3.2 Produk

1.3.2.1 Natrium Tripolifosfat

- Sifat-sifat Fisika
 - ❖ Berbentuk solid dan berwarna putih serta tak berbau
 - ❖ Titik lebur: 622°C
 - ❖ Lebih mudah larut dalam air panas, larut dalam air dingin
 - ❖ Kelarutan : 12,5 g/100 ml H_2O pada 25°C
 - ❖ Densitas : 2,52 g/ml
 - ❖ Bulk density : 0,8 g/ml
- Sifat-sifat Kimia
 - ❖ Rumus molekul : $Na_5P_3O_{10}$
 - ❖ Berat molekul : 367, 864 g/mol
 - ❖ pH : 9,7



1.4 Kegunaan Produk

Natrium tripolifosfat dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk:

a. Dalam Detergen

Natrium tripolifosfat berguna sebagai builder dalam pembuatan detergen. Builder berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dari pencuci surfaktan dengan cara menonktifkan mineral yang menyebabkan kesadahan air. Selain itu, builder juga bermanfaat untuk menciptakan kondisi keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berlangsung lebih baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah dilepas.

b. Penggunaan dalam produk makanan

Natrium tripolifosfat dapat digunakan sebagai bahan pengawet untuk makanan laut,daging, unggas, dan pakan ternak. Dalam makanan, natrium tripolifosfat berfungsi sebagai emulsifier yang berguna untuk mempertahankan kelembaban. Pengolahan dengan natrium tripolifosfat memperbaiki kualitas dari beberapa jenis produk makanan laut.

c. Aplikasi untuk hal lain

Natrium tripolifosfat juga digunakan untuk meningkatkan kualitas material secara teknis seperti clay processing, pelunakan air, proses pembuatan tekstil, pengeboran atau penggalian tanah, pulp, kertas, karet, pembuatan cat, manufaktur keramik dan penambangan.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam Proses

Secara umum, proses pembuatan Sodium Tripolyphosphate (STPP) terdiri dari 2 proses, yaitu:

1. The Hoechst-Knapsack Process /pengeringan satu tahap
2. Two stage process.

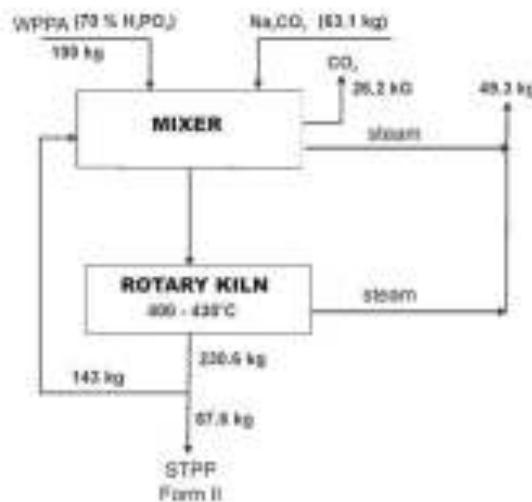
Dalam metode pengeringan dan kalsinasi merupakan salah satu operasi teknologi yang dilakukan dalam rotary kiln, dengan ruang pengering, atau dalam fluidized bed. Berdasarkan metode pembuatannya, pembuatan STPP menggunakan proses pengeringan dibagi menjadi 2, yaitu:

2.1.1 Pengeringan Satu Tahap

Menurut Gorazda (2014), metode pengeringan satu tahap terdiri dari campuran zat bereaksi yaitu misalnya WPPA (H_3PO_4) dan Na_2CO_3 (dosis sesuai dengan rasio mol $Na / P = 5/3$ diperlukan untuk mendapatkan $Na_5P_3O_{10}$) – hasil dari pencampuran tersebut (STPP) masuk ke dalam mixer,



dan kemudian feed dari mixer yang berupa campuran "quasi-dry" dimasukkan dalam rotary kiln. Karena terdapat pilihan untuk mengatur proporsi fase padat dan fasa cair, campuran yang diperoleh memiliki konsistensi, kelembapan yang halus, sehingga bisa dibawa dengan sekrup atau Redler conveyor. Setelah kalsinasi, untuk suhu rendah STPP (Form 2) diperoleh saat suhu kalsinasi tidak melebihi 450°C, atau bentuk suhu tinggi dari STPP (Form I) diperoleh saat suhu kalsinasi melebihi 500°C.



Gambar 2.1 Proses Pengeringan 1 Tahap



Produk teknologi yang diperoleh dengan penggunaan metode satu tahap kering adalah Sodium Tripolyphosphate $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$:

- berbentuk tepung dan berat, dengan kandungan Form I yang rendah,
- bubuk dengan kandungan Form I yang tinggi
- terbentuk granul dengan macam-macam densitas

Pada proses ini, tahap awal yang dilakukan adalah mereaksikan asam dan basa yang dinamakan reaksi netralisasi. Kemudian, dilanjutkan dengan proses pengeringan dan polikondensasi satu tahap. Proses pengeringan dapat menghasilkan STPP anhidrat yang memiliki struktur kristal yang berbeda yaitu Form I dan Form 2. Pada proses ini, peralatan yang digunakan adalah:

1. Mixing Tank
2. Rotary Kiln
3. Grinding dan screening

Mixing Tank digunakan sebagai tangki pereaksi antara asam dan basa yang digunakan. Sedangkan rotary kiln digunakan untuk mengeringkan dan polikondensasi (kalsinasi). Pada proses ini, energi yang digunakan relatif



kecil dibandingkan metode lain dan menghasilkan emisi yang lebih sedikit. Dan produk yang dihasilkan memiliki bulk density yang relatif rendah.

2.1.2 Pengeringan Dua Tahap

Menurut Banach,dkk (2014), Sodium Tripolyphosphate diperoleh dari pengeringan 2 tahap pada spray dryer dan rotary kiln. Selama proses pengeringan pada spray dryer, campuran orthophosphate diperoleh sebagai hasil dari netralisasi asam fosfat dengan soda ash atau dengan sodium hidroksida yang dikondensasikan ke dalam pyrophosphate. Proses kondensasi pada tahap ini memiliki reaksi sebagai berikut:



Rasio molar $\text{Na}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ pada proses netralisasi adalah 1,67. Hasil dari campuran sodium pyrophosphate dikondensasikan selama proses kalsinasi dan terbentuklah sodium tripolyphosphate :



Temperatur pada saat kalsinasi adalah parameter untuk mengendalikan fase terbentuknya sodium



tripolyphosphate pada akhir produk. Phase I dan Phase II sodium tripolyphosphate seringkali terjadi pada waktu yang sama. Produk yang dihasilkan juga mengandung produk samping seperti tetrasodium pyrophosphate dan sodium metaphosphate.

Tahapan awal pada proses ini sama dengan pengeringan satu tahap, yaitu dengan mereaksikan asam dan basa (reaksi netralisasi). Tetapi, proses pengeringan dan polikondensasi terjadi pada unit peralatan yang berbeda. Proses ini menghasilkan produk dengan bulk density yang lebih tinggi dari proses pengeringan satu tahap.

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Mixing Tank
2. Dryer

Dryer yang digunakan bermacam-macam.

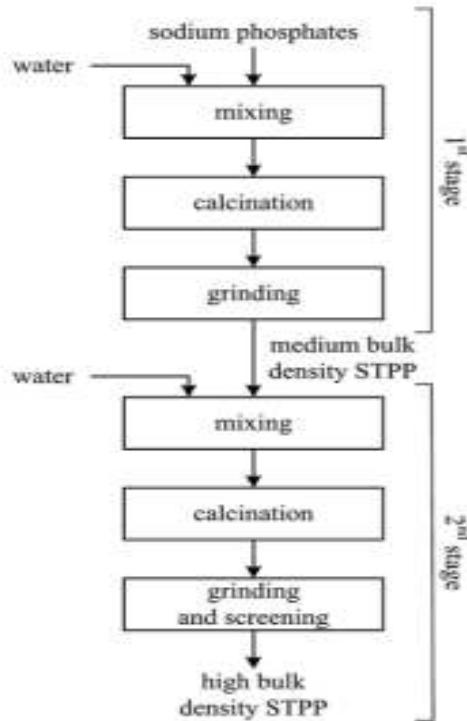
Umumnya digunakan spray dryer untuk menghasilkan butiran berukuran kecil

3. Rotary Kiln

Digunakan sebagai tempat terjadinya polikondensasi. Umumnya digunakan rotary kiln.



4. Grinding dan screening



Gambar 2.2 Proses Pengeringan 2 Tahap

2.2 Seleksi Proses

Seleksi proses pada proses pembuatan Sodium Tripolyphosphate didasarkan pada pertimbangan kelebihan dan kekurangan macam-macam proses seperti yang telah



dijelaskan sebelumnya , sehingga dapat disimpulkan dengan tabel seperti di bawah ini:

2.3 Uraian Proses Terpilih

STPP yang diproduksi akan dibuat melalui proses pengeringan 2 tahap. Proses ini dipilih karena memiliki kadar STPP yang lebih tinggi dari pengeringan satu tahap.

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan STPP

Parameter	Jenis Proses	
	Pengeringan 1 Tahap	Pengeringan 2 Tahap
2.1 Aspek Teknis		
Tekanan	N/A	N/A
Suhu	450-550°C	350-550°C
Proses		
Konversi	tinggi	Tinggi
Bulk Density	Rendah	Tinggi
Reaksi samping	Ada	Ada
2.2 Aspek Lingkungan		
Emisi debu dan gas	Sedang	Sedang



A. Tahap Persiapan Bahan Baku

STPP diproduksi dengan dari campuran 1 mol NaH_2PO_4 dan 2 mol Na_2HPO_4 yang juga dikenal dengan orthophosphate. Untuk memperoleh padatan orthophosphate, NaOH direaksikan dengan H_3PO_4 dengan perbandingan 5:3. Pada tahap persiapan bahan baku ini bertujuan untuk menyiapkan bahan baku yaitu larutan NaOH dengan H_3PO_4 .

NaOH yang ada di pasaran berbentuk larutan 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Larutan NaOH dari tangki penyimpanan (F-120) dan larutan H_3PO_4 85% yang berasal dari tangki penyimpanan H_3PO_4 (F-110) dialirkan menuju reaktor I (R-130) dengan menggunakan centrifugal pump yang memiliki kode alat berturut-turut (L-131) dan (L-132).

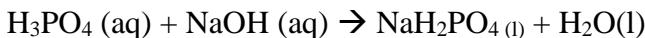
B. Tahap Netralisasi

Pada tahap netralisasi, digunakan 2 reaktor secara seri. Pertama-tama, larutan NaOH 50% dari tangki penyimpanan NaOH (F-120) dan larutan H_3PO_4 85% dari tangki penyimpanan H_3PO_4 (F-110) dialirkan menuju reaktor I (R-130) dengan menggunakan centrifugal pump yang memiliki



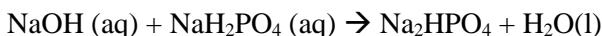
kode berturut-turut (L-131) dan (L-132). Masing-masing larutan direaksikan didalam reaktor I (R-130). Dalam reaktor I terjadi reaksi sebagai berikut :

REAKTOR I (T=100°C)



Reaktor dilengkapi jaket dengan pendingin dari cooling tower untuk menjaga suhu pada 100°C, karena reaksi yang terjadi eksotermis. Hasil reaksi dan reaktan sisa sebesar 1/3 bagian dari volume larutan pada reaktor I kemudian dialirkan menuju spray dryer (D-150) dengan menggunakan centrifugal pump (L-151), sedangkan 2/3 bagiannya dialirkan secara gravitasi menuju reaktor 2 (R-140). Pada reaktor 2 dilakukan penambahan reaktan NaOH dari tangki penyimpan NaOH (F-120) yang dialirkan menggunakan centrifugal pump (L-132). Di dalam reaktor 2 terjadi reaksi sebagai berikut

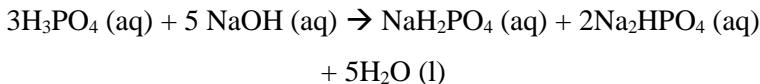
REAKTOR II (T=100°C)



Reaksi ini juga eksotermis sehingga reaktor 2 dilengkapi jaket pendingin dari cooling tower. Larutan pendingin pada reaktor I dan 2 yang masuk jaket memiliki



suhu 0°C dan keluar dari jaket dengan suhu 30°C. Reaksi keseluruhan yang terjadi dalam reaktor I dan II adalah :



A. Tahap Pengeringan

Setelah melewati reaktor I dan II terbentuklah larutan orthophosphate. Untuk memperoleh padatan orthophosphate, larutan hasil dari reaktor I dan II dialirkan ke dalam spray dryer. Spray dryer merupakan tempat terjadinya proses pengeringan yang akan mengubah larutan orthophosphate menjadi serbuk orthophosphate dengan menggunakan udara panas yang bersuhu 165°C. Gas panas berasal dari burner I (Q-153) menuju filter udara I (H-154) lalu ke spray dryer yang menggunakan bahan bakar gas alam (propana dan metana) dan gas panas yang merupakan output dari calciner. Gas panas dari calciner akan ditangkap oleh cylcone untuk memisahkan debu dan gas panasnya, kemudian dicampur dengan gas panas dari burner di mixing chamber.



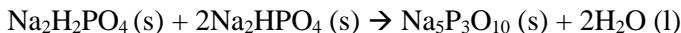
Gas panas akan kontak langsung secara co-current lalu membentuk ortophosphate yang berbentuk kasar dengan suhu sekitar 120°C . Dari seluruh padatan yang dihasilkan di spray dryer, sejumlah 0,5% padatan akan masuk menuju cyclone I (H-156), sedangkan 99,5% dari padatan mengalir menuju calciner (B-210) menggunakan screw conveyor I (J-211). Pada cyclone I, hanya 99,5% padatan yang akan dialirkan menuju screw conveyor I (J-211) dan sisanya akan terbuang ke udara melalui ventilasi.

B. Tahap Kalsinasi padatan Orthophosphate

Di dalam calciner (B-210), padatan orthophosphate dipanaskan dengan menggunakan udara panas yang bersuhu 550°C hingga suhunya menjadi 350°C . Pada suhu 350°C , produk akan terbentuk, yaitu natrium tripolifosfat (STPP) dan memiliki kadar air 1%. Udara panas dihasilkan dengan cara mengalirkan udara bersuhu 30°C melalui furnace II (Q-212) menuju ke filter udara II (H-213) lalu ke calciner (B-210) menggunakan blower II (G-214). Pada calciner (B-210), juga dihasilkan natrium pirofosfat yang merupakan



produk dari reaksi samping. Pada calciner (B-210), terjadi reaksi sebagai berikut :

CALCINER (T= 550°C ; P = 1 atm)

Sebesar 99,5% dari padatan yang terbentuk akan dialirkan menuju rotary cooler (E-220) dan 0,5% menuju cyclone II (H-215). Di dalam cyclone II, 99,5% padatan mengalir menuju screw conveyor II (J-221) dan 0,5% nya akan terbuang ke udara melalui ventilasi. Di dalam rotary cooler (E-220), padatan bersuhu 350 °C didinginkan dengan menggunakan udara bersuhu 30°C hingga suhu padatannya menjadi 60°C dan suhu udara keluar 350°C. Setelah itu, padatan akan dialirkan menuju ball mill (C-230) melalui screw conveyor II (J-231). Rotary cooler (E-220) juga dilengkapi cyclone II (H-224), 99,5% padatan akan jatuh menuju screw conveyor II, sedangkan 0,5% nya akan masuk dalam cyclone II (H-224). Udara dingin diperoleh dengan mengalirkan udara dari lingkungan menuju filter udara II (H-222) menggunakan blower II (G-223).



C. Tahap Penggilingan Akhir

Di dalam ball mill, padatan STPP akan dihaluskan sehingga memiliki ukuran ± 100 mesh. Ball mill ini dilengkapi dengan unit screening (H-232) yang digunakan untuk menghalangi produk dengan ukuran lebih dari 100 mesh untuk lolos, kemudian padatan yang tidak lolos screen tersebut dialirkan kembali menuju ball mill. Padatan yang lolos diteruskan menuju silo (F-240) melalui screw conveyor IV (J-241) dan bucket elevator I (J-242). Produk kemudian dikemas dan siap untuk dipasarkan.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas	= 45000 Na ₅ P ₃ O ₁₀ ton/tahun
	= 136,36 Na ₅ P ₃ O ₁₀ ton/hari
	= 136363 Na ₅ P ₃ O ₁₀ kg/hari
Operasi	= 330 hari/tahun

3.1 Reaktor I (R-130)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Aliran dari F-120 (1)		Aliran ke R-140 (3)	
NaOH	39482,41	H ₃ PO ₄	5159,03
H ₂ O	39482,41	NaOH	2105,73
	78964,81	NaH ₂ PO ₄	72647,63
		H ₂ O	48598,97
			128511,36
Aliran dari F-110 (2)		Aliran ke D-150 (4)	
H ₃ PO ₄	96731,89	H ₃ PO ₄	2579,52
H ₂ O	17070,33	NaOH	1052,86
	113802,23	NaH ₂ PO ₄	36323,81
		H ₂ O	24299,485
			64255,679
Total	192767,04	total	192767,04



3.2 Reaktor II (R-140)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari F-120 (5)		aliran menuju D-150 (6)	
NaOH	22110,15	Na ₂ HPO ₄	85966,36
H ₂ O	22110,15	H ₂ O	81606,26
	44220,29	H ₃ PO ₄	5159,03
aliran dari R-130 (3)			
H ₃ PO ₄	5159,03		
NaOH	2105,73		
NaH ₂ PO ₄	72647,63		
H ₂ O	48598,97		
	128511,36		
total	172731,65	total	172731,65



3.3 Spray Dryer (D-150)

Masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (4) dan aliran (6)		aliran ke screw conveyor (9)	
NaH ₂ PO ₄	36323,81	NaH ₂ PO ₄	36142,19
Na ₂ HPO ₄	85966,36	Na ₂ HPO ₄	85536,53
NaOH	1052,86	NaOH	1047,60
H ₂ O	105905,75	H ₂ O	6404,14
H ₃ PO ₄	7738,55		129130,46
	236987,33		
aliran (7)		aliran ke cyclone I(10)	
udara panas	37523,94	NaH ₂ PO ₄	181,62
		Na ₂ HPO ₄	429,83
		NaOH	5,26
		H ₂ O	32,18
			648,89679
aliran uap air (11)		aliran (8)	
		H ₂ O	107207,97
total		udara panas	
	274511,27	total	37523,94
			274511,27



III-4
BAB III Neraca Massa

3.4 Cyclone I (H-156)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (10)		aliran menuju screw (12)	
NaH ₂ PO ₄	181,62	NaH ₂ PO ₄	180,71
Na ₂ HPO ₄	429,83	Na ₂ HPO ₄	427,68
NaOH	5,26	NaOH	5,24
H ₂ O	32,18	H ₂ O	32,02
			645,65
aliran (13)			
		NaH ₂ PO ₄	0,91
		Na ₂ HPO ₄	2,15
		NaOH	0,026
		H ₂ O	0,16
			3,24
total	648,897	total	648,897



3.5 Screw Conveyor I (J-211)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari D-150(9)		aliran produk ke B-210(13)	
NaH ₂ PO ₄	36142,19	NaH ₂ PO ₄	36322,90
Na ₂ HPO ₄	85536,53	Na ₂ HPO ₄	85964,21
NaOH	1047,60	NaOH	1052,84
H ₂ O	6404,14	H ₂ O	6436,16
	129130,46		
aliran dari cyclone I (12)			
NaH ₂ PO ₄	180,71		
Na ₂ HPO ₄	427,68		
NaOH	5,24		
H ₂ O	32,02		
	645,65		
total	129776,11	total	129776,11



3.6 Calciner (B-210)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari J-211(13)		aliran ke J-221 (16)	
NaH ₂ PO ₄	36322,90	NaH ₂ PO ₄	1445,65
Na ₂ HPO ₄	85964,21	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106399,96
NaOH	1052,84	Na ₄ P ₂ O ₇	3204,53
H ₂ O	6436,16	H ₂ O	558,04
	129776,11		111608,18
aliran (14)		aliran ke H-215(17)	
udara panas	2381,88	NaH ₂ PO ₄	7,26
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,67
		Na ₄ P ₂ O ₇	16,10
		H ₂ O	10681,738
			11239,78
aliran (15)		aliran (15)	
		uap air	6928,16
		aliran	
		udara	
		panas	2381,88
total	132157,99	total	132157,99



3.7 Cyclone II (H-215)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari B-210(17)		aliran ke J-221(18)	
NaH ₂ PO ₄	7,26	NaH ₂ PO ₄	7,23
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,67	Na ₅ P ₃ O ₁₀	532,00
Na ₄ P ₂ O ₇	16,10	Na ₄ P ₂ O ₇	16,02
H ₂ O	10681,74	H ₂ O	10628,33
			11183,58
		aliran (19)	
		NaH ₂ PO ₄	0,04
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	2,67
		Na ₄ P ₂ O ₇	0,08
		H ₂ O	53,41
			56,20
total	11239,78	total	11239,78



3.8 Screw Conveyor II (J-221)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari rotary kiln (16)		aliran menuju rotary cooler (20)	
NaH ₂ PO ₄	1445,65	NaH ₂ PO ₄	1452,88
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106399,96	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106931,96
Na ₄ P ₂ O ₇	3204,53	Na ₄ P ₂ O ₇	3220,55
H ₂ O	558,04	H ₂ O	11186,37
	<hr/> 111608,18		
aliran dari cyclone II(18)			
NaH ₂ PO ₄	7,23		
Na ₅ P ₃ O ₁₀	532,00		
Na ₄ P ₂ O ₇	16,02		
H ₂ O	10628,33		
	<hr/> 11183,58		
total	122791,76	total	122791,76



3.9 Rotary Cooler (E-220)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari screw conveyor II (20)		aliran ke ball mill(23)	
NaH ₂ PO ₄	1452,88	NaH ₂ PO ₄	1445,6155
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106931,96	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,30
Na ₄ P ₂ O ₇	3220,55	Na ₄ P ₂ O ₇	3204,4476
H ₂ O	11186,37	H ₂ O	11130,439
	122791,76		122177,8
aliran (21)		aliran ke cyclone III(24)	
udara	9779,50	NaH ₂ PO ₄	7,26
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,66
		Na ₄ P ₂ O ₇	16,10
		H ₂ O	55,93
			613,96
aliran (22)			
udara	9779,50		
total	132571,26	total	132571,26



3.10 Cyclone III (H-224)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari E-220 (24)		aliran menuju silo (25)	
NaH ₂ PO ₄	7,26	NaH ₂ PO ₄	7,23
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,66	Na ₅ P ₃ O ₁₀	531,99
Na ₄ P ₂ O ₇	16,10	Na ₄ P ₂ O ₇	16,02
H ₂ O	55,93	H ₂ O	55,65
			610,89
		aliran padatan yang keluar ke udara(26)	
		NaH ₂ PO ₄	0,04
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	2,67
		Na ₄ P ₂ O ₇	0,08
		H ₂ O	0,28
			3,07
total	613,96	total	613,96



3.11 Screw Conveyor III (J-231)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari rotary cooler(23)		Aliran menuju ball mill (26)	
NaH ₂ PO ₄	1445,62	NaH ₂ PO ₄	1445,62
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,30	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,30
Na ₄ P ₂ O ₇	3204,45	Na ₄ P ₂ O ₇	3204,45
H ₂ O	11130,44	H ₂ O	11130,44
	122177,80		122177,80
aliran udara pendingin		aliran udara pendingin	
udara	304600,30	udara	304600,30
total	426778,10	total	426778,10



3. 12 Ball Mill (C-230)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
NaH ₂ PO ₄	1445,62	NaH ₂ PO ₄	1606,24
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,30	Na ₅ P ₃ O ₁₀	118219,22
Na ₄ P ₂ O ₇	3204,45	Na ₄ P ₂ O ₇	3560,50
H ₂ O	11130,44	H ₂ O	12367,154
	122177,80		
NaH ₂ PO ₄	160,62		
Na ₅ P ₃ O ₁₀	11821,92		
Na ₄ P ₂ O ₇	356,05		
H ₂ O	1236,72		
	13575,31		
total	135753,11	total	135753,11



3.13 Vibrating Screen (H-232)

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (21)		aliran (23)	
NaH ₂ PO ₄	1606,24	NaH ₂ PO ₄	1445,62
Na ₅ P ₃ O ₁₀	118219,22	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,30
Na ₄ P ₂ O ₇	3560,50	Na ₄ P ₂ O ₇	3204,45
H ₂ O	12367,15	H ₂ O	11130,44
	<hr/> 135753,11		<hr/> 122177,80
aliran dari cyclone III		aliran(24)	
NaH ₂ PO ₄	7,23	NaH ₂ PO ₄	160,62394
Na ₅ P ₃ O ₁₀	531,99	Na ₅ P ₃ O ₁₀	11821,922
Na ₄ P ₂ O ₇	16,02	Na ₄ P ₂ O ₇	356,04974
H ₂ O	55,65	H ₂ O	1236,7154
	<hr/> 610,89		<hr/> 13575,311
aliran dari cyclone III			
NaH ₂ PO ₄	7,23		
Na ₅ P ₃ O ₁₀	531,99		
Na ₄ P ₂ O ₇	16,02		
H ₂ O	55,65		
	<hr/> 610,89		
total	136364,00	total	136364,00



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

NERACA PANAS

Kapasitas = 45000 Na₅P₃O₁₀ ton/tahun
 = 136,36 Na₅P₃O₁₀ ton/hari
 = 136363 Na₅P₃O₁₀ kg/hari
 Operasi = 330 hari/tahun

4.1 Reaktor I (R-130)

Komponen	Masuk (kkal/j)	Komponen	Keluar (kkal/j)
Aliran 1		Aliran 3	
NaOH	24528,45	NaH ₂ PO ₄	5034480,76
H ₂ O	88183,59	H ₂ O	1641040,73
	112712,04	H ₃ PO ₄	228997,76
Aliran 2		NaOH	19622,77
H ₃ PO ₄	286247,43		6924142,02
H ₂ O	38126,42	Aliran 4	
	324373,85	NaH ₂ PO ₄	2517240,03
Qserap	114412533,40	H ₂ O	820520,53
		H ₃ PO ₄	114499,10
		NaOH	9811,34
			3462071,01
		delta Hr	104463406,27
	114849619		114849619



4.2 Reaktor II (R-140)

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Aliran 3		Aliran 6	
NaH ₂ PO ₄	5034480,76	NaH ₂ PO ₄	0
NaOH	19622,77	NaOH	0
H ₂ O	1641040,73	Na ₂ HPO ₄	3932052,87
H ₃ PO ₄	228997,76	H ₃ PO ₄	228997,7602
	6924142,02	H ₂ O	2861361,319
Aliran 5			7022411,954
NaOH	13735,93		
H ₂ O	49382,81		
	63118,74		
Q serap	95712760,80	ΔHreaksi	95677609,61
Total	102700021,56	Total	102700021,56

4.3 Spray Dryer (D-150)

Masuk		Keluar	
Ortholiquor	10191070,75	Orthophosphat	7753823,29
ΔHudara masuk	12602978,85	Massa terikut	27679,98
		ΔHuap air	7216109,58
		ΔHudara panas	5517031,79
		Qloss	2279404,96
Total	2279049,61	Total	2279049,61



4.4 Furnace I (Q-153)

Masuk		Keluar	
NG	959,84	Flue gas	10756,93
Udara	29938,83	ΔH_R	20790656,17
Q serap	20770514,43		
Total	20801413,10	Total	20801413,10

4.5 Calciner (B-210)

Masuk		Keluar	
ΔH masuk	5419706,86	ΔH keluar	3458537,11
Q serap	20061694000,56	ΔH_R	20063655170,30
Total	20067113707,42	Total	20067113707,42

4.6 Furnace II (Q-212)

Masuk		Keluar	
NG	60,93	Flue gas	682,81
Udara	1900,40	ΔH_R	1319711,02
Q serap	1318432,50		
Total	1320393,82	Total	1320393,82

4.7 Rotary Cooler (E-220)

Masuk		Keluar	
ΔH masuk	5419706,86	ΔH keluar	3458537,11
Q serap	20061694000,56	ΔH_R	20063655170,30
Total	20067113707,42	Total	20067113707,42



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

5.1 Tangki Penyimpanan H₃PO₄

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	F-110
Fungsi	Menyimpan larutan H ₃ PO ₄ 50% pada tekanan 1 atm
Tipe	Berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk konikal
Kapasitas Tangki	2620 bbl
Tinggi Tangki	30 ft
Diameter Tangki	25 ft

5.2 Reaktor I (R-130)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	R-130
Fungsi	Mereaksikan H ₃ PO ₄ 50% dan NaOH 85% menjadi NaH ₂ PO ₄ .
Tipe	Mixed flow
Kapasitas	5,2 m ³
Tinggi	2,6 m
Diameter	2,1 m



5.3 Calciner (B-210)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	B-210
Fungsi	Terjadinya proses kalsinasi NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4 menjadi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Kapasitas	5407,34 kg
Panjang	23 m
Diameter	3 m
Power	14,219 kW
Kecepatan Putar	4 rpm

5.4 Spray Dryer (D-210)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	D-150
Fungsi	Mengubah larutan NaH_2PO_4 menjadi serbuk
Tipe	Single Fluid Nozzle
Tinggi silinder	6,60 m
Tinggi konis	1,96 m
Diameter	2,1395 m
Tebal shell	0,0044 m
Tebal atas	0,121 m
Tebal konis	0,18 m



5.5 Ball Mill (C-230)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	C-230
Fungsi	Mereduksi ukuran partikel menjadi 100 mesh
Kapasitas	149,30 ton/hari
Ukuran	7 x 5 ft
Ball charge	13,1 ton
Mill speed	22 ½ rpm
Power	135 Hp

5.6 Rotary Cooler (E-220)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	E-220
Fungsi	Menurunkan suhu produk menjadi 60°C
Tipe	Three Compartiment Mills
Kapasitas	12692 kg/jam
Diameter	1,524 m
Panjang	1,524 m
Kecepatan Putar	4 rpm
Waktu Tinggal	15,16 menit
Daya	33,34 Hp

**5.7 Vibrating Screen (H-231)**

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	H-231
Fungsi	Untuk memperoleh ukuran partikel padatan yang seragam yaitu 100 mesh
Kapasitas	136364 kg/hari
Luas Screen	12,75 ft ²
Jumlah	1 ton

5.8 Bucket Elevator(J-242)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	J-242
Fungsi	Untuk mengangkut STPP dari Vibrating Screen menuju ke Silo
Ukuran bucket	6 x 4 x 4 ¼ in
Power	2,45 Hp



5.9 Cyclone I (H-156)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	H-156
Fungsi	Menangkap padatan dari flue gas spray dryer
Kapasitas	2803,3864 cuft/s
Tebal shell	3/16 in
Tebal tutup atas	3/16 in
Tebal tutup bawah	3/16 in

5.10 Pompa (L-131)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	L-131
Fungsi	Sebagai alat transportasi fluida
Tipe	Centrifugal Pump
Power	8,34 Hp



5.11 Silo (F-240)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	F-240
Fungsi	Sebagai tempat penyimpanan produk STPP
Jenis tutup atas dan bawah	Flange Only
Jenis material	Carbon Steel SA-285A
Tipe las	Double welded butt joined
Kapasitas	35405 ft ³
Diameter	8,5257 m
Tinggi	17,051

5.12 Screw Connveyor (J-211)

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat	J-211
Fungsi	Sebagai alat transportasi padatan dan slurry
Power	0,85 Hp

BAB VI

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit lainnya atau sarana penunjang proses untuk menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, bahan bakar dan listrik. Maka peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi pada pabrik natrium tripolifosfat sangatlah penting. Utilitas pada pabrik natrium tripolifosfat diantaranya adalah :

1. Unit Penyediaan Air
2. Unit Pengadaan Listrik
3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

6.1 Unit Penyediaan Air

Pabrik natrium tripolifosfat membutuhkan air yang digunakan untuk air sanitasi, air pendingin, dan air proses. Kebutuhan air untuk pabrik natrium tripolifosfat disuplai dari air sungai Cidanau yang memiliki kualitas air sebagai berikut:



Tabel 6.1 Kualitas air danau Cidanau

No.	Parameter	Satuan	Jumlah
1.	Suhu	°C	27 - 31
2.	Kecerahan	M	0,165 – 0,25
3.	Derajat Keasaman (pH)	-	8,37
4.	Oksigen terlarut	mg/l	6,6 – 10,3
5.	Nitrat	mg/l	7,40 – 9,40
6.	Fosfat	mg/l	0,3

Pada pabrik ini air yang digunakan meliputi:

1. Air Sanitasi

Air sanitasi ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang akan digunakan oleh seluruh karyawan yang bekerja didalam pabrik. Kebutuhan air bersih ini meliputi kebutuhan untuk memasak,mencuci, penggunaan laboratorium, perkantoran, kebersihan, dan lain-lain. Air yang digunakan ini haruslah memenuhi standar tertentu karena berhubungan dengan kesehatan pekerja pabrik.



Tabel 6.2 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Tabel 6.3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. Coli	CFU/100ml	0



Tabel 6.4 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
Wajib			
1.	PH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Flurida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Detergen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahkan			
1.	Air raksasa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzene	mg/l	0,01
10.	Zat Organik (KMNO_4)	mg/l	10



Pabrik natrium tripolifosfat diperkirakan akan membutuhkan karyawan sebanyak 300 orang dan setiap orang memerlukan 100 kg/hari, sehingga dapat dihitung total kebutuhan air sanitasi untuk karyawan adalah sebagai berikut:

$$= (\text{jumlah karyawan} \times \text{kebutuhan tiap orang}) / \text{berat jenis air}$$

$$= (30000 \text{ kg/hari}) / (995,68 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 30,13 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tabel 6.5 Kebutuhan air sanitasi

No.	Kebutuhan	Debit (m ³ /jam)
1	Karyawan	1, 255
2	Laboratorium (30% dari karyawan)	0,376
3	Taman (10% dari karyawan)	0,125
Total		1,756

2. Air Pendingin

Air pendingin merupakan salah satu jenis air yang diperlukan dalam proses industri. Kualitas air pendingin akan mempengaruhi integritas komponen atau struktur reaktor, karena pada dasarnya air sebagai pendingin akan berhubungan langsung dengan komponen atau struktur reaktor. Air yang digunakan sebagai pendingin harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan komponen atau struktur yang dirumuskan dalam spesifikasi kualitas air



VI-6

BAB VI Utilitas

pendingin (Lestari, 2006). Air pendingin pada pabrik natrium tripolifosfat digunakan pada jaket reaktor R-130 dan R-140.

Beberapa faktor yang membuat air menjadi air pendingin yang baik adalah :

1. Sumber daya melimpah dan tidak mahal.
2. Dapat ditangani dengan mudah dan aman digunakan.
3. Dapat membawa panas per unit volume dalam jumlah yang besar.
4. Tidak mengembang ataupun menyusut (volumenya) pada perubahan suhu dalam range normal.
5. Tidak terdekomposisi.

Beberapa parameter penting dalam sistem air pendingin:

1. Konduktivitas mengindikasikan jumlah dissolved mineral dalam air.
2. pH menunjukkan indikasi dari tingkat keasaman atau kebasaan dari air.
3. Alkalinitas berupa ion carbonate (CO_3^{2-}) dan ion bicarbonate (HCO_3^-).
4. Hardness / kesadahan menunjukkan jumlah ion calcium dan magnesium yang ada dalam air.



Tabel 6.6 Kebutuhan air pendingin

No	Alat dan kode	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Reaktor I (R-130)	7213694,86
2.	Reaktor II (R-140)	6034676,26
Total		13248371,12

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air pendingin} &= \text{total kebutuhan air pendingin} \\ &\quad \frac{\text{densitas air}}{} \\ &= \frac{13248371,12 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 13305,85 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga diambil sebesar 10% dari total kebutuhan air pendingin untuk kebutuhan make up water yaitu:

$$\begin{aligned} &= \text{Total kebutuhan air pendingin} \times 10\% \\ &= 13305,85 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10\% \\ &= 1330,59 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

3. Proses Water Treatment

Pengolahan air sungai Cidanau pada pabrik natrium tripolifosfat meliputi:

- Pre-treatment

Air yang digunakan yang berasal dari sungai, sebelum masuk kedalam bak penampung dan dilewatkan saringan (strainer) untuk mengurangi kotoran yang berukuran makro maupun mikro. Ketika masuk bak penampung, kotoran akan



dilewatkan melalui sekat filter untuk mengendapkan kotoran seperti pasir yang dapat terlarut dalam air. Setelah itu air dari bak penampung dialirkan ke proses pengolahan berikutnya.

- **Sedimentasi**

Air dari hasil pengendapan akan dilanjutkan dengan proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi adalah proses penetrasi partikel-partikel yang ada dalam air sehingga sesamanya tidak saling tolak menolak dan dapat diendapkan bersama - sama. Dengan menambahkan bahan kimia pengendap dimasukkan ke dalam air tersebut dan diaduk dengan cepat. Setelah terbentuk flok dilanjutkan dengan flokulasi. Dengan pengadukan lambat partikel-partikel halus hasil koagulasi akan membentuk suatu gumpalan yang besar sehingga lebih mudah mengendap. Bahan kimia yang digunakan adalah tawas dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

- **Filtrasi**

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan Activated Carbon Filter untuk menyerap organic matter, klorin dan suspended solid dalam air. Pembersihan filter dilakukan dengan meregenerasi karbon aktif dengan menggunakan NaOH dengan metode backwashing. Keluar dari Activated Carbon Filter, air dari tahap ini disimpan dalam tangki penampung air bersih yang akan dialirkan menggunakan pompa ke unit air sanitasi, ke cooling tower, dan unit air proses.



- **Unit Air Sanitasi**

Pada Unit Air Sanitasi, air ditambahkan dengan kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amoeba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ atau kaporit berperan sebagai desinfektan yang berfungsi untuk mencegah berkembang biaknya bakteri pada sistem distribusi air sanitasi. Kaporit adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut:



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut:



- **Unit Air Cooling**

Air cooling diambil dari air softening yang kemudian dialirkan menuju cooling tower. Air cooling digunakan untuk media pendingin dari condensor pada unit refrigerator.

- **Unit Air Proses**

Air Proses pada pabrik natrium tripolifosfat digunakan untuk menangkap padatan debu dari flue gas yang berasal dari cyclone I,II,II.



No	Alat dan kode	Produksi debu (kg/hari)
1.	Cyclone I (H-156)	3,24
2.	Cyclone II (H-215)	56,20
3.	Cyclone III (H-224)	3,07
	Total	62,51

Massa total dari ketiga Cyclone adalah 62,51 kg/hari, maka kmol nya adalah 0,084 kmol/hari. Sehingga volume gas masuk pada tekanan 1 atm dan suhu 200°C

$$P \cdot V = nRT$$

$$101,325 \text{ N/m}^2 \cdot V = 84,89 \text{ mol. } 8,314 \text{ J/mol.K} \cdot 473^\circ\text{K}$$

$$V = 3294.85 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Air yang digunakan pada scrubber adalah $0,67 - 1,4 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ gas (Othmer, volume 1). Maka dipilih 1 m^3 air / 1000 m^3 gas. Sehingga untuk gas dengan volume 3294.85 m^3 maka air yang dibutuhkan adalah

$$\frac{1 \text{ m}^3 \text{ air}}{1000 \text{ m}^3 \text{ gas}} = \frac{x \text{ m}^3 \text{ air}}{3294.85 \text{ m}^3 \text{ gas}}$$

$$\text{Maka, } x = 3.295 \text{ m}^3 \text{ air}$$

Diketahui densitas air pada $30^\circ\text{C} = 995,372 \text{ kg/m}^3$, air masuk pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sehingga laju alir massa air .

$$\text{Massa} = \rho \times \text{volume} = 3.295 \text{ m}^3 \times 995,372 \text{ kg/m}^3 = 3279.61 \text{ kg air/hari}$$



6.2 Unit Pengadaan Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dan berbagai peralatan proses maupun untuk penerangan. Kebutuhan pabrik natrium tripolifosfat didapatkan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Gitet Cilegon Baru yang menghasilkan listrik 2000MW.

6.3 Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik natrium tripolifosfat adalah natural gas berupa CH_4 dan C_3H_8 yang disuplai dari PT. GAS DEPO INDUSTRI.

Tabel 6.7 Karakteristik Natural Gas

Natural Gas	Heating Value (Btu/lb)	Specific Gravity
CH_4	21433	0,5537
C_3H_8	19834	1,5219



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VII

KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

7.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum

Sistem keselamatan kerja merupakan satu upaya untuk menjadikan kondisi kerja yang aman, bagi pekerja ataupun kelangsungan operasi pabrik. Hal ini agar pekerja terhindar dari berbagai macam kecelakaan seperti kebakaran, kebocoran, atau pencemaran lingkungan. Pada pabrik Natrium Tripolifosfat dari Natrium Hidroksida dan Asam Fosfat dengan proses dua tahap pengeringan ini keselamatan dan kesehatan kerja merupakan bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari dan menimbulkan tejadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Penerapan K3 terkait dengan UU Tenaga Kerja Tahun 1990, dan dengan dasar pertimbangan sebagai berikut:

- Setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan dan meningkatkan produksi serta produktivitas Nasional.
- Setiap orang yang berada di tempat kerja perlu terjamin pula keselamatannya.
- Setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan effisien.



- Pengurus diwajibkan memenuhi dan mentaati semua syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan yang berlaku bagi usaha dan tempat kerja yang dijalankan.
- Barang siapa akan memasuki sesuatu tempat kerja, diwajibkan mentaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.
- Mematuhi peraturan menteri tenaga kerja no 50 tahun 2012 tentang sistem manajemen K3
- Tercapainya zero accident

Menurut Undang-Undang No.40 Tahun 2004, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam hubungan kerja, termasuk kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan dari rumah menuju tempat kerja atau sebaliknya, dan penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja. Adapun kecelakaan kerja dibagi menjadi 4 macam, antara lain:

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang tidak menimbulkan kehilangan hari kerja
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan kehilangan hari 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 kehilangan nyawa manusia.



7.2 Potensi Bahaya Lingkungan Kerja

Menurut International Labour Organization (2013), suatu bahaya kesehatan akan muncul bila seseorang kontak dengan sesuatu yang dapat menyebabkan gangguan/kerusakan bagi tubuh ketika terjadi paparan yang berlebihan. Bahaya kesehatan dapat menyebabkan penyakit yang disebabkan oleh paparan suatu sumber bahaya di tempat kerja. Secara umum sebab-sebab timbulnya kecelakaan di lingkungan pabrik adalah sebagai berikut:

1. Lingkungan Fisik

Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin-mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Kecelakaan yang terjadi merupakan akibat dari:

- Kesalahan perencanaan
- Aus atau rusaknya peralatan
- Kesalahan dalam pembelian alat
- 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. Manusia

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

3. Sistem Manajemen

- Kurangnya perhatian manager terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi.
- Tidak adanya inspeksi peralatan.
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya

4. Bahaya Mekanik

- Kecelakaan yang disebabkan oleh benda-benda mekanik, antara lain:
- Benda-benda berputar atau bergerak
- Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang.

5. Bahaya Kimia

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-



bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

7.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pabrik Sodium Tripolifosfat

7.3.1 Keselamatan Karyawan

Pada saat melaksanakan kerja, karyawan memerlukan APD. Alat pelindung diri adalah alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang dalam melakukan pekerjaan yang fungsinya mengisolasi tubuh seorang tenaga kerja dari bahaya yang mungkin terjadi di tempat kerja.

7.3.2 Syarat-syarat Alat Pelindung Diri

- Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja
- Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku
- Efisien, ringan, dan nyaman dipakai
- Tidak menganggu gerakan-gerakan yang diperlukan
- Tahan lama dan pemeliharaannya mudah

7.3.3 Kelemahan-kelemahan Penggunaan Alat Pelindung Diri

- Tidak enak dipakai atau kurang nyaman
- Sangat sensitif terhadap perubahan waktu
- Mempunyai masa kerja tertentu



- Dapat menularkan penyakit apabila digunakan secara bergantian.

7.3.4 Jenis-jenis Alat Pelindung Diri

1. Topi/Helm Keselamatan (Safety Helm)
Untuk melindungi kepala terhadap benturan, kemungkinan tertimpa benda-benda yang jatuh, melindungi bagian kepala dari kejutan listrik ataupun terhadap kemungkinan terkena bahan kimia yang berbahaya. Digunakan selama jam kerja di daerah instalasi pabrik.
2. Alat Pelindung mata (eye goggle)
Alat pelindung mata berfungsi untuk melindungi mata terhadap benda yang melayang, percikan, bahan kimia, dan cahaya yang menyilaukan.
3. Alat pelindung muka
Alat pelindung muka berfungsi untuk melindungi muka dari dahi sampai batas leher, terhadap bahan kimia yang berbahaya. Pancaran panas, pancaran sinar UV, serta inframerah
4. Alat Pelindung telinga
Untuk melindungi telinga terhadap kebisingan. Macam-macam dari alat pelindung pendengaran ini adalah :
 - Ear Plug



Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95dB.

- Ear muff

Digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95dB.

5. Alat Pelindung Pernafasan

Alat pelindung pernafasan berfungsi untuk melindungi hidung dan mulut dari berbagai gangguan yang membahayakan tenaga kerja. Terdiri dari :

- Masker dengan filter untuk debu

Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan dapat menyaring debu pada ukuran rata-rata 0,6 mikron sebanyak 98%

- Masker dengan filter untuk debu dan gas

Digunakan untuk melindungi hidung dan mulut dari debu dan gas asam, uap bahan organik, fumes, asap, dan kabut

- Masker gas dengan tabung penyaring

Digunakan untuk melindungi mata, hidung, dan mulut dari gas, uap, dan fumes yang dapat menimbulkan gangguan pada keselamatan dan kesehatan kerja

6. Sarung tangan

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi tangan terhadap bahaya fisik, kimia, dan listrik



- Sarung tangan karet
Digunakan apabila bekerja dengan bahan kimia yang berbahaya, korosif, dan iritasi
- Sarung tangan listrik
Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terkena bahaya listrik

7. Sepatu Pengaman

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi kaki terhadap gangguan yang membahayakan para pekerja di tempat kerja. Macam-macam dari sepatu pengaman yang digunakan adalah :

- Sepatu keselamatan
Digunakan untuk melindungi kaki dari benda yang keras atau tajam, luka bakar yang disebabkan oleh bahan kimia yang korosif, tertembus benda tajam, serta untuk menjaga agar seseorang tidak jatuh terpeleset oleh air atau minyak.
- Sepatu karet
Digunakan untuk melindungi kaki terhadap bahan kimia yang berbahaya
- Sepatu listrik
Digunakan apabila bekerja dengan kemungkinan terdapat bahaya listrik.

**8. Baju Pelindung**

Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap berbagai gangguan yang dapat membahayakan para pekerja. Baju pelindung yang digunakan adalah :

- Baju pelindung yang tahan terhadap asam atau alkali (warna kuning)

Digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh terhadap percikan bahan kimia yang berbahaya baik asam ataupun alkali

7.3.5 Hal-hal yang harus diperhatikan dalam Pabrik STPP

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

a. Bangunan Pabrik

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

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat



bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat-alat bergerak

Alat-alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam blower, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi jarak yang cukup dengan peralatan lainnya, sehingga apabila terjadi kerusakan bisa diperbaiki dengan mudah.

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler.

e. Sistem perpipaan

Pipa-pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa. Pipa-pipa harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang.

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 (sekring) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (ground) dalam bentuk arde.

**g. Karyawan**

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit-unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing-masing, serta dalam bidang kesehatan dan keselamatan keja secara umum.

7.3.6 Instalasi Pemadam Kebakaran

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, sprinkle, dry chemical powder
- Instalasi tidak tetap : fire extinguisher

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya, diletakkan di tempat-tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya : dekat reaktor, boiler, operasi unit, atau power station.



7.3.7 Keselamatan Pabrik

Alat pelindung untuk mencegah kecelakaan kerja pada pabrik STPP antara lain :

Unit	Area	Alat Pelindung
Penyimpanan bahan baku	Tangki penyimpanan (F-110) dan (F-120)	<ul style="list-style-type: none">• Safety helm• Sepatu keselamatan• Sarung tangan karet
Tahap Netralisasi	Reaktor I (R-130) dan Reaktor II (R-140)	<ul style="list-style-type: none">• Safety helm• Sepatu keselamatan• Sarung tangan karet• Masker gas
Tahap Pengeringan dan Kalsinasi	Spray Dryer (D-150), Rotary Kiln (B-210)	<ul style="list-style-type: none">• Safety helm• Sepatu keselamatan• Sarung tangan karet• Ear plug• Masker filter debu
Tahap Pendinginan dan penggilingan akhir	Rotary cooler (E-220), Ball Mill (C-230), Vibrating Screen, Silo	<ul style="list-style-type: none">• Safety helm• Sepatu keselamatan• Sarung tangan karet



		<ul style="list-style-type: none">• Ear plug• Masker filter debu
Utilitas	Cooling tower, furnace	<ul style="list-style-type: none">• Safety helm• Safety shoes• Sepatu karet• Ear plug



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII

INSTRUMENTASI

Dalam perencanaan suatu pabrik, alat ukur serta instrumentasi merupakan suatu bagian yang memegang peranan sangat penting karena dengan adanya sistem informasi tersebut maka bagian-bagian penting dari pabrik yang memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik. Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi, juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variable proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk memperingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya.

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik adalah sebagai berikut :

- Untuk menjaga suatu proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara :
 - Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara interlock otomatis jika kondisi kritis muncul.
 - Menjaga variabel-variabel proses berada pada batas kondisi yang aman.
 - Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki
 - Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja



- Menjaga kualitas agar tetap berada dalam standar yang telah ditetapkan
- Memperoleh hasil kerja yang efisien
- Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan instrumentasi adalah :

- Ketelitian yang dibutuhkan
- Mudah pengoperasianya
- Mudah diganti jika rusak
- Level instrumentasi
- Biaya ekonomis

Secara garis besar, alat-alat kontrol 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 sistem pengendalian proses. Untuk mengukur besaran dari suatu proses digunakan alat ukur yang disebut sebagai sensor (bagian yang berhubungan langsung dengan medium yang diukur), dimana transmitter 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 ke peralatan 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. Katup pengatur (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.

Pengendalian variabel proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrumen penunjuk saja, sedangkan untuk pengendalian



secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitif 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
- Precition
- 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 temperature 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 NaOH



- Level Controller

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian NaOH dalam tangki

- Valve Controller

Fungsi : untuk mengatur aliran larutan NaOH dari tangki penyimpan yang masuk ke dalam reaktor I dan reaktor II

2) Tangki Penyimpanan H₃PO₄

- Level Controller

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian H₃PO₄ dalam tangki

3) Reaktor

- Temperature Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada reaktor

- Level Controller

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian aliran NaH₂PO₄ pada reaktor I (R-130) dan aliran Na₂HPO₄ pada reaktor II (R-140)

4) Spray Dryer

- Temperature Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada Spray Dryer

5) Rotary Kiln

- Temperature Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperature operasi pada Rotary Kiln



6) Rotary Cooler

- Temperature Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada
Rotary Cooler

8.1 Tabel Sistem Kontrol pada Pabrik Sodium Tripolyphosphate

No	Nama Alat	Instrumentasi
1	Tangki Penyimpanan NaOH	Level Controller (LC)
2	Tangki Penyimpanan H ₃ PO ₄	Level Controller (LC)
5	Reaktor	Temperature Controller (TC)
6	Spray Dryer	Temperature Controller (TC)
7	Rotary Kiln	Temperature Controller (TC)
9	Rotary Cooler	Temperature Controller (TC)

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/ 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. Limbah bahan berbahaya dan beracun, yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Pengelolaan limbah B3 merupakan rangkaian kegiatan yang mencakup pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, dan/atau pengolahan, termasuk penimbunan limbah B3. Kewajiban untuk melakukan pengelolaan B3 merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kemungkinan risiko terhadap lingkungan hidup yang berupa terjadinya pencemaran 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, meminimalisasi 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 tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran adalah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologi lingkungan.

Dalam pabrik Sodium Tripolifosfat selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan yaitu :

1. Limbah cair

Limbah cair berupa waste water yang berasal dari air buangan dari pemakaian sanitasi, air dari laboratorium dan peralatan pabrik. Dari limbah tersebut, akan menimbulkan jumlah BOD dan COD meningkat serta terdapat beberapa limbah yang termasuk limbah B3 sehingga berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan, oleh karena itu



perlu pengolahan limbah terlebih dahulu untuk mengatasi limbah tersebut

2. Limbah padat

Limbah padat berupa debu dan partikel-partikel kecil yang dikeluarkan pada cyclone yang berjumlah 3 buah. Pada cyclone I, limbah padatan berupa padatan hasil Spray Dryer berupa padatan orthophosphate. Limbah yang dihasilkan cukup banyak sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi pencemaran udara di lingkungan sekitar pabrik ataupun masyarakat.

Penanganan Limbah pada Pabrik Natrium Tripolifosfat

1. Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat diolah dengan menggunakan scrubber yaitu debu akan ditangkap/dikontakkan dengan cara disemprotkan dengan air. Butiran air yang mengandung partikel dan gas yang terlarut akan dipisahkan dengan aliran gas utama atas dasar gaya sentrifugal. Slurry dikumpulkan di bagian bawah cyclone. Rentang ukuran debu yang dapat dipisahkan adalah 3-5 mikron. Gas yang terlarut akan menjadi limbah cair dan diolah bersama limbah air buangan akhir proses. Sedangkan gas yang tidak terlarut akan dilepaskan ke udara bebas sebagai limbah gas melalui



cerobong yang tinggi agar tidak mencemari masyarakat dan lingkungan sekitar.

2. Pengolahan Limbah Cair

Untuk air limbah reguler yang hanya disesuaikan pH, dapat dikumpulkan melalui berbagai sistem pengumpulan dan dipompa ke kolam air limbah biasa. Kemudian ditambahkan asam dan alkali. Lalu akan dialirkan ke kolam neutralisasi. Setelah kualitas air memenuhi standar, maka akan mengalir ke reservoir air bersih. Air dari reservoir bersih dapat disaring atau digunakan langsung oleh sistem lain. Air limbah sanitasi akan dikumpulkan ke kolam air limbah untuk dipompa ke unit pengolahan biologis primer oleh waste water pump.

Air keluaran setelah treatment akan meluap ke kolam sekunder dan bahan suspending akan diendapkan bersamaan dengan membran biologis sebagai lumpur dan air bersih akan mengalir ke kolam sterilisasi dan dialirkan dengan booster pump dari kolam air bersih setelah disterilkan oleh sodium hipoklorit. Udara harus dikirim ke unit pengolahan biologis oleh blower untuk membantu membran biologis, dan membuat air keluaran pada unit perawatan biologis sekunder kembali melakukan perawatan sirkulasi sehingga dapat memperbaiki efek treatment.

BAB X

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik Natrium Tripolifosfat dari Natrium Hidroksida dan Asam Fosfat dengan Proses Dua Tahap Pengeringan”, dapat mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rencana Operasi

Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinu selama 330 hari/tahun, 24 jam/hari.

2. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pabrik Natrium Tripolifosfat ini sebesar 45.000 ton/tahun.

3. Bahan baku dan bahan pendukung

Bahan baku :

- Bahan baku utama pabrik ini adalah asam fosfat diperoleh dari Guizhou Sino-Phos Chemical CO., LTD, China dan natrium hidroksida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon
- Bahan baku pendukung pabrik ini adalah air.

**Pabrik STPP dari Natrium
Hidroksida dan Asam Fosfat dengan
Proses Dua Tahap Pengeringan**

**Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi ITS**

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	ΔH_f	Enthalpy pembentukan	kkal/kmol
6	ΔH_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	ρ	Densitas	gram/cm ³
12	η	Efisiensi	%
13	μ	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	ΣF	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 ²
27	A	Luas perpindahan panas	ft ²
28	A	Area aliran	ft ²
29	B	Baffle spacing	in
30	f	Faktor friksi	ft ² /in ²
31	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft ²)
32	h_{ex}	Sudden exspansion	ft.lbf/lbm
33	gc	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s ²
34	A	Luas perpindahan panas	ft ²

35	a	Area aliran	ft ²
36	B	Baffle spacing	in
37	F	Faktor friksi	ft ² /in ²
38	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft ²)
39	k	Thermal conductivity	Btu/(hr)(ft ²)(°F/ft)
40	qf	Debit fluida	cuft/s
41	L	Panjang shell course	in
42	n	Jumlah course	-

DAFTAR PUSTAKA

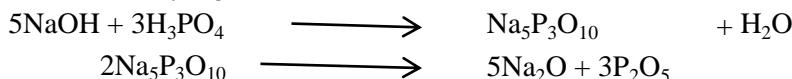
- Faith, K. C. (2009). Industrial Chemicals.
- Febriantina, N. (2016). Prarancangan Pabrik Sodium Tripolyphosphate dari Asam Fosfat dan Natrium Karbonat Kapasitas 50.000 ton/tahun.
- Gilmour, R. (2007). Phosphoric Acid. New York: CRC Press.
- Striving Better in Challenging Year. (2015). Banten: PT UNGGUL INDAH CAHAYA Tbk.
- Wijawan, G. I. (2011). Menteri Perdagangan Republik Indonesia.

APPENDIKS A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produksi	=	45000	Na ₅ P ₃ O ₁₀ ton/tahun
	=	136.3636364	Na ₅ P ₃ O ₁₀ ton/tahun
	=	136364	Na ₅ P ₃ O ₁₀ kg/tahun
	=	330	hari/tahun ; 24 jam/hari
Basis waktu	=	1 hari	
satuan massa	=	kg	

Zat	Berat Molekul
NaOH	40
H ₃ PO ₄	98
NaH ₂ PO ₄	120
Na ₂ HPO ₄	142
Na ₄ P ₂ O ₇	266
Na ₅ P ₃ O ₁₀	368
O ₂	32
CO ₂	44
H ₂ O	18
N ₂	28

Reaksi STPP yang dihasilkan

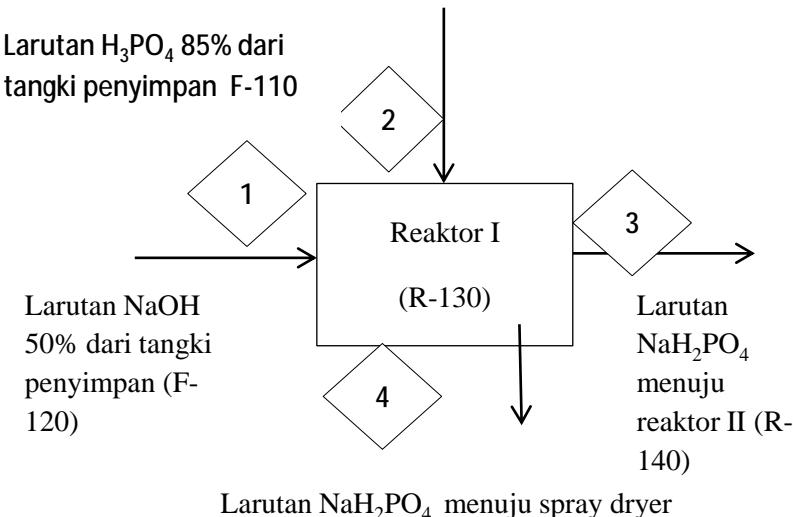


Mencari konsentrasi kandungan P₂O₅ dari STPP yang dihasilkan dengan cara :

basis bahan baku H ₃ PO ₄	:	113802.227 kg
flowrate H ₃ PO ₄	:	70079.4112 kg
bahan baku NaOH yang masuk	:	101075.0 kg
flowrate NaOH	:	39166.546

maka konsentrasi P_2O_5	:	0.57 %
konsentrasi Na_2O	:	0.43 %

1. Reaktor I (R-120)



Reaksi pada Reaktor I



mencari kmol H_3PO_4

$$H_3PO_4 \text{ yang masuk} = 113802.2268 \text{ kg}$$

dengan komposisi

$$H_3PO_4 85\% = 0.85 \times 113802.2268 = 96731.89 \text{ kg}$$

$$H_2O = 0.15 \times 113802.2268 = 17070.33 \text{ kg}$$

$$\text{maka, kmol } H_3PO_4 = \frac{\text{massa } H_3PO_4}{\text{Berat molekul } H_3PO_4}$$

$$= 987.06 \text{ kmol}$$

$$\text{karena reaksi setara, maka kmol } NaOH = 987.06 \text{ kmol}$$

Sehingga, bisa dihitung kg NaOH yang masuk pada reaktor I

$$\text{massa NaOH} = \text{kmol NaOH} \times \text{berat molekul NaOH}$$

$$= 987.06 \times 40$$

$$= 39482.41 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O } 50\% = 39482.40521 \text{ kg}$$

larutan NaOH yang masuk pada reaktor 1 :

$$= 39482.41 + 39482.40521$$

$$= 78964.81 \text{ kg}$$

asumsi :

$$\text{konversi reaktor} = 92\%$$

Reaksi yang terjadi



komposisi	bm	kmol	berat
H ₃ PO ₄	98	78.96	7738.55
NaOH	40	78.96	3158.59
NaH ₂ PO ₄	120	908.10	108971.44
H ₂ O	18	908.10	16345.72

Campuran larutan dalam reaktor I akan dikeluarkan melalui dua aliran yaitu menuju reaktor II melalui aliran (3) dan menuju spray dryer melalui aliran (4). Banyaknya campuran larutan yang dialirkan ke reaktor II adalah 2/3 dari massa campuran total dan sisanya, yaitu 1/3 dialirkan ke spray dryer (Gilmour,2014).

aliran (3)

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 0.67 \times 7738.55 = 5159.03428 \text{ kg}$$

$$\text{NaOH} = 0.67 \times 3158.59 = 2105.73 \text{ kg}$$

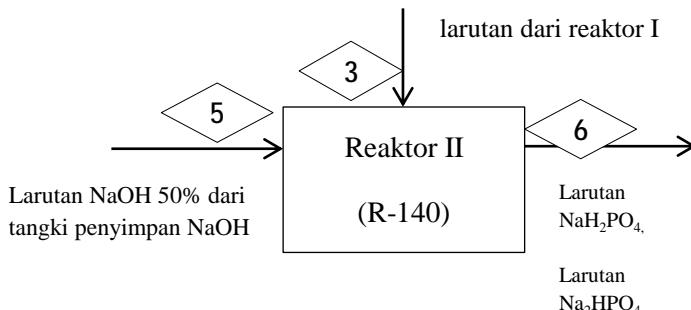
$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.67 \times 108971.44 = 72647.63 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.67 \times 16345.72 = 10897.14 \text{ kg}$$

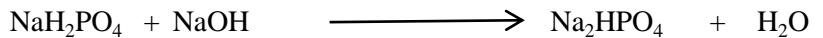
aliran (4)

H_3PO_4	=	0.33	x	7738.55 =	2579.52 kg
$NaOH$	=	0.33	x	3158.59 =	1052.86 kg
NaH_2PO_4	=	0.33	x	108971.44 =	36323.81 kg
H_2O	=	0.33	x	16345.72 =	5448.57 kg

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Aliran dari tangki (F-120) (1)		aliranreaktor II (3)	
$NaOH$	39482.41	H_3PO_4	5159.03
H_2O	39482.41	$NaOH$	2105.73
	78964.81	NaH_2PO_4	72647.63
Aliran dari tangki (F-130) (2)		H_2O	48598.97
H_3PO_4	96731.89		128511.36
H_2O	17070.33	Aliran (4)	
	113802.23	H_3PO_4	2579.52
total		$NaOH$	1052.86
	192767.04	NaH_2PO_4	36323.81
		H_2O	24299.48
			64255.68
total		total	192767.04

2. Reaktor II (R-140)

Reaksi yang terjadi pada reaktor II



pada reaktor I didapatkan kmol NaH₂PO₄ = 908.1 kmol

sehingga pada reaktor II = (2/3) x 908.1 = 605.40

Pada reaksi II memiliki koefisien yang setara, maka kmol NaOH

$$= 605.40 \text{ kmol}$$

sehingga kebutuhan NaOH pada reaktor II adalah

$$\text{massa NaOH} = \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH}$$

$$= 605.40 \times 40$$

$$= 24215.87519 \text{ kg}$$

larutan NaOH dari tangki penyimpan(F-120) juga

dipompa ke reaktor II yaitu :

$$\text{massa NaOH} = 24215.87519 - 2105.73$$

$$= 22110.15 \text{ kg}$$

NaOH total yang masuk ke reaktor II

$$= 22110.15 \times 2$$

$$= 44220.29383 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 22110.14692 \text{ kg}$$

Reaksi yang terjadi :



$$m : 605.40 \quad 605.40$$

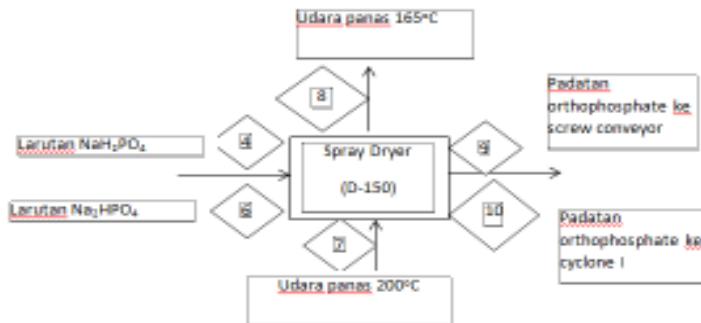
$$r : 605.40 \quad 605.40 \quad 605.40 \quad 605.40$$

$$s : - \quad - \quad 605.40 \quad 605.40$$

komposisi	bm	kmol	berat
NaH ₂ PO ₄	120	0.00	0.00
NaOH	40	0.00	0.00
Na ₂ HPO ₄	142	605.40	85966.36
H ₂ O	18	605.40	10897.14

masuk (kg)		masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari tangki (5)		aliran ke spray dryer (6)	
NaOH	22110.15	Na ₂ HPO ₄	85966.36
H ₂ O	22110.14692	H ₂ O	81606.26
	44220.29	H ₃ PO ₄	5159.03
aliran dari reaktor I (3)			
H ₃ PO ₄	5159.03		
NaOH	2105.73		
NaH ₂ PO ₄	72647.63		
H ₂ O	48598.97		
	128511.36		
total	172731.65	total	172731.65

3 Spray Dryer (D-150)



Pada spray dryer, terdapat 2 aliran masuk yaitu aliran dari reaktor I (R-130) dan reaktor II (R-140)

Aliran (4) yang masuk spray dryer

- H ₃ PO ₄	=	2579.52 kg
- NaOH	=	1052.86 kg
- NaH ₂ PO ₄	=	36323.81 kg
- H ₂ O	=	<u>24299.48 kg</u>
		64255.68 kg

aliran (6) yang masuk spray dryer

- H ₃ PO ₄	=	5159.03 kg
- Na ₂ HPO ₄	=	85966.36 kg
- H ₂ O	=	<u>81606.26 kg</u>
		172731.65

Aliran total (4) dan (6)

H ₃ PO ₄	=	7738.55 kg
NaOH	=	1052.86 kg
NaH ₂ PO ₄	=	36323.81 kg
H ₂ O	=	105905.75 kg
Na ₂ HPO ₄	=	85966.36 kg

asumsi

0.5% dari dry solid terbawa udara menuju cyclone dan 99.5% dari yang masuk menuju ke screw

$$\begin{aligned}
 \text{massa air yang keluar} &= \frac{0.05}{(1-0.05)} \times (\text{massa Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4) \\
 &= 0.053 \times 122290.17 \\
 &= 6436.324722 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

aliran (7)

$$\text{udara panas} = 37523.94 \text{ kg}$$

aliran ke screw conveyor**aliran (9)**

- NaH ₂ PO ₄	=	0.995	x	36323.8	=	36142.19373 kg
- Na ₂ HPO ₄	=	0.995	x	85966.4	=	85536.52515 kg
- NaOH	=	0.995	x	1052.86	=	1047.60 kg
- H ₂ O	=	0.995	x	6436.32	=	6404.143099 kg

Aliran ke cyclone I

- NaH ₂ PO ₄	=	0.005	x	36323.8	=	181.62 kg
- Na ₂ HPO ₄	=	0.005	x	85966.4	=	429.83 kg
- NaOH	=	0.005	x	1052.86	=	5.26 kg
- H ₂ O	=	0.005	x	6436.32	=	32.18 kg

aliran massa uap air

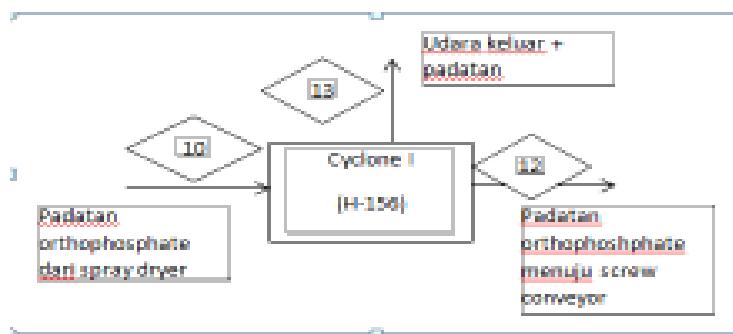
$$\begin{aligned}
 \text{massa uap air} &= \text{massa air masuk} - \text{massa air keluar} + \text{massa H}_3\text{PO}_4 \\
 &= 105905.75 - 6436.324722 + 7738.55 \\
 &= 107207.97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Masuk (kg)		Masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (4) dan aliran (6)		aliran screw conveyor (9)	
H ₃ PO ₄	7738.55	NaH ₂ PO ₄	36142.19
NaOH	1052.86	Na ₂ HPO ₄	85536.53
NaH ₂ PO ₄	36323.81	NaOH	1047.60
H ₂ O	105905.75	H ₂ O	6404.14
Na ₂ HPO ₄	85966.36		129130.46
	236987.33	Aliran ke cyclone I (8)	
aliran (7)		NaH ₂ PO ₄	181.62
udara panas	37523.94	Na ₂ HPO ₄	429.83
		NaOH	5.26
		H ₂ O	32.18

		aliran uap air (11)	
		H ₂ O	107207.97
		aliran (10)	
		udara panas	37523.94
total	274511.27	total	274511.27

4 Cyclone I (H-156)

Padatan yang terbawa udara panas dari spray dryer akan menuju cyclone I . Padatan sebesar 99,5% akan masuk menuju screw conveyor I dan sisanya sebesar 0,5% akan keluar terbawa udara



Aliran masuk

Aliran (8)

$$\begin{aligned}
 \text{NaH}_2\text{PO}_4 &= 181.62 \text{ kg} \\
 \text{Na}_2\text{HPO}_4 &= 429.83 \text{ kg} \\
 \text{NaOH} &= 5.26 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 32.18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Aliran keluar

aliran padatan yang menuju screw conveyor I (12)

$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.995 \times 181.62 = 180.71 \text{ kg}$$

Na_2HPO_4	=	0.995	x	429.83	=	427.68 kg
NaOH	=	0.995	x	5.26	=	5.24 kg
H_2O	=	0.995	x	32.18	=	32.02 kg

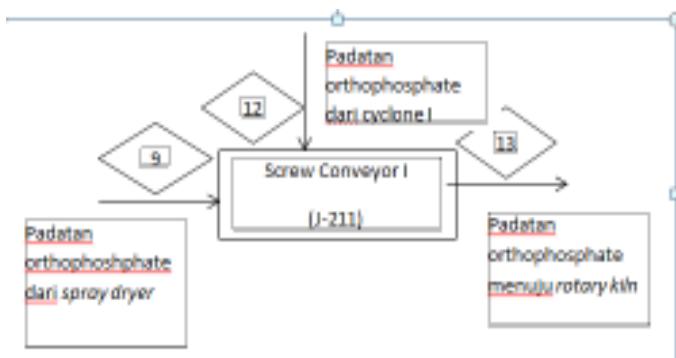
2 Padatan yang terbawa udara (13)

NaH_2PO_4	=	0.005	x	181.62	=	0.91 kg
Na_2HPO_4	=	0.005	x	429.83	=	2.15 kg
NaOH	=	0.005	x	5.26	=	0.03 kg
H_2O	=	0.005	x	32.18	=	0.16 kg

masuk (kg)		masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (8)		aliran menuju screw (10)	
NaH_2PO_4	181.62	NaH_2PO_4	180.71
Na_2HPO_4	429.83	Na_2HPO_4	427.68
NaOH	5.26	NaOH	5.24
H_2O	32.18	H_2O	32.02
			645.65
Padatan terbawa udara (13)		Padatan terbawa udara (13)	
		NaH_2PO_4	0.91
		Na_2HPO_4	2.15
		NaOH	0.03
		H_2O	0.16
			3.24
total	648.90	total	648.90

5. Screw Conveyor I (J-211)

Pada screw conveyor I, padatan yang keluar dari spray dyer (D-150) dan padatan yang terbawa oleh udara panas dari Cyclone I (H-156) akan bercampur dan dibawa menuju rotary kiln (B-210)



Aliran masuk

1. Padatan dari Spray Dryer (9)

- | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------|
| - | NaH_2PO_4 | = | 36142.19 kg |
| - | Na_2HPO_4 | = | 85536.53 kg |
| - | NaOH | = | 1047.60 kg |
| - | H_2O | = | <u>6404.14 kg</u> |
| | | | 129130.46 kg |

2.aliran menuju screw (10)

- | | | |
|------------------------------------|---|-----------------|
| - NaH ₂ PO ₄ | = | 180.71 kg |
| - Na ₂ HPO ₄ | = | 427.68 kg |
| - NaOH | = | 5.24 kg |
| - H ₂ O | = | <u>32.02 kg</u> |
| | | 645.65 kg |

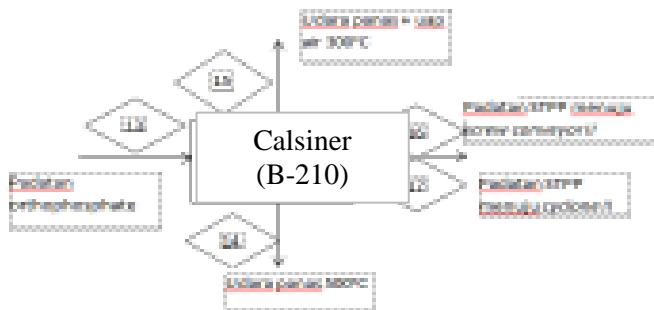
Aliran Keluar

1. Padatan menuju calsiner (13)

- | | | | | | | |
|---|---------------------------|---|----------|---|----------|----------|
| - | NaH_2PO_4 | = | 36142.19 | + | 180.71 = | 36322.90 |
| - | Na_2HPO_4 | = | 85536.53 | + | 427.68 = | 85964.21 |
| - | NaOH | = | 1047.60 | + | 5.24 = | 1052.84 |
| - | H_2O | = | 6404.14 | + | 32.02 = | 6436.16 |

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari Spray Dryer (9)		aliran ke calsiner(12)	
NaH ₂ PO ₄	36142.19	NaH ₂ PO ₄	36322.90
Na ₂ HPO ₄	85536.53	Na ₂ HPO ₄	85964.21
NaOH	1047.60	NaOH	1052.84
H ₂ O	6404.14	H ₂ O	6436.16
	129130.46		
2.aliran menuju screw (10)			
NaH ₂ PO ₄	180.71		
Na ₂ HPO ₄	427.68		
NaOH	5.24		
H ₂ O	32.02		
	645.65		
total	129776.11	total	129776.11

6. Calsiner (B-210)



reaksi kalsinasi yang terjadi dalam calsiner adalah

$$2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} + 2\text{H}_2\text{O}$$

Selain reaksi kalsinasi, dalam calsiner juga terjadi reaksi pembentukan reaksi samping berupa Sodium pyrophosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) dengan reaksi sebagai berikut :



Menurut (Sproul,1969) United Office Patent

1. Natrium Tripolifosfat yang terbentuk 96% dan sisanya berupa produk samping yaitu Natrium Pirofosfat

Aliran yang masuk dari screw conveyor I (J-211)

1. Aliran (12)

- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 36322.90 \text{ kg}$
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 = 85964.21 \text{ kg}$
- $\text{NaOH} = 1052.84 \text{ kg}$
- $\text{H}_2\text{O} = 6436.16 \text{ kg}$

$$\text{2. Udara panas} = 2381.88 \text{ kg}$$

1. Padatan Orthophosphate dari screw conveyor I

$$\begin{aligned}
 - \text{NaH}_2\text{PO}_4 &= \frac{\text{konversi STPP yang}}{\text{terbentuk}} \times \text{kmol NaH}_2\text{PO}_4 \\
 - \text{NaH}_2\text{PO}_4 &= 96\% \times \text{kmol} \\
 &= 96\% \times \frac{\text{massa NaH}_2\text{PO}_4}{\text{berat molekul NaH}_2\text{PO}_4} \\
 &= 96\% \times 302.690872 \\
 &= 290.58324 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{NaH}_2\text{PO}_4 &= \frac{\text{konversi STPP yang}}{\text{terbentuk}} \times \text{konversi STPP masuk} \\
 &= \frac{\text{konversi STPP yang}}{\text{terbentuk}} \times \text{konversi STPP masuk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 96\% \quad \times \quad 605.38 \\
 &= 581.17 \quad \text{kmol}
 \end{aligned}$$

Reaksi I

NaH_2PO_4	$+ 2\text{Na}_2\text{HPO}_4$	\longrightarrow	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	$+ 2\text{H}_2\text{O}$
m: 302.69	605.38			
r: 290.58	581.17		290.58	581.17
s: 12.11	24.22		290.58	581.17

STPP yang terbentuk 96% dari produk total, sehingga hasil samping berupa $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ sebesar 4%

$$\begin{aligned}
 \text{Konversi} &= 96\% \\
 \text{sisa} &= 4.00\%
 \end{aligned}$$

Reaksi II

$2\text{Na}_2\text{HPO}_4$	\longrightarrow	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$+ \text{H}_2\text{O}$
m: 605.38			
r: 24.22		12.11	12.11
s: 581.17		12.11	12.11

$$\begin{aligned}
 \textbf{1. STPP yang terbentuk} &= \text{konversi STP} \times \text{kmol} \quad \text{NaH}_2\text{PO}_4 \\
 &= 96\% \quad \times \quad 302.69 \\
 &= 290.58 \\
 \text{massa} &= \text{kmol} \quad \times \quad \text{Berat Molekul STPP} \\
 &= 290.58 \quad \times \quad 368 \\
 &= 106934.631 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

2. Serbuk Sodium Pyrophosphate

$$\begin{aligned}
 \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \text{ yang terbentuk} &= 12.11 \quad \text{kmol} \\
 \text{massa} &= \text{kmol} \quad \times \quad \text{Berat Molekul TSPP} \\
 &= 12.11 \times \quad 266 \\
 &= 3220.63 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Air yang terbentuk} &= 581.17 \text{ kmol} \\ &= 10461.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa air keluar} &= \frac{0.005}{1-0.005} \times (\text{massa Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} + \text{massa} \\ &\quad \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{massa NaH}_2\text{PO}_4) \\ &= 0.005 \times 111608.18 \\ &= 560.85 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aliran menuju Screw Conveyor II (14)

$$\begin{aligned} - \text{ NaH}_2\text{PO}_4 &= 0.995 \times 1452.92 = 1445.65 \text{ kg} \\ - \text{ Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} &= 0.995 \times 106934.6 = 106399.96 \text{ kg} \\ - \text{ Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 &= 0.995 \times 3220.63 = 3204.53 \text{ kg} \\ - \text{ H}_2\text{O} &= 0.995 \times 560.85 = 558.04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aliran menuju Cyclone II (15)

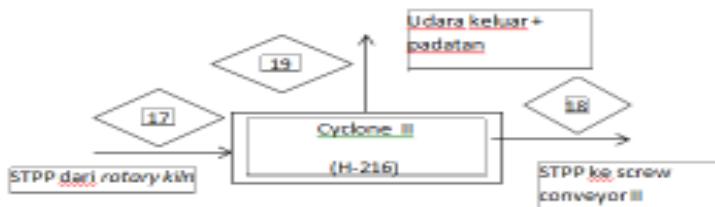
$$\begin{aligned} - \text{ NaH}_2\text{PO}_4 &= 0.005 \times 1452.92 = 7.26 \text{ kg} \\ - \text{ Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} &= 0.005 \times 106934.6 = 534.67 \text{ kg} \\ - \text{ Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 &= 0.005 \times 3220.63 = 16.10 \text{ kg} \\ - \text{ H}_2\text{O} &= 0.005 \times 560.85 = 2.80 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aliran massa uap air(16)

$$\begin{aligned} \text{massa uap air} &= \text{massa air masuk} - \text{massa air keluar} + \text{NaOH} \\ &= 6436.16 - 560.85 + 1052.84 \\ &= 6928.16 \text{ kg} \end{aligned}$$

masuk (kg)		masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran (12)		aliran (14)	
NaH ₂ PO ₄	36322.90	NaH ₂ PO ₄	1445.65
Na ₂ HPO ₄	85964.21	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106399.96
NaOH	1052.84	Na ₄ P ₂ O ₇	3204.53
H ₂ O	6436.16	H ₂ O	558.04
	129776.11		111608.18
aliran (13)		Aliran ke Cyclone II (15)	
udara panas	2381.88	NaH ₂ PO ₄	7.26
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	534.67
		Na ₄ P ₂ O ₇	16.10
		H ₂ O	10681.73821
			11239.78
Aliran massa uap air(16)			
uap air		uap air	6928.16
aliran (17)			
udara panas			2381.88
total	132157.99	total	132157.99

7. Cyclone II (H-216)



Asumsi :

padatan yang terbawa udara panas dari rotary kiln akan menuju cyclone II. padatan sebesar 99,5% akan masuk menuju screw conveyor II dan sisanya sebesar 0,5% akan keluar terbawa udara. Di dalam ccyclone II tidak terjadi reaksi

Aliran masuk

1. Padatan yang masuk ke cyclone II (15)

$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 7.26 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 534.67 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 16.10 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 10681.73821 \text{ kg}$$

Aliran keluar

1. Padatan yang menuju screw Conveyor II (18)

$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.995 \times 7.26 = 7.23 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 0.995 \times 534.67 = 532.00 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 0.995 \times 16.10 = 16.02 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.995 \times 10681.7382 = 10628.33 \text{ kg}$$

2. Padatan yang terbawa udara (19)

$$\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.005 \times 7.26 = 0.04 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 0.005 \times 534.67 = 2.67 \text{ kg}$$

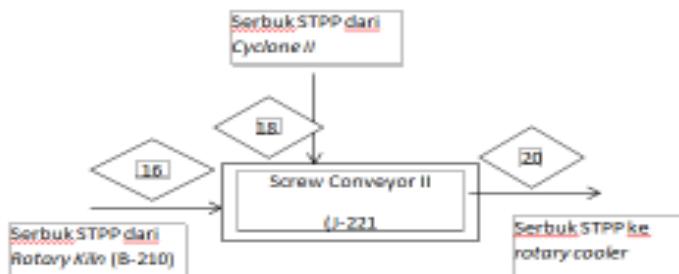
$$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 0.005 \times 16.10 = 0.08 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.005 \times 10681.7382 = 53.41 \text{ kg}$$

masuk (kg)		keluar (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran dari calsiner (15)		aliran (18)	
NaH ₂ PO ₄	7.26	NaH ₂ PO ₄	7.23
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534.67	Na ₅ P ₃ O ₁₀	532.00
Na ₄ P ₂ O ₇	16.10	Na ₄ P ₂ O ₇	16.02
H ₂ O	10681.73821	H ₂ O	10628.33
	11239.78		11183.58
		aliran (19)	
		NaH ₂ PO ₄	0.04
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	2.67
		Na ₄ P ₂ O ₇	0.08
		H ₂ O	53.41
			56.20
total	11239.78	total	11239.78

8. Screw Conveyor II (J-221)

1. Pada screw conveyor II, padatan yang keluar dari rotary kiln (B-210) dan padatan yang terbawa oleh udara panas dari calsiner (B-210) menuju cyclone II (H-216) akan bercampur dan dibawa menuju



Aliran masuk**1. Padatan dari calsiner (14)**

- NaH_2PO_4 = 1445.65 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 106399.96 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3204.53 kg
- H_2O = 558.04 kg

2. Padatan dari Cyclone II (18)

- NaH_2PO_4 = 7.23 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 532.00 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 16.02 kg
- H_2O = 10628.33 kg

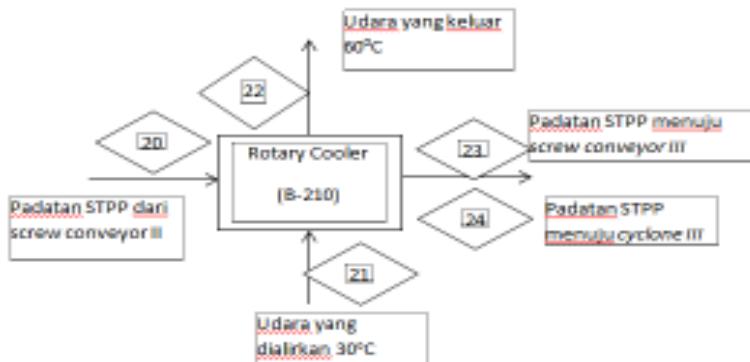
Aliran keluar menuju rotary cooler (20)**1. Padatan menuju rotary cooler**

$$\begin{aligned}
 \text{NaH}_2\text{PO}_4 &= 1445.65 + 7.23 = 1452.88 \text{ kg} \\
 \text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} &= 106399.96 + 532.00 = 106931.96 \text{ kg} \\
 \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 &= 3204.53 + 16.02 = 3220.55 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 558.04 + 10628.33 = 11186.37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

masuk (kg)		masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Padatan dari calsiner (14)		Aliran rotary cooler (20)	
NaH ₂ PO ₄	1445.65	NaH ₂ PO ₄	1452.88
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106399.96	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106931.96
Na ₄ P ₂ O ₇	3204.53	Na ₄ P ₂ O ₇	3220.55
H ₂ O	558.04	H ₂ O	11186.37
	111608.18		
Padatan Cyclone II (18)			
NaH ₂ PO ₄	7.23		
Na ₅ P ₃ O ₁₀	532.00		
Na ₄ P ₂ O ₇	16.02		
H ₂ O	10628.33		
	11183.58		
total	122791.76	total	122791.76

9. Rotary cooler (E-220)

Feed berupa padatan STPP 99,5% dari calsiner masuk ke dalam rotary cooler pada suhu 90°C. Udara yang digunakan sebagai media pendingin memiliki suhu 30°C. Padatan orthophosphate didinginkan hingga suhu 60°C.



Aliran masuk dari screw conveyor II (20)

NaH_2PO_4 = 1452.88 kg

$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 106931.96 kg

$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3220.55 kg

H_2O = 11186.37 kg

aliran udara untuk mendinginkan STPP (21)

udara = 9779.5 kg

Aliran keluar**1. Serbuk orthophosphate masuk ke**

screw conveyor III (23)

- NaH_2PO_4 = 0.995 x 1452.88 = 1445.62 kg

- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 0.995 x 106931.96 = 106397.30 kg

- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 0.995 x 3220.55 = 3204.45 kg

- H_2O = 0.995 x 11186.37 = 11130.44 kg

2. Serbuk Orthophosphate yang terbawa ke

cyclone III (24)

- NaH_2PO_4 = 0.005 x 1452.88 = 7.26 kg

- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 0.005 x 106931.96 = 534.66 kg

- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 0.005 x 3220.55 = 16.10 kg

- H_2O = 0.005 x 11186.37 = 55.93 kg

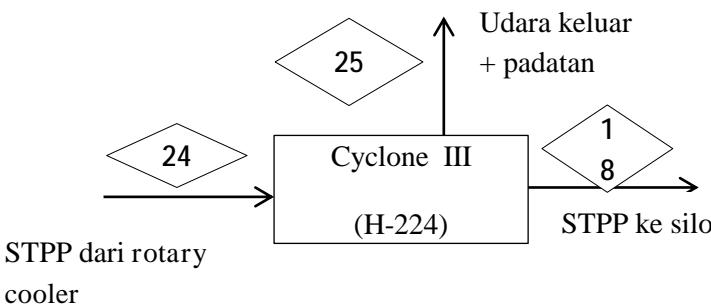
masuk (kg)		masuk (kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Aliran masuk dari screw conveyor II (20)		aliran (23)	
NaH ₂ PO ₄	1452.88	NaH ₂ PO ₄	1445.62
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106931.96	Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397.30
Na ₄ P ₂ O ₇	3220.55	Na ₄ P ₂ O ₇	3204.45
H ₂ O	11186.37	H ₂ O	11130.44
	122791.76		122177.80
aliran udara dingin (21)		aliran (24)	
udara	9779.5	NaH ₂ PO ₄	7.26
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	534.66
		Na ₄ P ₂ O ₇	16.10
		H ₂ O	55.93
			613.96
aliran udara dingin (21)		aliran udara dingin (21)	
udara	9779.5	udara	9779.5
total	132571.26	total	132571.26

10. Cyclone III (H-224)

Padatan yang terbawa udara dari rotary cooler akan menuju cyclone III.

Asumsi :

1. Padatan sebesar 99,5% akan masuk menuju screw conveyor III (J-231) dan sisanya 0,5% akan keluar terbawa udara

**Aliran masuk****Aliran dari rotary cooler (24)**

- NaH ₂ PO ₄	=	7.26 kg
- Na ₅ P ₃ O ₁₀	=	534.66 kg
- Na ₄ P ₂ O ₇	=	16.10 kg
- H ₂ O	=	55.93 kg

Aliran keluar

Padatan yang keluar dari cyclone III sudah memiliki partikel yang sangat halus dan memiliki ukuran ± 100 mesh sehingga padatan dari cyclone langsung masuk ke silo

1. Padatan menuju Silo (26)

- NaH ₂ PO ₄	=	0.995	\times	7.26	=	7.23 kg
- Na ₅ P ₃ O ₁₀	=	0.995	\times	534.66	=	531.99 kg
- Na ₄ P ₂ O ₇	=	0.995	\times	16.10	=	16.02 kg
- H ₂ O	=	0.995	\times	55.93	=	55.65 kg

2. Padatan yang terbawa udara (25)

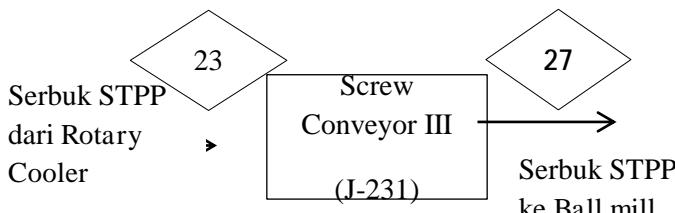
- NaH ₂ PO ₄	=	0.005	\times	7.26	=	0.04 kg
------------------------------------	---	-------	----------	------	---	---------

- Na ₅ P ₃ O ₁₀	=	0.005	x	534.66	=	2.67 kg
- Na ₄ P ₂ O ₇	=	0.005	x	16.10	=	0.08 kg
- H ₂ O	=	0.005	x	55.93	=	0.28 kg

masuk (kg)		keluar(kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Aliran dari rotary cooler (24)		Padatan menuju Silo (26)	
NaH ₂ PO ₄	7.26	NaH ₂ PO ₄	7.23
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534.66	Na ₅ P ₃ O ₁₀	531.99
Na ₄ P ₂ O ₇	16.10	Na ₄ P ₂ O ₇	16.02
H ₂ O	55.93	H ₂ O	55.65
			610.89
		Padatan terbawa udara (25)	
		NaH ₂ PO ₄	0.04
		Na ₅ P ₃ O ₁₀	2.67
		Na ₄ P ₂ O ₇	0.08
		H ₂ O	0.28
			3.07
total	613.96	total	613.96

11. Screw Conveyor III (J-231)

- 1.Pada screw conveyor III, padatan yang keluar dari rotary cooler (E-220) akan dibawa menuju ball mill (C-230).
2. Di dalam screw conveyor III tidak terjadi reaksi



KC DAN MM

Aliran masuk :

1. Padatan dari rotary cooler (23)

- NaH_2PO_4 = 1445.62 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 106397.30 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3204.45 kg
- H_2O = 11130.44 kg

Aliran keluar

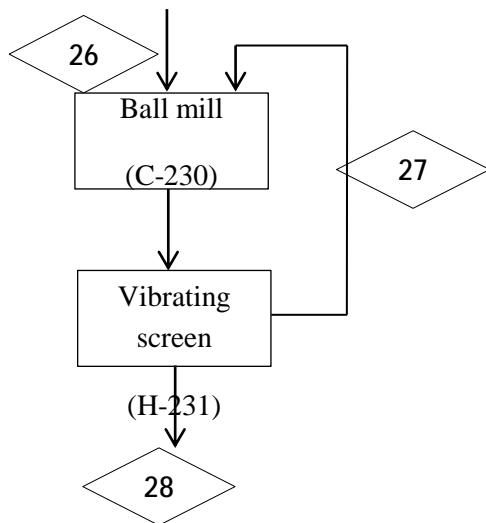
1. Padatan yang menuju ball mil (27)

- NaH_2PO_4 = 1445.62 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 106397.30 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3204.45 kg
- H_2O = 11130.44 kg

masuk (kg)		keluar(kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Aliran dari rotary cooler (23)		Padatan ke Ball Mill (26)	
NaH_2PO_4	1445.62	NaH_2PO_4	1445.62
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	106397.30	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	106397.30
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3204.45	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3204.45
H_2O	11130.44	H_2O	11130.44
total	122177.80	total	122177.80

12. Ball Mill (C-230)

-Feed berupa serbuk STPP berasal dari rotary cooler (E-220) yang dipindahkan menggunakan screw conveyor III (J-231) dan hasil recycle yang dipindahkan melalui wadah yang langsung direcycle menuju ball mill



Aliran masuk

1. Serbuk STPP (26)

- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 1445.62 \text{ kg}$
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 106397.30 \text{ kg}$
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 3204.45 \text{ kg}$
- $\text{H}_2\text{O} = 11130.44 \text{ kg}$

2. Serbuk STPP yang di recycle (27)

- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.11 \times 1445.62 = 160.62 \text{ kg}$
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 0.11 \times 106397.30 = 11821.92 \text{ kg}$
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 0.11 \times 3204.45 = 356.05 \text{ kg}$
- $\text{H}_2\text{O} = 0.11 \times 11130.44 = 1236.72 \text{ kg}$

Aliran keluar

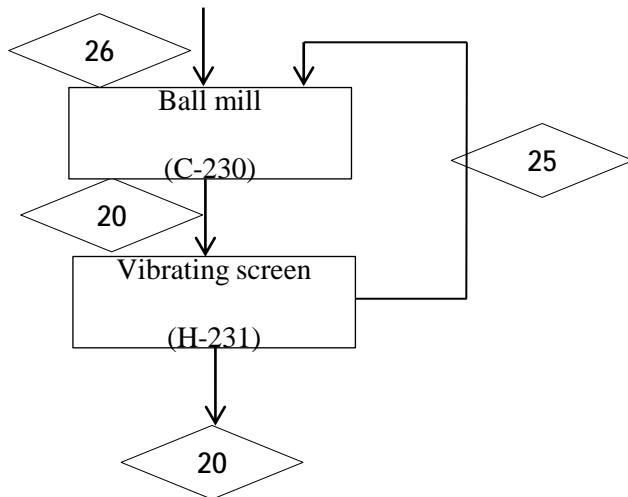
1. Serbuk STPP menuju vibrating screen (26)

- NaH_2PO_4 = 1606.24 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 118219.22 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3560.50 kg
- H_2O = 12367.15 kg

masuk (kg)		keluar(kg)	
komponen	massa	komponen	massa
aliran Serbuk STPP (26)		aliran yang lolos (26)	
NaH_2PO_4	1445.62	NaH_2PO_4	1606.24
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	106397.30	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	118219.22
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3204.45	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3560.50
H_2O	11130.44	H_2O	12367.15
	122177.80		135753.11
Serbuk STPP recycle (27)			
NaH_2PO_4	160.62		
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	11821.92		
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	356.05		
H_2O	1236.72		
	13575.31		
total	135753.11	total	135753.11

13. Vibrating Screen (H-231)

Padatan halus yang dihasilkan ball mill (C-230) akan disaring menggunakan vibrating screen untuk mendapatkan ukuran partikel yang diinginkan, yaitu ± 100 mesh. Partikel yang lolos akan diteruskan oleh screw conveyor (J-241) kemudian diteruskan oleh bucket elevator I (J-242), sedangkan padatan yang tidak lolos akan direcycle kembali ke ball mill (C-230)



Aliran masuk

1. Serbuk STPP (26)

- NaH_2PO_4 = 1606.24 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 118219.2 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3560.50 kg
- H_2O = 12367.15 kg

Aliran keluar

1. Serbuk STPP yang lolos (23)

- NaH_2PO_4 = 1445.62 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 106397.3 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 3204.45 kg
- H_2O = 11130.44 kg

2. Serbuk STPP yang di recycle (27)

Serbuk STPP yang berasal dari recycle adalah 10% tidak lolos dari screen

- NaH_2PO_4 = 160.62 kg
- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ = 11821.92 kg
- $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ = 356.05 kg
- H_2O = 1236.72 kg

masuk (kg)		keluar(kg)	
komponen	massa	komponen	massa
Serbuk STPP (26)		Serbuk STPP lolos (23)	
NaH_2PO_4	1606.24	NaH_2PO_4	1445.62
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	118219.22	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	106397.30
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3560.50	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	3204.45
H_2O	12367.15	H_2O	11130.44
	135753.11		122177.80
aliran dari cyclone III		Serbuk STPP recycle (27)	
NaH_2PO_4	7.23	NaH_2PO_4	160.62
$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	531.99	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	11821.92
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	16.02	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	356.05
H_2O	55.65	H_2O	1236.72
	610.89		13575.31
aliran dari cyclone III			
		NaH_2PO_4	7.23
		$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	531.99
		$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	16.02
		H_2O	55.65
			610.89
total	136364.00	total	136364.00

APPENDIKS B
PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	=	45000	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ton/tahun
	=	136,3636364	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ton/hari
	=	136363,6364	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ kg/hari
Suhu Reference	=	25°C	
Operasi	=	330	hari/tahun
Basis Perhitungan	=	1	hari
Satuan panas	=		kkal

Persamaan panas untuk kondisi aliran steady state

$$Q = \Delta H = H_2 - H_1$$

$$\Delta H = m C_p \Delta T$$

$$\Delta H = n C_p \Delta T = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT \text{ (Himmelblau)}$$

Dengan : H = panas ; kkal

n = berat bahan ; kmol

C_p = specific heat ; kkal/kmol Kelvin

T_{ref} = suhu reference ; Kelvin

T = suhu bahan ; Kelvin

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n \int_{T_{ref}}^T (A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3) dT \\ &= n [(A(T - T_{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4))] \end{aligned}$$

Perhitungan Integrasi ΔH , (Perry,tahun)

$$C_p = A + B \cdot T + C/T^2$$

$$C_p = \text{kkal/kmol.K}$$

$$C_p = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = \int_{T_{ref}}^T (A + B \cdot T + C/T^2) dT$$

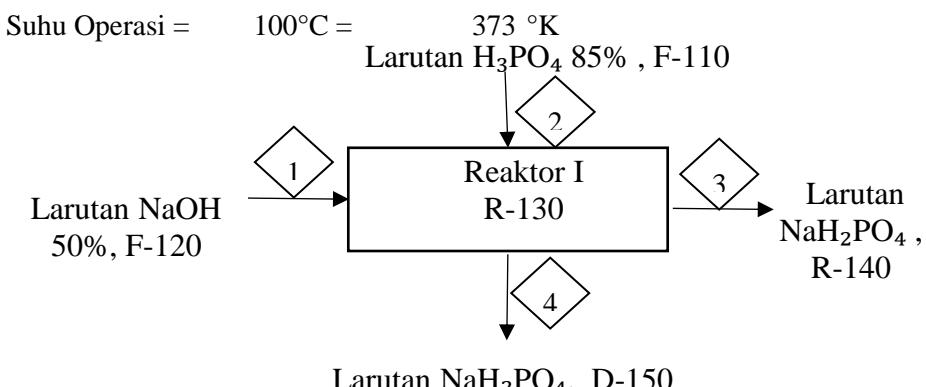
$$= n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2} (T^2 - T_{ref}^2)) + (C (\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}))]$$

Specific Heat Of pure Compounds (T-2 194, Perry Edition &)				
Komponen	BM	A	B	C
NaOH(l)	40	4,97		
H ₃ PO ₄ (l)	98	58		
Na ₂ HPO ₄ (s)	142	86,6		
Na ₄ P ₂ O ₇ (s)	266	60,7		
H ₂ O(l)	18	7,701	0,000045	0,000002521
H ₂ O(g)	18	8,22	0,00015	0,00000134

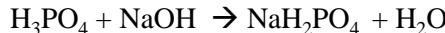
Specific Heat of Aqueous Solutions			
Komponen	BM	Cp (J/grC)	kkal/kgK
NaH ₂ PO ₄ (s)	120	3,85	0,924

1. Neraca Panas Reaktor I (R-130)

Fungsi : untuk mereaksikan larutan NaOH 50% dan H₃PO₄ 85% menjadi larutan NaH₂PO₄



Reaksi yang terjadi:



Neraca energi total:

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

Entalpi bahan masuk:

1. NaOH dari (F-120) pada suhu 30°C

$$T = 303 \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_{ref} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/h)	BM	kmol/h
NaOH	39482,41	40	987,06
H ₂ O	39482,41	18	2193,47
Total	79022,82		

Entalpi bahan pada suhu 30°C (303°K)

$$\Delta H_{\text{NaOH}} = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$= 987,06 [(4,97(303-298))]$$

$$= 24528,45 \text{ kkal/hari}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4))]$$

$$= 2193,47 [(7.701(303-298)) + (\frac{0.00045}{2}(303^2 - 298^2)) + (\frac{0.000002521}{3}(303^3 - 298^3))]$$

$$+ (\frac{-0.00000000859}{4}(303^4 - 298^4))]$$

$$= 88183,59 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Entalpi Total} = \Delta \text{NaOH} + \Delta \text{H}_2\text{O}$$

$$= 24528,45 + 88183,59$$

$$= 112712,04$$

2. Entalpi larutan H₃PO₄ dari (F-110) pada suhu 30°C

T = 303 K T ref = 298 K

Massa Bahan

Komponen	Berat (kg/h)	BM	kmol/h
H ₃ PO ₄	96731,89	98	987,06
H ₂ O	17070,33	18	948,35
Total	113802,22		

Entalpi bahan pada suhu 30°C(303 K)

$$\Delta H_{H_3PO_4} = n \int_{T_{ref}}^T Cp dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$= 987,06 [(58(303-298))]$$

$$= 286247,43 \text{ kkal/h}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T Cp dT$$

$$\Delta H_{H_2O} = n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4))]$$

$$= 948,35 [(7.701(303-298)) + (\frac{0.00045}{2}(303^2 - 298^2)) + (\frac{0.000002521}{3}$$

$$(303^3 - 298^3)) + (\frac{-0.00000000859}{4}(303^4 - 298^4))]$$

$$= 38126,42 \text{ kkal/h}$$

$$\text{Entalpi total} = \Delta H_{H_3PO_4} + \Delta H_{H_2O} = 324373,85 \text{ kkal/h}$$

$$\text{Total Entalpi Bahan Masuk} = \text{Entalpi aliran 1} + \text{entalpi aliran 2}$$

$$= 112712,04 + 324373,85$$

$$= 437085,89 \text{ kkal/h}$$

Entalpi bahan keluar :**3. Entalpi produk (larutan Orthophosphate) pada suhu 100°C**

T = 373 °K T ref = 298 °K

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/h)	Cp	CpdT	mol
NaH ₂ PO ₄	72647,63	0,924	69,3	605,40

Komponen	Berat (Kg/h)	BM	kmol/h
H ₃ PO ₄	5159,03	98	52,64
NaOH	2105,73	40	52,64
H ₂ O	48598,97	18	2699,94
Total	3031,45		

Entalpi bahan pada suhu 100°C, (373°K)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} &= m \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = m [(C_p(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 72647,63 \quad [(0,924(373-298))] \\
 &= 5034480,76 \quad \text{kkal/h} \\
 \Delta H_{\text{H}_3\text{PO}_4} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 52,64 \quad [(58(373-298))] \\
 &= 228997,76 \quad \text{kkal/h} \\
 \Delta H_{\text{NaOH}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 52,64 \quad [(4,97(373-298))] \\
 &= 19622,77 \quad \text{kkal/h} \\
 \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} &= n [(A(T-T_{\text{ref}})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{\text{ref}}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{\text{ref}}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{\text{ref}}^4))] \\
 &= 2669,94 [(7.701(373-298)) + (\frac{0.00045}{2}(373^2 - 298^2)) + (\frac{0.000002521}{3} \\
 &\quad (373^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4}(373^4 - 298^4))] \\
 &= 1641040,73 \quad \text{kkal/h}
 \end{aligned}$$

Entalpi total = $\Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} + \Delta H_{\text{H}_3\text{PO}_4} + \Delta H_{\text{NaOH}} + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$

$$\begin{aligned}
 &= 5034480,76 + 228997,76 + 19622,77 + 1641040,73 \\
 &= 6924142,02 \quad \text{kkal/h}
 \end{aligned}$$

4. Entalpi produk (larutan Orthophosphate) pada suhu 100°C

$$T = 373 \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_{\text{ref}} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/h)	Cp	CpdT	mol
NaH ₂ PO ₄	36323,81	0,924	69,3	302,698

Komponen	Berat (kg/h)	BM	kmol/h
H ₃ PO ₄	2579,52	98	26,32
NaOH	1052,86	40	26,32
H ₂ O	24299,49	18	1349,97
Total	1628,84		

Entalpi bahan pada suhu 100°C, (373°K)

$$\Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = m \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = m [(C_p(T-T_{\text{ref}}))]$$

$$= 36323,81 \quad [(0,924(373-298))]$$

$$= 2517240,03 \quad \text{kkal/h}$$

$$\Delta H_{\text{H}_3\text{PO}_4} = n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))]$$

$$= 26,32 \quad [(58(373-298))]$$

$$= 114499,10 \quad \text{kkal/h}$$

$$\Delta H_{\text{NaOH}} = n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))]$$

$$= 26,32 \quad [(4,97(373-298))]$$

$$= 9811,34 \quad \text{kkal/h}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT$$

$$= n [(A(T-T_{\text{ref}})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{\text{ref}}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{\text{ref}}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{\text{ref}}^4))]$$

$$= 1276,73 \quad [(7.701(373-298)) + (\frac{0.00045}{2}(373^2 - 298^2)) + (\frac{0.000002521}{3}(373^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4}(373^4 - 298^4))]$$

$$= \quad 820520,53 \quad \text{kkal/h}$$

$$\begin{aligned}\text{Entalpi total} &= \Delta\text{HNaH}_2\text{PO}_4 + \Delta\text{HH}_3\text{PO}_4 + \Delta\text{HNaOH} + \Delta\text{HH}_2\text{O} \\ &= 2517240,03 + 114499,10 + 9811,34 + 7820520,53 \\ &= 3462071,008 \quad \text{kkal/h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Entalpi Bahan Keluar} &= \Delta\text{NHaH}_2\text{PO}_4 + \Delta\text{HH}_3\text{PO}_4 + \Delta\text{H NaOH} + \Delta\text{H H}_2\text{O} \\ &= 10386213,03 \quad \text{kkal/h}\end{aligned}$$

Panas Reaksi :

Berdasarkan Himmelblau halaman 456 :

Panas Reaksi pada suhu 100°C (373 K)

$$\begin{aligned}\Delta\text{H}_R &= \Delta\text{H}298 + (\Delta\text{H produk} - \Delta\text{H reaktan}) \\ \Delta\text{H reaktan} &= \text{Entalpi bahan masuk} \\ \Delta\text{H produk} &= \text{Entalpi bahan keluar} \\ \Delta\text{H}298 &= \text{Panas reaksi pada suhu reference} \\ \text{Suhu reference} &= 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}\end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi :

Data $\Delta\text{H}^\circ\text{f}$ komponen :

Komponen	$\Delta\text{H}^\circ\text{f}$ (kkal/mol)	Literatur
NaOH	-0,111932	YAWS, table C,2
H_3PO_4	-309,32	Perry 7, T.2-220
NaH_2PO_4	-367,106302	Perry 7, T.2-221
H_2O	-68,3174	Perry 7, T.2-222

Tinjauan panas reaksi :

Dari neraca massa : (Kapasitas 45.000 ton/th)

$$\begin{aligned}\text{mol NaH}_2\text{PO}_4 &= 908,10 \quad \text{kmol} = 908095 \text{ mol} \\ \text{mol H}_3\text{PO}_4 &= 908,10 \quad \text{kmol} = 908095 \text{ mol} \\ \text{mol NaOH} &= 908,10 \quad \text{kmol} = 908095 \text{ mol} \\ \text{mol H}_2\text{O} &= 908,10 \quad \text{kmol} = 908095 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\Delta H_{298} = [((908,10 \times (-1537) + (908,10 \times (-68,3174)) - ((908,10 \times (-309,32) + (908,10 \times (-0,111932)))])$$

$$\Delta H_{R298} = -114412533,40 \text{ kkal}$$

$$\Delta H \text{ reaktan} = 437085,89 \text{ (Entalpi bahan masuk)}$$

$$= 437085,89$$

$$\Delta H \text{ produk} = 10386213,03 \text{ (Entalpi bahan keluar)}$$

$$\Delta H_R = \Delta H_{298} + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}) -$$

$$= -114412533 + 10386213,03 - 437085,89$$

$$= -104463406,27 \text{ (Reaksi eksotermis)}$$

Neraca energi total :

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

$$437085,89 + Q_{\text{serap}} = 10386213,03 \quad 104463406,3 \\ Q_{\text{serap}} = 114412533,40$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^\circ\text{C} \quad (\text{Ulrich : 427})$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 45^\circ\text{C} \quad (\text{Ulrich : 427})$$

$$C_p \text{ air pendingin} = (m.C_p.\Delta H)$$

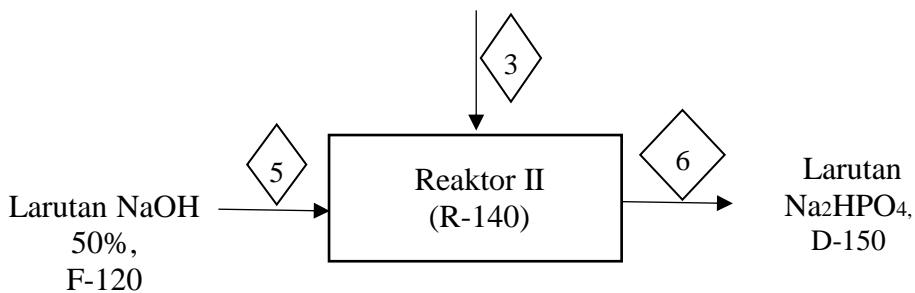
$$M \text{ air pendingin} = \frac{Q_{\text{serap}}}{C_p.\Delta T} = \frac{114412533,4}{(1 \times (45-30))}$$

$$M \text{ air pendingin} = 7627502,23 \text{ kg/hari}$$

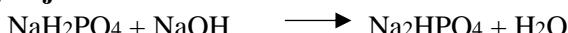
Komponen	Masuk (kkal/h)	Komponen	Keluar (kkal/h)
Aliran 1		Aliran 3	
NaOH	24528,45	NaH ₂ PO ₄	5034480,76
H ₂ O	88183,59	H ₂ O	1641040,73
	112712,04	H ₃ PO ₄	228997,76
Aliran 2		NaOH	19622,77
H ₃ PO ₄	286247,43		6924142,02
H ₂ O	38126,42	Aliran 4	
	324373,85	NaH ₂ PO ₄	2517240,03
Qserap	114412533,40	H ₂ O	820520,53
		H ₃ PO ₄	114499,10
		NaOH	9811,34
		delta Hr	3462071,01
			104463406,27
	114849619		114849619

2. Neraca Panas Reaktor II (R-140)

Fungsi : Pada reaktor II akan terjadi pembentukan larutan disodium fosfat
 Larutan campuran NaH₂PO₄, R-130



Reaksi yang terjadi :



Neraca energi total :

$$\text{Entalpi bahan masuk} + Q_{\text{loss}} = \text{Entalpi bahan keluar} + \Delta H \text{ reaksi}$$

Entalpi bahan masuk :**1. Entalpi larutan Orthophosphate dari (R-130) pada suhu 100 °C**

$$T = 373 \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_{ref} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Massa Bahan:

Komponen	Berat (kg/j)	BM	kmol/J
NaH ₂ PO ₄	72647,63	120	605,40
H ₃ PO ₄	5159,03	98	52,64
NaOH	2105,73	40	52,64
H ₂ O	48598,97	18	2699,94

Entalpi bahan pada suhu 100°C, (373°K)

$$m \int_{T_{ref}}^T C_p dT = m [(C_p(T-T_{ref}))]$$

$$\Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} =$$

$$= 72647,63 [(0,924(373-298))]$$

$$= 5034480,76 \text{ kkal/hari}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$\Delta H_{\text{NaOH}} =$$

$$= 52,64 [(4,97(373-298))]$$

$$= 19622,77 \text{ kkal/hari}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T C_p dT$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$= n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4))]$$

$$= 2699,94 [(7.701(373-298)) + (\frac{0.00045}{2}(373^2 - 298^2)) +$$

$$(\frac{0.000002521}{3}(373^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4}(373^4 - 298^4))]$$

$$= 1641040,73 \text{ kkal/hari}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$\Delta H_{\text{H}_3\text{PO}_4} =$$

$$\begin{aligned}
 &= 52,64 \quad [(58(373-298))] \\
 &= 228997,76 \quad \text{kkal/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textbf{Entalpi Total} &= \Delta\text{NHaH}_2\text{PO}_4 + \Delta\text{HH}_3\text{PO}_4 + \Delta\text{HNaOH} + \Delta\text{HH}_2\text{O} \\
 &= 5034480,76 + 228997,76 + 19622,77 + 1641040,73 \\
 &= 6924142,02 \quad \text{kkal/hari}
 \end{aligned}$$

2. Entalpi larutan NaOH dari (F-120) pada suhu 30 °C

$$T = 303 \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_{ref} = 298 \text{ K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
NaOH	22110,15	40	552,75
H ₂ O	22110,15	18	1228,34
Total	44220,3		

Entalpi bahan pada suhu 30°C, (303 K)

$$\Delta\text{HNaOH} = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$\begin{aligned}
 &= 552,75 \quad [(4,97(303-298))] \\
 &= 13735,93 \quad \text{kkal/hari} \\
 &\quad n \int_{T_{ref}}^T C_p dT
 \end{aligned}$$

$$\Delta\text{HH}_2\text{O} \equiv n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4))]$$

$$\begin{aligned}
 &= 1228,34 [(7.701(303-298)) + (\frac{0.00045}{2}(303^2 - 298^2)) + (\frac{0.000002521}{3}(303^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4}(303^4 - 298^4))]
 \end{aligned}$$

$$= 49382,81 \quad \text{kkal/hari}$$

$$\text{Entalpi Total} = \Delta H_{\text{NaOH}} + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$= 63118,74 \text{ kkal/hari}$$

$$\text{Total Entalpi Bahan Masuk} = 13735,93 + 49382,81$$

$$= \text{entalpi total aliran 3} + \text{entalpi total aliran 5}$$

$$= 6987260,76 \text{ kkal/hari}$$

Entalpi bahan keluar :

3. Entalpi produk (larutan Na_2HPO_4) pada suhu 100°C

$$T = 373 \text{ K} \quad T \text{ ref} = 298 \text{ K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
NaOH	0	40	0
Na_2HPO_4	85966,36	142	605,40
H_2O	81606,26	18	4533,68
H_3PO_4	5159,03	98	52,64
NaH ₂ PO ₄	0	120	0
Total	178341,37		

$$\Delta H_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = n \int_{T\text{ref}}^T C_p dT = n [(A(T-T\text{ref}))]$$

$$= 605,40 [(86,6(373-298))]$$

$$= 3932052,87 \text{ kkal/hari}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = n \int_{T\text{ref}}^T C_p dT$$

$$= n [(A(T-T\text{ref})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T\text{ref}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T\text{ref}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T\text{ref}^4))]$$

$$= 4533,68 [(7.701(373-298)) + (\frac{0,00045}{2}(373^2 - 298^2)) +$$

$$(\frac{0,000002521}{3}(373^3 - 298^3)) + (\frac{-0,00000000859}{4}(373^4 - 298^4))]$$

$$= 2861361,32 \text{ kkal/hari}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{H_3PO_4} &= n \int_{T_{ref}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{ref}))] \\ &= 52,64 [(58(373-298))] \\ &= 228997,76 \text{ kkal/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Entalpi Bahan Keluar} &= \Delta H_{Na_2HPO_4} + \Delta H_{H_2O} + \Delta H_{H_3PO_4} \\ &= 3932052,87 + 2861361,32 + 228997,76 \\ &= 7022411,954 \text{ kkal/hari}\end{aligned}$$

Panas Reaksi :

Berdasarkan Himmelblau halaman 456 :

Panas Reaksi pada suhu 100°C (373 K)

$$\begin{aligned}\Delta H_R &= \Delta H_{298} + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}) \\ \Delta H \text{ reaktan} &= \text{Entalpi bahan masuk} \\ \Delta H \text{ produk} &= \text{Entalpi bahan keluar} \\ \Delta H_{298} &= \text{Panas reaksi pada suhu reference} \\ T_{\text{eff}} &= \text{Suhu reference} = 25^\circ C = 298,15 \text{ K}\end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi :

Data ΔH°_f komponen :

Komponen	H°_f (kkal/mo)	Literatur
NaH ₂ PO ₄	-367,1063	Perry 7, T.2-221
NaOH	-0,111932	YAWS, table C.2
Na ₂ HPO ₄	-457	Perry 7, T.2-221
H ₂ O	-68,3174	Perry 7, T.2-222

Tinjauan panas reaksi :

Dari neraca massa : (Kapasitas 45.000 ton/th)

$$\text{mol NaH}_2\text{PO}_4 = 605,40 \text{ kmol} = 605397 \text{ mol}$$

$$\text{mol NaOH} = 605,40 \text{ kmol} = 605397 \text{ mol}$$

$$\text{mol Na}_2\text{HPO}_4 = 605,40 \text{ kmol} = 605397 \text{ mol}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 605,40 \text{ kmol} = 605397 \text{ mol}$$

$$\Delta H_{298} = [((605397 \times (-457)) + (605397 \times (-68,3174)) - ((605397 \times (-1537)) + (605397 \times (-0,111932)))]$$

$$\Delta H_{298} = -95712760,8 \text{ kkal}$$

$$\Delta H \text{ reaktan} = 6987260,76 \text{ (Entalpi bahan masuk)}$$

$$\Delta H \text{ produk} = 7022411,95 \text{ (Entalpi bahan keluar)}$$

$$\Delta H_R = \Delta H_{298} + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}) -$$

$$= -95712760,8 - 7022411,954 - 6987260,76$$

$$= -95677609,61 \text{ (Reaksi bersifat eksotermis)}$$

Neraca energi total :

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

$$6987260,76 + Q \text{ serap} = 7022411,95 \quad 95677609,61$$

$$Q \text{ serap} = 95712760,8$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30^\circ\text{C} \quad (\text{Ulrich : } 427)$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 45^\circ\text{C} \quad (\text{Ulrich : } 427)$$

$$C_p \text{ air pendingin} = (m \cdot C_p \cdot \Delta H)$$

$$M \text{ air pendingin} = \frac{Q \text{ serap}}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{95712760,8}{(1 \times (45-30))}$$

$$M \text{ air pendingin} = 6380850,72 \text{ kg/hari}$$

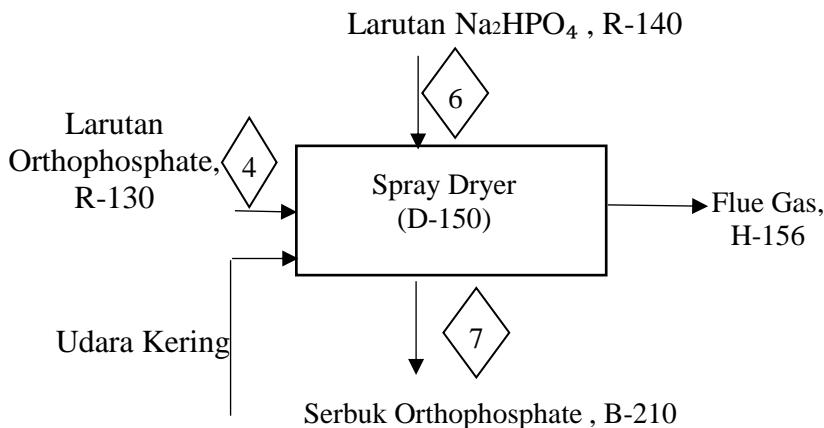
Komponen	Masuk (kkal/hari)	Komponen	Keluar (kkal/hari)
Aliran 3		Aliran 6	
NaH ₂ PO ₄	5034480,76	NaH ₂ PO ₄	0
NaOH	19622,77	NaOH	0
H ₂ O	1641040,73	Na ₂ HPO ₄	3932052,87
H ₃ PO ₄	228997,76	H ₃ PO ₄	228997,7602
	6924142,02	H ₂ O	2861361,319
Aliran 5			7022411,954
NaOH	13735,93		
H ₂ O	49382,81		
	63118,74		
Q serap	95712760,80	ΔHreaksi	95677609,61
Total	102700021,56	Total	102700021,56

3. Spray Dryer (D-150)

Fungsi: Mengubah larutan orthophosphate menjadi serbuk orthophosphate

Tipe: Single Fluid Nozzle

Suhu: 165°C



Entalpi bahan masuk :**1. Entalpi larutan Ortholiquor dari R-140 dan R-130 pada suhu 100 °C**

T = 373 K Tref = 298 K

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
NaH ₂ PO ₄	36323,81	120	302,70
Na ₂ HPO ₄	85966,36	142	605,40
H ₂ O	105905,75	18	5883,65
H ₃ PO ₄	7738,55	98	78,96
NaOH	1052,86	40	26,32
Total	244302,36		

$$m \int_{T_{ref}}^T Cp dT = m [(Cp(T-T_{ref}))]$$

$$\Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} =$$

$$= 36323,81 [(0,924(373-298))]$$

$$= 2517240,03 \text{ kkal/hari}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T Cp dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$\Delta H_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} =$$

$$= 605,40 [(86,6(376-298,15))]$$

$$= 3932052,87 \text{ kkal/hari}$$

$$n \int_{T_{ref}}^T Cp dT$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$= n [(A(T-T_{ref})) + (\frac{B}{2} (T^2 - T_{ref}^2)) + (\frac{C}{3} (T^3 - T_{ref}^3)) + (\frac{D}{4} (T^4 - T_{ref}^4))]$$

$$= 5564,45 [(7.701(373-298)) + (\frac{0.00045}{2} (373^2 - 298^2)) +$$

$$(\frac{0.000002521}{3} (373^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4} (373^4 - 298^4))]$$

$$= 3398280,98 \text{ kkal/hari}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{HH}_3\text{PO}_4} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 78,96 [(58(373-298))] \\
 &= 343496,86 \text{ kkal/hari} \\
 \Delta H_{\text{NaOH}} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 9811,34 \text{ kkal/hari} \\
 &2380674,69 + 3718730,67 + 3213918,66 + 324861,50 + 9279,09
 \end{aligned}$$

Total entalpi =
 = 10191070,75 kkal/hari

2 Entalpi udara panas masuk

Cp udara pada suhu 505 K

Specific Heat Of Pure Compounds

(T-2 194 , Perry Edition 7)

Komponen	BM	A	B	C
Udara	28,8	6,872	0,0008	-187700

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ udara} &= \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT \\
 &= 1230,75 \text{ . Mol kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Entalpi bahan keluar

1. Entalpi Serbuk Ortophosphate pada suhu 165 °C

$$T = 438 \text{ } ^\circ\text{K} \quad T_{\text{ref}} = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
NaH ₂ PO ₄	36142,19	120	301,18
Na ₂ HPO ₄	85536,53	142	602,37
H ₂ O	6404,14	18	355,79
NaOH	1047,60	40	26,19
Tital	129130,46		

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 301,18 \quad [(0,924(438-298))] \\
 &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &\quad 11131,79 \quad \text{kkal/hari} \\
 \Delta H_{\text{NaOH}} &= \\
 &= 26,19 \quad [(4.97(438-298))] \\
 &= 18223,00 \quad \text{kkal/hari} \\
 \Delta H_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &= n \int_{T_{\text{ref}}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{\text{ref}}))] \\
 &= 602,37 \quad [(86,6(438-298))] \\
 &= 7303133,03 \quad \text{kkal/hari} \\
 \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} &= n [(A(T-T_{\text{ref}})) + (\frac{B}{2}(T^2 - T_{\text{ref}}^2)) + (\frac{C}{3}(T^3 - T_{\text{ref}}^3)) + (\frac{D}{4}(T^4 - T_{\text{ref}}^4)) \\
 &\quad (\frac{0.000002521}{3}(373^3 - 298^3)) + (\frac{-0.000000000859}{4}(373^4 - 298^4))] \\
 &= 421335,47 \quad \text{kkal/hari} \\
 \text{Entalpi total} &= 7753823,29 \quad \text{kkal/hari}
 \end{aligned}$$

2. Entalpi Serbuk Ortophosphate yang terbawa oleh udara panas

$$T = 395 \text{ K} \qquad \qquad T_{\text{ref}} = 298 \text{ K}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
NaH ₂ PO ₄	181,62	120	1,51
Na ₂ HPO ₄	429,83	142	3,03
H ₂ O	32,18	18	1,79
NaOH	5,26	40	0,13
Total	975,35		

$$\Delta H_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = n \int_{T_{ref}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$= 1,51 \quad [(0,924(395-298,15))]$$

$$= 135,65 \quad \text{kkal/hari}$$

$$\Delta H_{\text{NaOH}} = n \int_{T_{ref}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$= 0,13 \quad [(4.97(395-298))]$$

$$= 63,39 \quad \text{kkal/hari}$$

$$\Delta H_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = n \int_{T_{ref}}^T Cp \, dT = n [(A(T-T_{ref}))]$$

$$= 3,03 \quad [(86,6(395-298))]$$

$$= 25427,17 \quad \text{kkal/hari}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = 2117,16 \quad \text{kkal/hari}$$

Entalpi total = 27679,98 kkal/hari

3. Entalpi uap air

$$T_{steam} = 165 \quad ^\circ\text{C} = 438 \text{ K}$$

$$H_v = 2763,5 \quad \text{kJ/kg} = 657,976 \text{ kkal/kg}$$

$$H_i = 697,34 \quad \text{kJ/kg} = 166,033 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda = H_v - H_i = 491,943 \text{ kkal/kg}$$

(Geankoplis,A.2-9)

$$H_v = 36,55 \quad \text{kkal/mol}$$

$$H_i = 9,22 \quad \text{kkal/mol}$$

$$\lambda = 27,33 \quad \text{kkal/mol}$$

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/hari)	BM	kmol/hari
H ₂ O(g)	107207,97	18	5956,00

$$\begin{aligned}
 \Delta HH_2O &= 7053331,20 \text{ kkal/hari} \\
 \Delta Huapair &= n \int_{T_{ref}}^T Cp dT + n \cdot \lambda \\
 &\quad + \quad \quad \quad x \\
 &= 7053331,20 \quad 5956,00 \quad 27,33 \\
 &= 7216109,58 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

4. Entalpi udara panas keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Cp udara pada suhu} & \quad \quad \quad 395 \quad \quad \quad \text{K} \\
 \Delta H_{\text{udara}} = & n \int_{T_{ref}}^T Cp dT \\
 & = \quad \quad \quad 538,77 \quad . \text{ Mol kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Q loss = 10% dari entalpi masuk

$$\text{Entalpi masuk} = \text{Entalpi akhir} + Q \text{ loss}$$

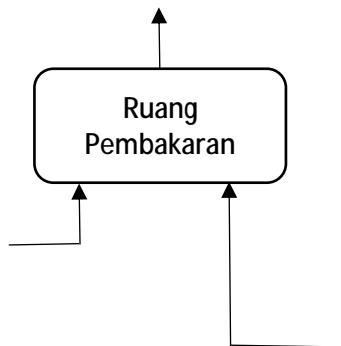
$$\begin{aligned}
 0,9 \times (10191070,75 + 1683,24 \text{ mol udara}) &= 7753823,29 + 39011,93 + 7216109,58 + 801,93 \text{ mol udara} \\
 9171963,678 &\quad 14997612,85 \quad 538,77 \\
 \text{mol udara} &= 10240,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi udara masuk} &= 12602978,85 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Entalpi uap air} &= 7216109,58 \text{ kkal/hari} \\
 \text{Entalpi udara panas} &= 5517031,79 \text{ kkal/hari} \\
 Qloss &= 2279404,96 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Masuk		Keluar	
Ortholiquor	10191070,75	Orthophospat	7753823,29
$\Delta H_{\text{udara masuk}}$	12602978,85	Massa terikut	27679,98
		$\Delta H_{\text{uap air}}$	7216109,58
		$\Delta H_{\text{udara panas}}$	5517031,79
		Qloss	2279404,96
Total	22794049,61	Total	22794049,61

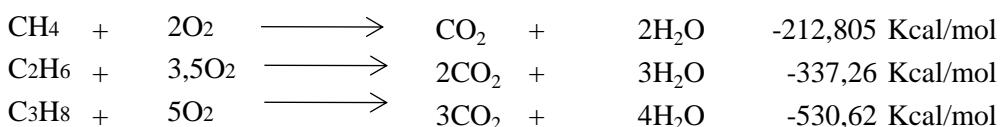
4. Furnace (Q-153)

Menggunakan bahan baku natural gas

**Neraca Panas Furnace :**

Panas Masuk = Panas Keluar

Reaksi :



Berdasarkan Hougen (1954), didapatkan heating value basis 100kg natural gas

Komponen	kg	BM	BM mix	ΔHv (kcal/mol)
CH ₄	92	16	14,72	74973,10
C ₂ H ₆	6,5	30	1,95	37990,40
C ₃ H ₈	1,5	44	0,66	25291,64
Total	100		17,33	138255,13

$$\begin{aligned} Q_{\text{supply}} &= Q_{\text{Spray Dryer}} \\ &= 12602978,85 \quad \text{kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa natural gas} &= Q \text{ supply} / \Delta H_v \\
 &= 91,157 \text{ kgmol/hari} \\
 &= 1579,8 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Komponen	kg	kmol	O ₂ theo	Gas yang terbentuk	
				CO ₂	H ₂ O
CH ₄	1453	90,8	181,67	90,84	181,67
C ₂ H ₆	102,7	3,42	11,98	6,85	10,27
C ₃ H ₈	23,7	0,54	2,69	1,62	2,15
Total	1580	94,8	196,34	99,30	194,09

$$\begin{aligned}
 \text{Excess O}_2 &= 10\% \quad \times \quad 196,34 \quad = \quad 19,63 \\
 \text{Total O}_2 &= \quad 19,63 \quad + \quad 196,34 \quad = \quad 215,98 \\
 \text{N}_2 \text{ diudara} &= \quad 215,98 \quad \times \quad 3,76 \quad = \quad 812,493
 \end{aligned}$$

Komponen	kmol	kg
CO ₂	99,30	4369,1
O ₂	215,98	6911,3
N ₂	812,49	22750
H ₂ O	194,09	3493,7
Total	1321,86	37524

Neraca Massa

Masuk		Keluar	
NG	7862,79	Flue Gas	37523,94
Udara	29661,15		
Total	37523,94	Total	37523,94

Komponen	kmol	ΔH_{25}	Cp	H
CH ₄	90,8360734	-19330370,60	9,83	892,92
C ₂ H ₆	3,42280856	-1154376,42	16,05	54,92
C ₃ H ₈	0,53855379	-285767,41	22,26	11,99
		-20770514,43		
Udara	1028,47		29,11	29938,83

Komponen	kmol	Cp	H
CO ₂	99,30	9,0175	895,41
O ₂	196,34	6,4148	1259,50
N ₂	812,49	8,9577	7278,09
H ₂ O	194,09	6,8211	1323,93

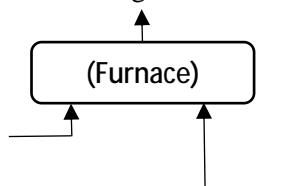
$$\begin{aligned}
 \Delta H_R &= \Delta H_{25} + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}) \\
 &= -20770514,43 + 10756,93 - 30898,67 \\
 &= -20790656,17
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Furnace

Masuk		Keluar	
NG	959,84	Flue gas	10756,93
Udara	29938,83	ΔH_R	20790656,17
Q serap	20770514,43		
Total	20801413,10	Total	20801413,10

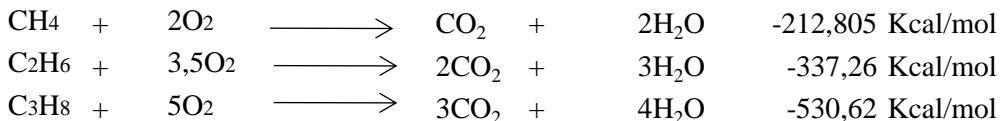
4. Furnace (Q-212)

Menggunakan bahan baku natural gas



Neraca Panas Furnace :

Panas Masuk = Panas Keluar

Reaksi :

Berdasarkan Hougen (1954), didapatkan heating value basis 100kg natural gas

Komponen	kg	BM	BM mix	ΔHv (kcal/mol)
CH ₄	92	16	14,72	74973,10
C ₂ H ₆	6,5	30	1,95	37990,40
C ₃ H ₈	1,5	44	0,66	25291,64
Total	100		17,33	138255,13

$$\begin{aligned} Q \text{ supply} &= Q \text{ Calsiner} \\ &= 799988,70 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa natural gas} &= Q \text{ supply} / \Delta Hv \\ &= 5,7863 \text{ kgmol/hari} \\ &= 100,28 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Komponen	kg	kmol	O ₂ theo	Gas yang terbentuk	
				CO ₂	H ₂ O
CH ₄	92,25	5,77	11,532	5,77	11,53
C ₂ H ₆	6,518	0,22	0,7604	0,43	0,65
C ₃ H ₈	1,504	0,03	0,17	0,10	0,14
Total	100,3	6,02	12,463	6,30	12,32

$$\begin{aligned} \text{Excess O}_2 &= 10\% \quad x \quad 12,46 \quad = \quad 1,25 \\ \text{Total O}_2 &= \quad 1,25 \quad + \quad 12,46 \quad = \quad 13,71 \\ \text{N}_2 \text{ diudara} &= \quad 13,71 \quad x \quad 3,76 \quad = \quad 51,574 \end{aligned}$$

Komponen	kmol	kg
CO ₂	6,30	277,33
O ₂	13,71	438,71
N ₂	51,57	1444,1
H ₂ O	12,32	221,77
Total	83,91	2381,9

Neraca Massa

Masuk		Keluar	
NG	499,10	Flue Gas	2381,88
Udara	1882,78		
Total	2381,88	Total	2381,88

Komponen	kmol	ΔH₂₅	Cp	H
CH ₄	5,76592512	-1227017,70	9,83	56,68
C ₂ H ₆	0,21726674	-73275,38	16,05	3,49
C ₃ H ₈	0,03418533	-18139,42	22,26	0,76
-1318432,50				
Udara	65,28		29,11	1900,40

Komponen	kmol	Cp	H
CO ₂	6,30	9,0175	56,84
O ₂	12,46	6,4148	79,95
N ₂	51,57	8,9577	461,99
H ₂ O	12,32	6,8211	84,04

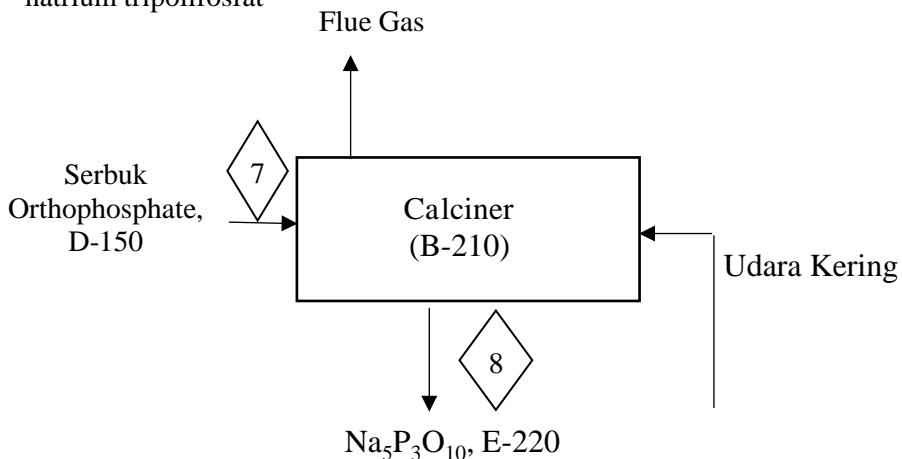
$$\begin{aligned}
 \Delta H_R &= \Delta H_{25+} (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan}) \\
 &= -1318432,50 + 682,81 - 1961,33 \\
 &= -1319711,02
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Furnace

Masuk		Keluar	
NG	60,93	Flue gas	682,81
Udara	1900,40	ΔH_R	1319711,02
Q serap	1318432,50		
Total	1320393,82	Total	1320393,82

6. Calciner (B-210)

Fungsi: Mereaksikan padatan orthophosphate sehingga membentuk serbuk natrium tripolifosfat



Entalpi bahan masuk

1. Entalpi serbuk Orthophosphate dari (D-150) T = 165 °C

Massa bahan :

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	$\Delta H = n \cdot Cp dT$
NaH ₂ PO ₄	36322,90	120	89,628	27129,57
Na ₂ HPO ₄	85964,21	142	8400,2	5085327,87
H ₂ O	6436,16	18	808,12	288954,89
NaOH	1052,84	40	695,05	18294,53
Total	129776,11		ΔHtotal	5419706,86

2. Entalpi udara masuk

Cp udara pada suhu 973 K

Specific Heat Of Pure Compounds
(T-2 194 , Perry Edition 7)

Komponen	BM	A	B	C
Udara	28,8	6,872	0,0008	-187700

$$Cp_{\text{udara}} = \int_{T_{ref}}^T Cp \, dT$$

$$= 4544,61 \text{ . Mol kkal/hari}$$

Entalpi bahan keluar

T= 773 K Tref= 298 K

1. Entalpi produk STPP

Massa bahan

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	H
NaH ₂ PO ₄	1445,65	120	438,90	5287,46
Na ₂ HPO ₄	0	142	41135	0
Na ₄ P ₂ O ₇	3204,53	266	28832,50	347348
H ₂ O	558,04	18	4063,360	125973,202
NaOH	0	40	2360,75	0

Heat Capacity of Phosphorus				
Komponen	CpdT	massa	BM	H
Na ₅ P ₃ O ₁₀	1498,54	100629,60	368	409774,55

Entalpi total = 888383,38 kkal/hari

2. Entalpi STPP yang terbawa menuju cyclone

Massa bahan:

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	H
NaH ₂ PO ₄	7,26	120	438,90	26,55
Na ₂ HPO ₄	534,67	142	41135	154884,86
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,67	368	1498,54	2177,23
Na ₄ P ₂ O ₇	16,10	266	28832,50	1745,13
H ₂ O	10681,74	18	4063,36	2411319,96
NaOH	0	40	2360,75	0
Total ΔH				2570153,73

3. Entalpi H₂O (g), T=500 °C

Massa Bahan :

Komponen	Berat (kg/j)	BM	CpdT	H
H ₂ O(g)	6928,16	18	4148,97	1596927,49

4. Entalpi udara panas keluar

$$Cp \text{ udara pada suhu} \quad 773 \quad K$$

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

$$= 3080,50 \text{ . Mol kkal/hari}$$

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

$$\text{Entalpi masuk} = \text{Entalpi akhir} + Q \text{ loss}$$

$$0,9 \times (7813113,79 + 1683,24 \text{ mol udara}) = 888383,38 + 2570153,73 + 1510320 + 3080,50 \text{ mol udara}$$

$$\text{mol udara} = 176,03$$

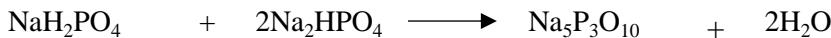
$$\text{Entalpi udara masuk} = 799988,70 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Entalpi uap air} = 1596927,49 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Entalpi udara panas} = 542261,40 \text{ kkal/jam}$$

Panas reaksi pada suhu 500°C

Reaksi I



Komponen	ΔH_f (kkal/mol)	kmol	ΔH_f (kkal)
NaH ₂ PO ₄	-367,1063	290,59	-106677,61
Na ₂ HPO ₄	-457	581,18	-265599,73
Na ₅ P ₃ O ₁₀	527,196653	290,59	153198,35
H ₂ O	-68,3174	581,18	-39704,78
		ΔH_{298}	485770,91

Reaksi II



ΔH_{298}

Komponen	ΔH_f (kkal/mol)	kmol	ΔH_f (kkal)
2Na ₂ HPO ₄	-457	24,22	-11066,66
Na ₄ P ₂ O ₇	-0,7449129	12,11	-9,02
H ₂ O	-68,3174	12,11	-827,18
		ΔH_{298}	10230,45

$$\Delta H_{298} \text{ total} = 496001,36 \text{ kkal}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= \Delta H_{298} (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{reaktan}) \\ &= -20063655170 \end{aligned}$$

$$\text{Entalpi bahan masuk} + Q \text{ serap} = \text{Entalpi bahan keluar} + \Delta H_R +$$

$$5419706,86 + Q \text{ serap} = 3458537,11 \quad 20063655170$$

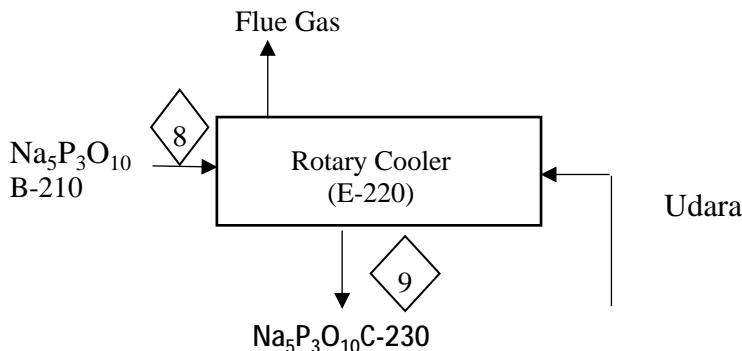
$$Q \text{ serap} = 20061694001 \text{ kkal}$$

Masuk		Keluar	
ΔH masuk	5419706,86	ΔH keluar	3458537,11
Q serap	20061694000,56	ΔH_R	20063655170,30
Total	20067113707,42	Total	20067113707,42

8. Rotary Cooler (E-220)

Fungsi

T= 773 K Tref= 298 K



Neraca energi total

Entalpi bahan masuk = Entalpi bahan keluar + Q loss

Entalpi bahan masuk

1. Entalpi produk STPP dari B-210 T=500 C

Massa bahan:

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	ΔH
NaH ₂ PO ₄	1452,88	120	438,90	5313,91
Na ₂ HPO ₄	0,00	142	41135	0,00
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106399,96	368	1498,54	433272,08
Na ₄ P ₂ O ₇	3220,55	266	28832,50	349084,62
H ₂ O	11186,37	18	4063,36	2525236,27
				3312906,87

2. Entalpi ambient air

Cp ambient air pada suhu 303 K

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

$$= 45,96 \text{ . Mol kkal/jam}$$

Entalpi bahan keluar

1. Entakpi produk STPP menjadi T=60 C 333

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	ΔH
NaH ₂ PO ₄	1445,62	120	32,34	389,59
Na ₂ HPO ₄	0,00	142	3031	0,00
Na ₅ P ₃ O ₁₀	106397,3	368	110,41841	31924,51
Na ₄ P ₂ O ₇	3204,45	266	2124,5	25593,44
H ₂ O	11130,44	18	282,35	174592,68
				57907,54

2. Entalpi produk STPP terbawa menuju cyclone

Komponen	Massa (kg/h)	BM	CpdT	ΔH
NaH ₂ PO ₄	7,26	120	32,34	1,96
Na ₂ HPO ₄	0,00	142	3031	0,00
Na ₅ P ₃ O ₁₀	534,66	368	110,42	160,42
Na ₄ P ₂ O ₇	16,10	266	2124,50	128,59
H ₂ O	55,93	18	282,35	877,32
				1168,29

Total entalpi bahan keluar= 59075,83

2. Entalpi dry out pada T = 150 °C

Cp ambient air pada suhu 373 K

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

Q loss = 10 % dari entalpi masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi awal} &= \text{Entalpi akhir} + Q_{\text{loss}} \\
 0,9x(4625539,53 + 45,96 \text{ mol udara}) &= (56534,82 + 662,18 \text{ mol udara}) \\
 \text{mol udara} &= 4707,56
 \end{aligned}$$

Entalpi ambient air	=	216339,85 kkal/hari
Entalpi dry out	=	3117246,21 kkal/hari
Qloss	=	352924,67 kkal/hari

Neraca Energi :

Masuk		Keluar	
ΔH_{masuk}	3312906,87	ΔH_{keluar}	59075,83
$\Delta H_{ambien\ air}$	216339,85	$\Delta H_{dry\ out}$	3117246,21
		Qloss	352924,67
Total	3529246,72	Total	3529246,72

APPENDIKS C

SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki Penyimpan H_3PO_4 (F-110)

Fungsi : menyimpan larutan H_3PO_4 85% pada tekanan 1 atm

- Menentukan tipe tangki penyimpanan

Tipe tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk konikal

dengan pertimbangan :

- a. Bahan baku yang disimpan berwujud cair
 - b. Kondisi operasi tangki pada tekanan 1 atm dan temperatur 30°C
- Berdasarkan Ulrich (1986), tangki penyimpanan dengan spesifikasi seperti diatas

dapat memenuhi kriteria kondisi operasi (max. 1,184 atm dan 40°C)

- Menentukan bahan konstrusi

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel, SA 212 Grade A dengan pertimbangan

- a. Bahan baku berwujud cair dan bersifat asam
- b. Cocok untuk tangki dengan ketebalan < 1,25 in
- c. Harga relatif lebih murah
- d. Maximum allowable stress : 16250 psi

- Menentukan dimensi tangki

Larutan H_3PO_4 akan disimpan dalam jangka waktu 5 hari

Spesific gravity	=	1.685
massa jenis air	=	1 gr/mL
Spesific gravity	=	$\frac{\text{massa jenis } H_3PO_4}{\text{massa jenis } H_2O}$
1.685	=	$\frac{\text{massa jenis } H_3PO_4}{\text{massa jenis } H_3PO_4}$
	=	1

massa jenis H_3PO_4	=	1.685	gr/mL	
	=	1.685	x	62.3
	=	104.9755	lb/ft ³	
massa jenis H_3PO_4	=	$\frac{\text{massa } H_3PO_4}{\text{volume } H_3PO_4}$		
massa H_3PO_4	=	113802	kg/hari	
	=	250890.464	lbm/hari	
104.976	=	$\frac{250890.46}{\text{volume } H_3PO_4}$		
volume H_3PO_4	=	2389.99	ft ³ /hari	
waktu menyimpan H_3PO_4	=			5 hari
maka volume tangki H_3PO_4 selama 5 hari adalah				
= 2389.99	x	5 x		#####
	=	2128.38	bbl	
safety factor tangki =		10%		
maka volume yang didapatkan				:
= 212.84	+	2128.38		
= 2341.22	bbl			

b. Menentukan diameter dan tinggi tangki
dari Appendix E (Brownell & Young) , dipilih tangki dengan
kapasitas 2620 bbl

- dengan spesifikasi sebagai berikut :
- a. Diameter = 25 ft
 - b. Tinggi = 30 ft
 - c. Jumlah Course = 5 buah
 - d. Allowable Vertical We = 0.2 in
 - e. Butt-welded courses = 72 in
 -
 - = 6 ft

c. Menghitung tebal dan panjang shell course
Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan

persamaan 3.15 dan 3.16

(Brownell & Young)

Berdasarkan circumferential stress :

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

Keterangan :

- t = thickness of shell (in)
- p = internal pressure (psi)
- d = inside diameter (in)
- f = allowable stress (psi)
- E = joint efficiency
- c = corrosion allowance (in)

Untuk pengelasan, digunakan double welded butt joint , dengan spesifikasi :

$$E = 80\%$$

$$c = 0.125$$

$$P_{operasi} =$$

$$P_{op} = \frac{\beta \times H}{144}$$

$$P_{operasi} = \frac{104.98}{144} \times H$$

$$= 0.73 \quad H$$

$$\begin{aligned} P_{desain} &= 1.2 \quad \times \quad P_{operasi} \\ &= 0.87 \quad H \text{ psi} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t &= \frac{0.87 H \times 300}{2 \times 80\% \times 16250} + 0.125 \\ &= 0.0100 H + 0.125 \end{aligned}$$

Sedangkan panjang shell course dihitung menggunakan persamaan

$$L = \frac{\pi d - \text{Weld length}}{12n} \quad [\text{Brownell \& Young}]$$

$$\begin{aligned} \text{Weld length} &= \text{Jumlah course} \times \text{allowable welded joint} \\ n &= \text{Jumlah course} \end{aligned}$$

Course 1

$$\begin{aligned} t_1 &= 0.0100 H + 0.125 \\ &= 0.0100 H + 30 + 0.125 \\ &= 0.43 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{untuk course 1, dipilih plate dengan ketebalan} \\ &= 0.43 \text{ in} \\ &= \frac{7}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} d_1 &= (12 \times D) + t_1 \\ &= 12 \times 300.43 + 0.43 \\ &= 300.43 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{\pi \times 300.43}{12 \times 5} - 1 \\ &= 15.706 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft} \\ &= 15 \text{ ft} - 8 \frac{8}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Course 2

$$\begin{aligned}
 H &= 30 - 5 \\
 &= 25 \text{ ft} \\
 t_2 &= 0.010 \quad H \quad + \quad 0.125 \\
 &= 0.39 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

untuk Course 2 dipilih dengan ketebalan

$$\begin{aligned}
 t_2 &= 0.39 \\
 &= \frac{6 \text{ in}}{16}
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan

$$\begin{aligned}
 d_2 &= (12 \times D) + t_2 \\
 &= 12 \times 300.387 + 0.387 \\
 L_2 &= \frac{\pi \times 300.387 - 1}{12 \times 5} \\
 &= \frac{15.704 \text{ ft}}{8.443 \text{ in}} \\
 &= \frac{15 \text{ ft}}{1 \frac{7}{16} \text{ in}}
 \end{aligned}$$

Course 3

$$\begin{aligned}
 H &= H_2 - 5 \\
 &= 25 - 5 \\
 &= 20 \text{ ft} \\
 t_3 &= 0.01 H + 0.125 \\
 &= 0.326 \text{ in}
 \end{aligned}$$

untuk Course 3 dipilih dengan ketebalan

$$\begin{aligned}
 &= 0.326 \text{ in} \\
 &= \frac{5}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan

$$d_3 = (12 \times D) + t_3$$

$$\begin{aligned}
 &= 300.3 \text{ ft} \\
 L &= \frac{\pi}{12} x \quad 300 \quad - \quad 1 \\
 &= 15.7 \text{ ft} \\
 &= 15 \text{ ft} \quad 8.405 \text{ in} \\
 &= 15 \text{ ft} \quad 8 \frac{6}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Course 4

$$\begin{aligned}
 H4 &= H3 \quad - \quad 5 \\
 &= 20 \quad - \quad 5 \\
 &= 15 \text{ ft} \\
 t4 &= 0.01 H \quad + \quad 0.125 \\
 &= 0.276 \text{ in}
 \end{aligned}$$

untuk Course 4 dipilih dengan ketebalan

$$\begin{aligned}
 &= 0.276 \text{ in} \\
 &= \frac{4}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan

$$d4 = (12 \times D) + t4$$

$$= 300.28 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{\pi}{12} x \quad 300.28 \quad - \quad 1 \\
 &= 15.70 \quad \text{ft} \quad 8.37 \text{ in} \\
 &= 15 \text{ ft} \quad 8 \frac{5}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Course 5

$$\begin{aligned} H &= H_4 - 5 \\ &= 15 - 5 \\ &= 10 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_5 &= 0.010 \quad H \quad + \quad 0.125 \\ &= 0.225 \quad \text{in} \end{aligned}$$

untuk Course 5 dipilih dengan ketebalan

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

sehingga didapatkan

$$d_5 = (12 \times D) + t_5$$

$$= 300.23 \quad \text{in}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{\pi}{12} x \quad 300.23 - 1 \\ &= 15.7 \text{ ft} \\ &= 15.83415415 \text{ in} \\ &= 15 \text{ ft} \quad 8 \frac{5}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

d. Menghitung head tangki

Tebal cone digunakan ukuran standar, yaitu : 1 in

Menghitung Θ (sudut elemen cone terhadap horizontal)

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{25}{430 \times 1} \\ &= 0.058 \quad \text{degree} \end{aligned}$$

$$\theta = \text{ArcSin}_{C-7} 0.058$$

$$= \quad \quad \quad 3.32 \quad \quad \text{degree}$$

Tinggi head (H) dapat dihitung dengan pesamaan :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{1 \times D}$$

$$H = 1 \times D \times \operatorname{tg} \theta$$

$$= 1 \times 25 \times 3.32$$

$$= \quad \quad 1.45 \quad \quad \text{in}$$

$$\alpha = 90 - \theta$$

$$= 90 - 3,2$$

$$= 86,8^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{2 \times H}$$

$$H = \frac{D}{2 \times \operatorname{tg} 86,8^\circ}$$

$$= \frac{25}{2 \times 17.88}$$

$$= \quad \quad 0.70 \quad \quad \text{in}$$

e. Mengitung tebal head tangki

Tekanan yang dimasukkan dalam perhitungan adalah P operasi ditambah dengan safety factor

Safety factor = 0,1

$$P + \text{safety factor} = \quad \quad \quad 22 \text{ psi}$$

$$t_h = \frac{P \times D}{2 \times \cos\theta \times ((f \times E) - 1 \times P)} + c$$

$$= \frac{22 \times 25}{(2 \times \cos 3.32 \times (16250 \times 80\%) - 1 \times 22)} + c$$

$$= 0.021 \text{ in}$$

Menghitung diameter inlet dan outlet tangki

Inlet piping

Diameter pipa pemasukan diestimasi dengan persamaan berikut ini

$$D_{i,opt} = 3.9 \times qf^{0.45} \times \rho^{0.13}$$

$$qf = \frac{2389.99}{35} \times \frac{35.31}{3600}$$

$$= 0.6698423 \text{ ft}^3/\text{s}$$

maka,

$$D_{i,opt} = 5.96 \text{ in}$$

Dari Tabel 11 Appendix Process Heat Transfer (Kern, 1965)

D _{Nominal}	6	in
Sch.No	40	
OD	6.625	in
ID	6.025	in
a	28.9	in ²
surface per lin ft		
od	1.734	ft ² /ft
id	1.59	ft ² /ft

Outlet piping,

Menghitung debit fluida

Kebutuhan	=	22760.40	kg/hari
	=	50177.58	lbm/hari
ρ	=	104.976	lb/cuft

$$\text{Debit fluida} = \frac{50177.58}{\frac{104.98 \times 24 \times 3600}{0.006 \text{ cuft/s}}} = 0.006 \text{ cuft/s}$$

$$\text{safety factor} = 10\%$$

$$\begin{aligned}\text{Debit fluida } q_f &= \frac{0.0055}{\text{safety factor}} \\ &= \frac{0.006}{10\%} \\ &= 0.213 \text{ cuft/s}\end{aligned}$$

Menghitung diameter optimal,

Asumsi aliran turbulen, menurut Peter & Timmerhaus,

$$D_{i,\text{opt}} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$D_{i,\text{opt}} = 3.6 \text{ in}$$

Dari Tabel 11 Appendix Process Heat Transfer (Kern, 1965)

D_{Nominal}	3 in
Sch.No	40
OD	3.5 in
ID	3.068 in
a	7.38 in ²
surface per lin ft	

od	0.917 ft ² /ft
id	0.804 ft ² /ft

Resume Tangki Penyimpan H₃PO₄

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat :	(F-110)
Fungsi :	menyimpan larutan H ₃ PO ₄ 50% pada tekanan 1 atm
Tipe Tangki :	Tipe tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk konikal
Kapasitas Tangki :	2620 bbl
Tinggi Tangki :	30 ft
Diameter Tangki :	25 ft

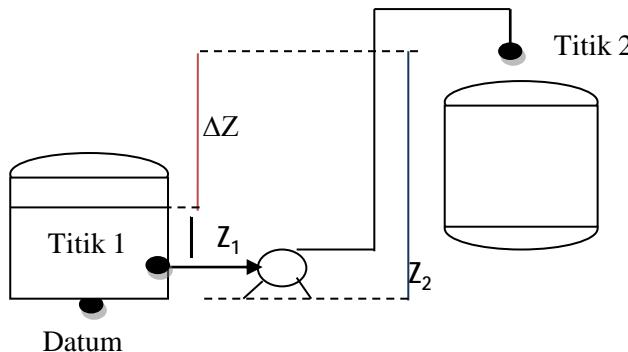
2. Pompa (L-131)

Fungsi : Untuk mentransportasikan fluida dari tangki penyimpan H_3PO_4 ke reaktor I (R-130)

- Menentukan jenis pompa yang digunakan

Pompa yang dipilih yaitu pompa sentrifugal, dengan pertimbangan sebagai berikut ;

- Viskositas liquid yang relatif rendah.
- Konstruksi sederhana dan harga relatif lebih murah
- Tidak memerlukan space yang luas
- Biaya maintenance relatif lebih rendah



viskositas fluida	=	3.86	cp
	=	0.0026	lbm/ft.s
Mass rate fluida	=	107669.8	kg/hari
	=	237371.3	lbm/hari
ρ fluida	=	104.98	lb/cuft

- Debit fluida

$$\text{Debit} = \frac{237371.3}{C-12} \text{ lbm/hari}$$

$$q_f = \frac{P}{\rho}$$

= 104.98 lb/cuft
= 0.03 cuft/hari

Safety factor	=	10%
	=	0.03 cuft/s
	=	13.46493 gpm

Untuk bagian perpipaan akan direncanakan :

Elbow 90° = 3 buah

Globe valve = 1 buah

Gate valve = 1 buah

P₁ = 1 atm

P₂ = 1 atm

b. Menghitung diameter optimal pipa

Asumsi aliran turbulen > 2100

$$D_{i,opt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

= 1.39 in

dari Appendix A.5 Geankoplis hal 996, maka dimensi pipa standart

Nominal pipe size(in)	:	1.5	in
Schedule Number	:	40	
Outside Diamter	:	1.9	in
Wall Thickness	:	0.145	in
Inside Diameter	:	1.61	in
Inside Crossectional area	:	0.01414	ft ²

c. Menghitung friction Loss

menghitung velocity fluida

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0.03 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.01414 \text{ ft}^2} \\
 &= 1.851 \text{ ft/s} \\
 &= 0.5641226 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Reynolds Number

$$\begin{aligned}
 \text{NRe} &= \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \\
 &= \frac{105 \times 0.1341667 \times 1.85}{0.0026} \\
 &= 10050
 \end{aligned}$$

Karena Nre>2100 , maka asumsi aliran turbulen sudah benar dengan ukuran pipa keluar dipilih 1,5 in sch 40

Perhitungan friction loss

(a) Sudden contraction dari outlet tangki

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

$$K_c = 0.55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

(Geankoplis, pers.2.10-16, page 93)

Karena A1 >> A2 , maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, } K_c &= 0.55 \\
 \text{dan } a &= 1 \quad (\text{turbulen}) \\
 h_c &= \frac{K_c \times v^2}{2a} \\
 &= \frac{0.55 \times 0.06}{C-14^2}
 \end{aligned}$$

$$= \quad \quad \quad 0.088 \quad \quad \quad \text{J/kg}$$

(b) friksi pipa lurus

Asumsi panjang total pipa lurus:

Panjang pipa dari tangki ke pompa	=	2.5 m
Panjang pipa dari pompa ke elbow 1	=	1.5 m
Panjang pipa dari elbow 1 ke elbow 2	=	12 m
Panjang pipa dari elbow 2 ke reaktor	=	2 m
Panjang total pipa lurus	=	18 m

Bahan pipa yang di gunakan : Commersial Steel

Untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0.000046 \quad \text{m} \\ \frac{\epsilon}{D} &= \frac{0.000046}{0.040894} = 0.0011 \end{aligned}$$

berdasarkan fig 2.10-3 pada geankoplis , maka

$$\begin{aligned} f &= 0.008 \\ Ff &= \frac{4f \times v^2 \times L}{2D} \\ &= 2.241 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

3. Friksi karena belokan dan valve

Diketahui aliran turbulen, maka Kf adalah

Elbow 90°	Kf	=	0.75
Globe valve			
wide open	Kf	=	6
Gate valve			
wide open	Kf	=	0.17

Friksi pada 3 buah elbow

$$h_{f1} = 3 \times K_f \times \frac{\frac{v_1^2}{2}}{x \alpha}$$

$$= 0.36 \text{ J/kg}$$

Friksi pada globe valve

$$h_{f2} = 1 \times K_f \times \frac{\frac{v_1^2}{2}}{x \alpha}$$

$$= 0.95 \text{ J/kg}$$

Friksi pada gate valve

$$h_{f3} = 1 \times K_f \times \frac{\frac{v_1^2}{2}}{x \alpha}$$

$$= 0.03 \text{ J/kg}$$

Total friksi pada sambungan dan valve :

$$\begin{aligned}\Sigma h_f &= h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} \\ &= 0.36 + 0.95 + 0.03 \\ &= 1.34 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

4. Friksi karena ekspansi (sudden enlargement losses)

Berdasarkan persamaan (2.10-15), (Geankoplis 4^{th,2003})

$$\text{hex} = \frac{K_{ex} \cdot v^2}{2\alpha}$$

$$\text{kex} = (1 - A_1/A_2)^2$$

, A_1/A_2 dianggap 0 karena A_2 tak terhingga
maka

$$\begin{aligned}\text{hex} &= \frac{K_{ex} \cdot v^2}{2\alpha} \\ &= \frac{1 \times 0.318}{2 \times 1} \\ &= 0.0506\end{aligned}$$

Jadi friksi pada pipa,

$$\begin{aligned}
 \Sigma F_s &= hc + Ff + hf + hex \\
 &= 0.088 + 2.241 + 1.34 + 0.0506 \\
 &= 3.72 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Menentukan daya pompa**Menentukan daya pompa**

Hukum Bernoulli :

$$\frac{1}{2\pi} (v_{2,av}^2 - v_{1,av}^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

diketahui:

Tinggi cairan tangki penyimpan (h_1)	=	25.90 ft
ketinggian pipa masuk reaktor (h_2)	=	42.6 ft
Kecepatan gravitasi (g)	=	32.15 ft/s ²
Massa jenis di tangki penyimpanan	=	##### lb/ft ³
Massa jenis masuk reaktor	=	##### lb/ft ³
Tekanan suction (P_1)	=	87412 lb/ft ²

diketahui :

$$P_1 = 1 \text{ atm} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{maka } \Delta P &= \rho_1 \cdot g \cdot h_1 \\
 &= 87411.524 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$Q_1 = Q_2, \quad V_1 = V_2$$

$$\begin{aligned}
 W_s &= g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F \\
 &= 536.9 + 832.6493 + 3.72 \\
 &= 1373.27 \text{ BTU/lb} \\
 &= 3194.23 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

Efisiensi	=	80%	(Timmerhause)
Wp	=	Ws/efisiensi	
	=	3992.7923 J/kg	
Power Pompa	=	<u>$\frac{W_p \times m}{1000}$</u>	
	=	<u>$\frac{3992.7923}{1000} \times 4486.242917$</u>	
	=	17912.636 W	
	=	4.9757323 kW	
Efisiensi Motor	=	80%	
Power Motor	=	6.2196654 kW	
	=	8.34 hp	

Spesifikasi**Keterangan**

- Fungsi : Untuk mentransportasikan fluida dari tangki penyimpan H₃PO₄ ke reaktor I (R-130)
- Tipe : Pompa sentrifugal
- Power yang dibutuhkan : 8.34 hp

3. Calsiner (B-210)

Fungsi : untuk mengkalsinasi NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4
menjadi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ pada suhu 300-500°C

Kondisi operasi : 1 atam

T = 500 °C

Bahan : Stainless Steel
(Geankoplis, 7 th ed, page 12-52)

Dasar Perancangan :

Menentukan Luas Penampang dan Diameter Calsiner

Berdasarkan Gilmour (2014), dengan kapasitas 45000 ton per tahun
maka di pilih spesifikasi
kalsiner sebagai berikut:

Diameter = 3 m = 9.84 ft

Panjang = 23 m = 75.46 ft

Menentukan Putaran Rotary Calsiner (N)

Berdasarkan Gilmour (2014), putaran calsiner yang di ijinkan 1,5-4 rpm

$$N = \frac{V_p}{\pi \times D}$$

Dengan,

N = Putaran Rotary Calciner, rpm

Vp = Kecepatan keliling selongsong
= 38.4 m/menit

D = Diameter inside rotary calciner

$$N = \frac{38.4}{\pi \times 3}$$

$$= 4 \text{ rpm}$$

Menghitung waktu tinggal dalam Calsiner

$$\theta = \frac{0,19L}{S \times N \times D}$$

[Eq.12-58 hal 12-16,Perry 7th]

Dimana

L	=	Panjang Calciner	=	75.46 ft
S	=	Slope	=	0.8 cm/m
			=	0.008 ft/ft
D	=	Diameter Calsiner	=	9.84 ft
N	=	Putaran rotary calsiner	=	4 rpm

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{0,19L}{S \times N \times D} \\ &= \frac{0.19 \times 75.46}{0.008 \times 4} \\ &= 45.521 \text{ menit} \end{aligned}$$

Menentukan Tebal shell

- a. Tekanan ke arah dinding calsiner di abaikan karena material termasuk free flowing
- b. Tekanan di dalam Calsiner hanya terjadi karena gaya gravitasi yaitu berupa tekanan hidrostatik

Komponen	Massa	Densitas	Volume
NaH ₂ PO ₄	36322.9	2360	15.3910593
Na ₂ HPO ₄	85964.21	500	171.92842
H ₂ O	6436.16	997	6.45552658
NaOH	1052.84	2310	0.45577489
	129776.11	194.230781	

Densitas campuran	=	668.15419 kg/m ³				
P bahan	=	ρ_{bahan}	x	g	x	H
	=	668.15419	x		9.8	x 3
	=	19643.733 Pa				
	=	2.85 psi				
P design	=	P operasi	+	P bahan		
	=	14.7	+	2.85		
	=	17.55 psi				

Perhitungan tebal shell

Dipakai double welded but joint,	e	=	80%
Tekanan maksimal diijinkan,	f	=	16000
Tekanan operasi, P _{des}	=	17.55 psi	
Faktor korosi, C	=	1.25	

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{P_{\text{des}} \times ri}{(f.e - 0,6P_{\text{des}})} + 1.25 \\
 &= \frac{0.081 + 1.25}{1.331 \text{ in}} = \frac{21.30 \text{ in}}{16} \\
 &= 0.119 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Geankoplis 7th ed, page 12-60

$$\text{bph} = \frac{N(4,75dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100000}$$

N	=	Putaran rotary	=	4 rpm
d	=	Diameter shell	=	9.8424 ft
w	=	Berat bahan	=	5407.33792 kg
			=	11921.0172 lb
D	=	d + 2	=	11.8424 ft

W = berat total

Perhitungan berat bahan:

Volume shell

$$\begin{aligned} V_{\text{shell}} &= \pi \times D \times L \times t_s \\ V_{\text{shell}} &= 3.14 \times 9.8424 \times 75.4 \times 0.1 \\ &= 277.5 \text{ cuft} \\ &= 7.77 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka berat shell

$$\begin{aligned} W_{\text{shell}} &= V_{\text{shell}} \times \rho \\ &= 7.77 \times 7700 \text{ kg/m}^3 \\ &= 59829 \text{ kg} \\ &= 122410.134 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= W_{\text{shell}} + w \\ &= 122410.134 + 11921.01717 \\ &= 134331.1512 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

maka,

bhp = 14.22 kW

Spesifikasi Calsiner	Keterangan
Fungsi :	untuk mengkalsinasi NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4 menjadi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ pada suhu 300-500°C
Jumlah :	1
Kapasitas :	5407.3379 kg
Diameter Calsiner :	3 m
Panjang Calsiner :	23 m
Power :	14.219 kW

Kecepatan putar : 4 rpm

4. Rotary Cooler (E-220)

Fungsi :

Untuk mendinginkan padatan $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ yang keluar dari calciner (B-210) dengan cara menghembuskan udara dingin

Tipe : Three-compartment mills

Dasar pemilihan : sederhana dan ekonomis untuk sistem dimana kontak gas padat secara langsung

kondisi operasi :

suhu padatan masuk = 500 °C

suhu padatan keluar = 60 °C

suhu udara masuk = 30 °C

suhu udara keluar = 45 °C

udara yang digunakan pada rotary cooler mula-mula memiliki suhu 30°C dengan humidity = 0.02, dengan %RH=60%

[Geankoplis Fig 9.3-2 hal 359]

Perhitungan

- Perhitungan diameter dan panjang rotary cooler

Laju udara kering yang = 304600 kg/hari
diperlukan (G) = 12691.67 kg/jam

Maka laju ali udara masuk termasuk kandungan air (mG)

$mG = G \times (1 + \text{Humidityin})$

$mG = 12691.67 \times (1+0.02)$
 $= 12945.5 \text{ kg/jam}$

Dari literatur McCabe halaman 795 :

Laju alir gas rata-rata 2000-25000 kg/m².jam

maka laju alir gas (g) = 10000 kg/m².jam

Cross Sectional Area dari Rotary Cooler :

$$A = \frac{mG}{g} = \frac{12945.5}{10000} = 1.295 \text{ m}^2 = 13,93 \text{ ft}^2$$

maka diameter Rotary cooler dapat ditentukan dengan menggunakan :

$$D = \left(\frac{4 \times \frac{mG}{g}}{\pi} \right)^{0.5} = \left(\frac{4 \times 13.93}{\pi} \right)^{0.5} = 4.213 \text{ ft}$$

Dimana :

D = diameter Rotary Cooler

mG = laju alir udara masuk

g = allowable average mass flux dari aliran udara

Sehingga, diameter yang digunakan 5 ft. Diameter ini memenuhi syarat karena berdasarkan literatur Walas

halaman 247, diameter rotary cooler pada umumnya adalah 4-10 ft.

Perbandingan L/D rotary cooler adalah 10:1 - 12:1

(Walter H.Duda, hal 442)

Ditetapkan L/D yang digunakan adalah 10:1

D = 5 ft = 1.524 m

, sehingga L : 50ft = 15.54 m

- **Perhitungan kecepatan putaran cooler**

Kecepatan circumferential rotary cooler 0,2-0,4 m/s

[Otto Labahn, hal 233]

Ditetapkan : v = 0,2 m/s

$$N = \frac{v \times 60}{\pi \times 0,61} = \frac{0,2 \times 60}{\pi \times 0,61} = 6.266 \text{ rpm}$$

Ketentuan kecepatan putar rotary cooler adalah $0 < \text{rpm} < 8$

[Walter, hal 441]

- **Menghitung waktu tinggal**

Menentukan slope: (Perry ed.7 hal.12-57)

Slope rotary cooler (S) = 2-6 cm/m

Ditentukan slope kiln (S) = 2 cm/m = 0.02 ft/ft

Dari Perry ed.7 pers.12-58 hal 12-60 :

$$\Theta = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times S} = \frac{0,19 \times 50 \text{ ft}}{6,266 \times 5 \text{ ft} \times 0,02 \text{ ft}} = 15,16 \text{ min}$$

- Perhitungan power rotary cooler

Diameter	=	1.524 m
Panjang	=	15.54 m
D X L	=	1.524 x 15.54
	=	23.68296 m ²

$$N_w = f_k \times L \times D^2 \times n$$

Dimana :

N_w	=	power pengaduk /pemutar
L	=	panjang rotary cooler (m)
D	=	diameter rotary cooler (m)
n	=	kecepatan putar rotary cooler (rpm)
f_k	=	ranging faktor dari 0.09-0.13 ditetapkan 0.11

sehingga

$$\begin{aligned}
 N_w &= 0,11 \times 15,54 \times (1,524 \times 1,524) \\
 &\quad \times 6,266 \\
 &= 24,88 \text{ kW} \\
 &= 33,34 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi flight

Digunakan : Lifting Flight dengan sudut 45°
 [Walter,hal 84]

$$\text{Tinggi radial flight} : \frac{1}{12} \times D - \frac{1}{10} \times D$$

Ditetapkan:

$$\frac{1}{11} \cdot D$$

[Perry,3rd, hal 20-32]

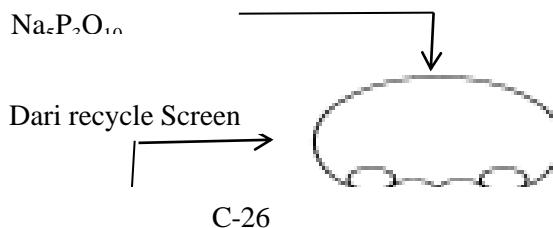
$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{11} D & = & \frac{1}{11} x & 5 \\ &= 0.45 \text{ ft} & = & 0.138 \text{ m} & \end{aligned}$$

Menurut (Perry,1997) jumlah flight yaitu antara 2D-3D

$$\begin{aligned} \text{Ditetapkan jumlah flight} &= 2D & 5 \\ &= 2 & x \\ &= 10 \text{ buah} & \end{aligned}$$

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Rotary Cooler (E-220)
Fungsi	Mendinginkan padatan $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ yang keluar dari rotary kiln (B-210) dengan cara menghembuskan udara dingin dari Blower III (G-223)
Tipe	Three-compartment mills
Kapasitas	12691.667 kg/jam
Diameter	1.524 m
Panjang	15.54 m
Kecepatan putar	4 rpm
Waktu tinggal	15.16 menit
Daya	33.34 Hp

5. Ball Mill (C-230)





Fungsi : menghaluskan padatan sampai berukuran 100 mesh

Tipe : Marcy Ball Mill

Laju alir massa umpan : 135731 kg/hari

Asumsi :

Kapasitas ball mill 10% lebih besar, sehingga

Kapasitas : 110% x 135731

$$= 149304.1 \text{ kg/hari}$$

$$= 149.3 \text{ ton/hari}$$

Berdasarkan Tabel 19-6 Perry ed.7th diketahui produk dengan ukuran 100 mesh menggunakan spesifikasi no. 200 pada tabel 20-16

Spesifikasi Ball Mill

Spesifikasi	Keterangan
Kode Alat : (C-230)	
Fungsi : Untuk mengecilkan ukuran atau menyeragamkan ukuran kristal	
Kapasitas : kg/hari	ton/hari
Ukuran : 7 x	5 ft
Ball charge : 13.1 ton	
Mill speed : 22 1/2 rpm	
Power : 135 hp	

6. Vibrating Screen [H-231]

Fungsi : Untuk memperoleh padatan dan menyeragamkan ukuran partikel $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ menjadi 100 mesh

Tipe : High speed vibrating screen

Dasar pemilihan :

1. Range ukuran mesh High speed vibrating screen luas

2. Mampu bekerja untuk kapasitas yang besar dan efisiensi yang tinggi

[Perry 7th ed., hal 19-19]

Laju alir massa umpan = 136364 kg/hari

= 300628.074 lb/hari

= 12526.1698 lb/jam

Dengan ukuran partikel sebesar 100 mesh, dari tabel 19-6 perry 7 th ed, diperoleh

Diameter wire (d) = 0.11 mm

= 0.004 in

= 0.0003609 ft

Sieve opening (a) = 0.149 mm

= 0.006 in

= 0.0004888 ft

Estimasi kapasitas Screen adalah

$$A = 0.4C_t/C_u \times F_{oa} \times F_s$$

Estimasi kapasitas Screen adalah

$$A = 0.4C_t/C_u \times F_{oa} \times F_s$$

Dimana :

A : Screen area

Ct : throughflow rate

Cu : Unit capacity

: 0.41 tons/(h.ft²)

[fig.19-21 hal 19-24,Perry 8th]

Foa : open-area factor

Fs : slotted-area factor

= 25

[Tabel 19-7 hal 19-23,Perry 8th]

Digunakan parallel ro dock dengan eq. 21-6 fig. 19-22, Perry 8 th edition

untuk mencari FOA

$$\begin{aligned} \text{Foa} & : \frac{100a}{(a+d)} \\ & = \frac{100}{\frac{x}{0.0005}} \\ & = 57.53 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} A & = \frac{0.4x}{0.41x} \times \frac{12526.17}{57.528958x} \\ & = 8.497 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 50%

Sehingga luas screen : 12.746 ft^2

Spesifikasi Vibrating Screen

Spesifikasi	Keterangan
Fungsi :	Untuk memperoleh padatan dan menyeragamkan ukuran partikel $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ menjadi 100 mesh
Kapasitas :	136364.00 kg/hari
Luas screen :	12.75 ft^2
Jumlah :	1 ton

7. Bucket Elevator (J-242)

Fungsi : Untuk mengangkut $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ dari vibrating screen menuju ke silo

Type : Spaced bucket centrifugal discharge elevator

komdisi Operasi : Tekanan : 1 atm
Temperatur : 30°C

Laju alir massa : 136364 kg

Dasar Perancangan :

Komponen yang dipindahkan

Komponen	massa (kg/hari)
Na ₅ P ₃ O ₁₀	118751.21
Na ₄ P ₃ O ₇	3576.52
NaH ₂ PO ₄	1613.47
H ₂ O	12422.81
total	136364

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas} &= 136364 \text{ kg/hari} \\
 &= 136.364 \text{ ton/hari} \\
 &= 5.68183333 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

Untuk bucket elevator dengan kapasitas 5.68 ton/jam, dengan spesifikasi (Perry,1997) maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Size of bucket} &: 6 \times 4 \times 4.25 \text{ in} \\
 \text{Bucket spacing} &: 12 \text{ in} \\
 \text{Elevator center} &: 25 \text{ ft} \\
 \text{Bucket speed} &: 225 \text{ ft/min} \\
 \text{Capacity} &: \text{max. } 14 \text{ ton/h} \\
 \text{Head shaft} &: 43 \text{ r/min} \\
 \text{hp required at head} &: 1 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Perhitungan

Asumsi waktu tinggal selama 5 jam, maka :

Kapasitas = Rate massa x waktu tinggal

$$\text{Rate massa} =$$

Bulk density (table 21-4) (Perry,1997)

$$= \quad 20 \text{ lb/cuft}$$

$$= \quad 320,369 \text{ kg/m}_3$$

$$\text{Rate massa} = \frac{5681.83 \text{ kg/jam}}{320,369 \text{ kg/m}_3}$$

$$= \quad 0.018 \text{ m3/jam}$$

$$\text{Jadi, kapasitas} = 5681.833 \times 5$$

$$= \quad 28409.17 \text{ kg}$$

$$\text{Safety factor} = \quad 20\% \text{ maka}$$

$$\text{Rate massa} =$$

Bulk density (table 21-4) (Perry,1997)

$$= \quad 20 \text{ lb/cuft}$$

$$= \quad 320,369 \text{ kg/m}_3$$

$$\text{Rate massa} = \frac{5681.83 \text{ kg/jam}}{320,369 \text{ kg/m}_3}$$

$$= \quad 0.018 \text{ m3/jam}$$

$$\text{Jadi, kapasitas} = 5681.833 \times 5$$

$$= \quad 28409.17 \text{ kg}$$

$$\text{Safety factor} = \quad 20\% \text{ maka}$$

$$\text{Kapasitas :} \quad 1.2 \times 28409.17 \text{ kg}$$

$$: \quad 34091 \text{ kg}$$

$$: \quad 34.09 \text{ ton}$$

Dengan kapasitas 34.091 ton, maka :

$$\text{Head shaft} = \frac{34}{14} \times 43 \text{ r/min}$$

$$= \quad 104.4286 \text{ r/min}$$

$$\text{Power head shaft} = \frac{34 \times 1}{14} \text{ hp}$$

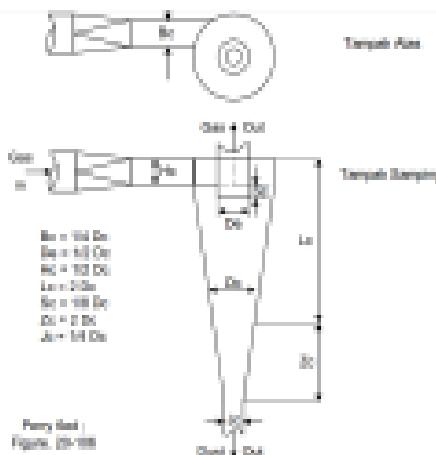
$$= \quad 2.428571 \text{ hp}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Power tambahan} &= 0.02 \text{ hp} \\
 \text{Power total} &= 2.428571 + 0.02 \\
 &= 2.45 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi	Keterangan
Nama alat	Bucket Elevator (J-242)
Fungsi	Untuk mengangkut $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ dari vibrating screen menuju ke silo
Ukuran bucket	6 x 4 x 4 1/4 in
Power yang digunakan	2.45 hp

9. CYCLONE (H-156)

fungsi : Untuk memisahkan padatan yang terikut udara
 Type : Van Tongeren Cyclone
 Dasar pemilihan : efektif dan sesuai dengan jenis bahan



$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi time passes} &= 2 \text{ detik} \\
 \text{Rate udara} &= 426.7 \text{ mol} = 0.427 \text{ kmol} \\
 &= 12.31 \text{ kg/jam} \\
 &= 27.13 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{BM udara} = 28.84$$

$$\begin{array}{lll} \rho_{\square} & \text{campuran pada P} & = 1 \text{ atm} \\ & T & = 165 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ & & = 788.67 \text{ R} \end{array}$$

$$\rho_{\square} \text{ Udarastd} = 492 \text{ R}$$

$$\rho_{\square} = \frac{492 \times}{788.7} \frac{1 \times}{1} \frac{28.84}{359}$$

$$\rho_{\square} = 0.05 \text{ lb/cuft} \text{ [Himmelblau:249]}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Rate Volumetrik} & = \frac{27.13}{0.050 \times} \frac{\text{lb/jam}}{3600 \text{ lb/cuft}} \\ & = 0.150 \text{ cuft/detik} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Berat Solid} & = 635.1375 \text{ kg/jam} \\ & = 1400.47819 \text{ lb/jam} \end{array}$$

$$\rho_{\square} \text{ solid} = 31.242 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Volumetrik solid} = 0.001 \text{ cuft/detik}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Berat H}_2\text{O} & = 1.83333333 \text{ kg/jam} \\ & = 4.0425 \text{ lb/jam} \end{array}$$

$$\rho_{\square} \text{ H}_2\text{O} = 0.035 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Volumetrik gas} \approx 1.214 \text{ cuft/detik}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Total volumetrik bahan} & = 1400.47819 + 0.001 \\ & & + 1.214 \\ & \approx & 1401.69319 \text{ cuft/detik} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Volume bahan} & = 1401.6932 \text{ cuft/detik} \times 2 \text{ detik} \\ & \approx 2803.3864 \text{ cuft} \end{array}$$

berdasarkan Ulrich ,T.4-23 H/D = 4 – 6 ; Diambil H/D = 6

$$\begin{array}{lll} \text{Volume shell} & = \frac{\pi}{4} D^2 .H \\ 2803.3864 & = \frac{\pi}{4} .6 D \end{array}$$

D	=	6 ft	=	72 in
Dc			=	72 in
Bc	=	1/4 Dc	=	18 in
De	=	1/2 Dc	=	36 in
Hc	=	2Bc	=	36 in
Lc	=	2Dc	=	144 in
Sc	=	1/8Dc	=	9 in
Zc	=	2Dc	=	144 in
Jc	=	1/4Dc	=	18 in

$$\left(\frac{9 \cdot \mu \cdot Bc}{\pi \cdot Ntc \cdot Vc \cdot (\rho_s - \rho)} \right)^{0,5} \quad \text{Perry 6ed. ; pers.20-63}$$

Dimana,

Dpmin	=	diameter partikel minimum
	=	0.000002150 lb/ft.detik
	=	31.24 lb/cuft
	=	0.05 lb/cuft
Bc	=	18 in = 1,5 ft
Area cyclone	=	4.5 ft ²
Rate volumetrik bahan	=	1401.69319 cuft/dt
Kecepatan bahan, Vc	=	$\frac{1401.69319}{4.5} \text{ cuft/detik}$
	=	311.487375 ft/detik

Ntc (number of turn made by gas stream in cyclone separator) = 10
 (Perry edisi 6 hal 20-86)

$$Dp_{min} = \left(\frac{9 \times 0,00000215 \times 1,5}{\pi \times 10 \times 30,01986 \times (31,2193 - 0,0501)} \right)^{0,5}$$

$$= 0.000025 \text{ ft}$$

Perencanaan Tebal Shell dan Tutup

Bahan konstruksi dipilih Carbon steel SA-283 grade C

fallowance = 12650 psi (B & Y tabel 13,1)

Faktor korosi : C = 1/8 = 0,125; Tebal shell , digunakan API-ASME Code

Tebal shell

Tekanan design = 1 atm = 14.7 psi

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{min} = \frac{P \times r_i}{f_E - 0,6P} + C \quad [B&Y,pers.13-1,hal.254]$$

Dipakai dou e welded Butt joint, $e = 80\%$

$$\begin{aligned} t_{min} &= \frac{14.7}{12650 \times 0,8} \times \frac{(72/2)}{0,6 \times 14,7} + 0,125 \\ &= 0,177 \\ &\approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

Tebal tutup atas :

tebal tutup disamakan dengan tebal shell, karena tekanan atmosfer.

Spesifikasi

Kapasitas : 2803.3864 cuft/detik

Diameter partikel : 0.000025 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Jumlah : 1 buah

10. SPRAY DRYER (D-150)

fungsi : Mengeringkan produk melalui proses kontak langsung

dengan udara pengering sehingga didapatkan produk berupa padatan orthophosphate

Tipe : bejana tegak dengan bagian bawah berbentuk konis sedangkan tutup atas berbentuk dish.

Dasar pemilihan : Spray dyer dapat mengubah larutan menjadi padatan dalam waktu yang singkat

Perhitungan :

Kondisi Operasi :

Suhu udara masuk = 300°C = 572°F

Suhu udara keluar = 165°C = 329°F

Suhu bahan masuk = 100°C = 212°F

Tekanan operasi = 1 atm

Dryer bekerja kontinu selama 24 jam

Rate bahan masuk = 9874.4583 kg/jam

Densitas feed = 1902.5931 kg/m³

Laju udara kering = 233345 kg/hari

= 2.7007523 kg/s

Density Outlet gas = 0.8187 kg/m³

Waktu pengeringan = 20 s

a.menentukan laju alir Volumetrik feed dan udara

$$V_o = \frac{\text{massa masuk}}{\text{densitas}}$$

V_o feed = 5.19 m³/hari = 0.001 m³/s

V_o udara = 285018.93 m³/hari
= 3.299 m³/s

b. Menghitung volume spray dryer

Diketahui

waktu tinggal = 10 s

kemiringan konis = 60°

$$H : D = 4 : 1$$

Volume feed	=	Vo	x	waktu tinggal
	=	0.0014417 x		10 s
	=	0.0144167 m ³ /s		
Volume udara	=	Vo	x	waktu tinggal
	=	3.2988302 x		10 s
	=	32.988302 m ³		
Vchamber	=	Volume bahan	+	Volume udara
	=	0.014	+	32.99
	=	33 m ³	=	1166 ft ³
33 m ³	=	V silinder	+	V 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		
D ³	=	9.793		
D	=	2.139 m		
H	=	8.558 m		
	=	28.08 ft		

Jadi tinggi total spray dryer yaitu 8.56 m, di mana

$$\text{Tinggi konis} = 1.9565577 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder} = 6.6013303 \text{ m}$$

Tebal shell

$$t_s = \frac{P \cdot ri}{f_{all} \cdot E - 0,6 \cdot P} \quad (\text{Brownell \& Young, eq 13.1})$$

dimana,

P	=	tekanan design	=	14.696 psi
ID	=	diameter shell	=	2.139472 m
		=	=	84.2312266 in
ri	=	jari-jari shell	=	1.069736 m
		=	=	42.1156133 in

$$f_{all} = \text{allowable stress} = 15600 \text{ lb/in}$$

(Stainless Steel type 306)

$$E = \text{efisiensi sambungan} = 0.8$$

(Double welded butt joint, Brownell& Young,p.245,table 13.2)

$$c = \text{corrosion allowance} = 0.125$$

$$ts = \frac{14.696}{12480} x = \frac{42.1156133 + 0.125}{8.8176}$$

$$= 0.05 + 0.125$$

$$= 0.175 \text{ in} = \frac{3 \text{ in}}{16}$$

$$\text{Dipakai tebal shell standar } t = \frac{3 \text{ in}}{16}$$

$$= 0.0044 \text{ m}$$

$$OD = ID + 2t = 84.58 \text{ in}$$

$$\text{Koreksi} \quad ID = OD - 2t = 84.23 \text{ in}$$

$$= 2.139 \text{ m}$$

Tebal Atas, Dish head

Bentuk head = torispherical dished head

$$th = \frac{p.r}{f.E - 0.1p}$$

Dari tabel 5.5 Brownell-Young:

$$icr = 0.5 \text{ in}$$

$$r = 120 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} th &= \frac{12.57}{12480} x \frac{120}{1.4696} \\ &= 0.121 \text{ in} = \frac{2 \text{ in}}{16} \end{aligned}$$

Tebal Tutup bawah

Bentuk : Conical head

Untuk 1/2 sudut puncak tidak lebih besar dari 30 °C digunakan persamaan 6.154, p.118,Brownell & Young

$$t_c = \frac{P \cdot ID}{2 \cos \alpha \cdot (f \cdot E - 0,6P)} + c$$

dimana,

$$P = \text{tekanan design} = 14.696 \text{ psi}$$

$$ID = \text{diameter shell} = 2.139472 \text{ m} \\ = 84.2312266 \text{ in}$$

$$ri = \text{jari-jari shell} = 1.069736 \text{ m} \\ = 42.1156133 \text{ in}$$

$$f_{\text{all}} = \text{allowable stress} = 15600 \text{ lb/in}$$

(Stainless Steel type 306, Perry ed.5)

$$E = \text{efisiensi sambungan} = 0.8$$

(Double welded butt joint, Brownell& Young,p.245,table 13.2)

$$c = \text{corrosion allowance} = 0.125$$

$$t_c = \frac{14.7 x 84.231227}{1.732 x 12471.182} + 0.125$$

$$t_c = 0.182 \text{ in} = \frac{3 \text{ in}}{16}$$

Atomizer

Diketahui

$$H = 8.558 \text{ m}$$

$$T \text{ inlet udara panas} = 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T \text{ feed} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sehingga di dapat diameter droplet dari grafik yaitu :

$$0.5 \text{ mm} = 500 \text{ } \mu\text{m}$$

Ukuran diameter disc standar yang sering digunakan yaitu 100 mm, 200 mm dan 300 mm

Diameter disc yang dipilih yaitu 200 mm (Carl W hall, 246)

$$\frac{D_{vs}}{r} = 0.4 \left(\frac{\Gamma}{\rho_L \cdot N \cdot r^2} \right)^{0.6} \left(\frac{\mu}{\Gamma} \right)^{0.2} \left(\frac{\alpha \cdot \rho_{L,L_w}}{\Gamma^2} \right)^{0.1}$$

(Perry,ed.6,eq.20-49)

Dimana,

$$\begin{aligned} D_{vs} &= \text{diameter semprotan rata-rata} = & 0.5 \text{ m} \\ &= & 0.002 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Di &= \text{diameter dish} = & 200 \text{ mm} \\ &= & 0.66 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\Gamma = \text{kecepatan massa semprotan dari wetted dish peripheral (lb/min.ft)}$$

$$\begin{aligned} \rho_L &= \text{densitas Orthophosphate} = & 1903 \text{ kg/m}^3 \\ &= & 114.2 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$N = \text{putaran dish} = \text{rpm}$$

$$\mu = \text{viskositas liquid} = 0.696 \text{ lb/ft}^3$$

$$\alpha = \text{liquid retension, lb/min}^2$$

$$L_w = \text{wetted dish peripheral}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa feed masuk} &= 9874.46 \text{ kg/jam} \\ &= 362.39 \text{ lb/min} \end{aligned}$$

$$\Gamma = \frac{\text{massa feed masuk}}{L_w} = \frac{362.392621}{2.0724} = 174.866156 \text{ lb/min.ft}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 = & \text{ densitas liquid} & = & 1902.59313 \text{ Kg/m}^3 \\
 & & = & 1.90259313 \text{ gr/m}^3 \\
 & & = & 0.05536473 \text{ mol/cm}^3 \\
 (\text{R}) & = \text{ Komponen parachor} & = & 271.7 \\
 & = \text{ dyne/cm}
 \end{aligned}$$

pada tekanan rendah, $P_r \gg Pg$, maka Pg dapat diabaikan

$$\begin{aligned}
 \alpha^{1/4} & = (271.7) & (0.055) \\
 & = 15.04 & \text{ dyne/cm} \\
 & = 117901.76 & \text{ lb/min}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.0049697 & = 0.331 \times & 5.00835367 \times & 1.076945 \\
 & & \times & 0.4 \\
 N^{0.6} & = 143.755 \\
 N & = 3944.938 & \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Menghitung power yang dibutuhkan

$$P = 1.04E-08 (r \cdot N)^2 W$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 P & = \text{ netto horse power} \\
 r & = \text{ jari-jari dish} = 0.33 \text{ ft} \\
 N & = \text{ putaran dish} = 3944.93812 \text{ rpm} \\
 W & = \text{ kec. Feed} = 362.392621 \text{ lb/min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P & = 1.04 \cdot 10^{-8} \cdot (0.33 \cdot 2264.7)^2 \cdot 362.392621 \\
 & = 40 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi alat

Spray Dryer

Spesifikasi	Keterangan
Tinggi silinder	= 6.60 m
Tinggi konis	= 1.96 m
Diameter	= 2.14 m
Tebal shell	= 0.00 m
Tebal atas	= 0.12 m
Tebal konis	= 0.18 m

11.Silo (F-240)

Fungsi : untuk menampung produk $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

Feed masuk :	136364 kg/hari
=	136.4 ton/hari
waktu tinggal :	= 5 hari
Jumlah hopper :	1
kapasitas :	5681.8333 kg/jam
:	681820 kg/5hari

Perhitungan volume silo

$$\rho_{\text{aktual}} = 2471 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ditetapkan

$$\rho_{\text{bulk}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{bulk}} = \rho_{\text{aktual}} \times (1-\varepsilon)$$

$$800 = 2471 \times (1-\varepsilon)$$

$$(1-\varepsilon) = 0.324$$

$$\varepsilon = 0.676$$

$$\begin{aligned}\text{Volume padatan} &= \frac{\text{massa}}{\rho_{\text{bulk}}} \\ &= 852.275 \text{ m}^3 \\ &= 30093.83 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Asumsi silo terisi 85% padatan, sehingga volume silo

$$\begin{aligned}\text{Volume silo} &= \frac{100}{85} \times \text{Volume padatan} \\ &= 35405 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Dimensi Hopper :

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas flange only dan tutup bawah conical dengan sudut puncak 150°

$$\text{Sudut puncak} = 150^\circ$$

Asumsi dimensi tinggi silinder / diameter bejana (H_s / D)

$$= 2$$

(Ulrich, hal. 248)

$$\begin{aligned}\text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \pi x D^2 x H_s \\ &= \frac{1}{4} \pi x D^2 x 2D \\ &= 1.57 D^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Conical} &= \frac{\pi x D^3}{24 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)} \\ &= 0.0350567 D^3\end{aligned}$$

Volume tutup atas tidak dihitung karena flange only berbentuk flat

Volume total = Volume Silinder + Volume Conical

$$35404.51 = 1.57 D^3 + 0.03D^3$$

$$D = 22058.10$$

$$= 28.05 \text{ ft}$$

=	8.53 m
=	335.66 in
Hs =	2 x 335.7
=	17.051384 m

Menghitung tutup bawah :

tinggi conical (Hc) =	$\frac{ID}{2 \times \operatorname{tg}(\alpha/2)}$
=	1.14 m
=	44.97 in
tinggi total bejana (H)	= tinggi bejana + tinggi conical
=	17.051384 + 1.142
=	18.19361 m

Volume conical	=	$\frac{\pi \times D^3}{24 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)}$
	=	21.725 m ³

V bahan dalam silinder =	volume total bahan -
	volume conical
=	852.275 - 21.72
=	830.55 m ³

tinggi bahan dalam silinder	=	$\frac{\text{volume bahan dalam silinder}}{\pi/4 \times D^2}$
	=	830.55
	=	57.059628
	=	14.555826 m

tinggi bahan dalam bejana	=	tinggi bahan dalam silinder
	=	tinggi conical

Menentukan Tekanan Design (Pd)

Tekanan operasi sama dengan tekanan atmosfer ditambah dengan tekanan parsial bahan :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{bahan}} &= \rho_{\text{bahan}} \times g \times H_b \\
 &= 800 \times 9.8 \times 15.69805 \\
 &= 123072.73 \text{ Pa} \\
 &= 17.85 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_d &= 14.7 + P_{\text{bahan}} \\
 &= 14.7 + 17.8455454 \\
 &= 32.55 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Menentukan ketebalan silinder

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{P_d \times ID}{2(fE - 0.6 P_d)} + C \\
 f &= 45000 \text{ psi} \\
 &\quad (\text{Brownell \& Young, 251})
 \end{aligned}$$

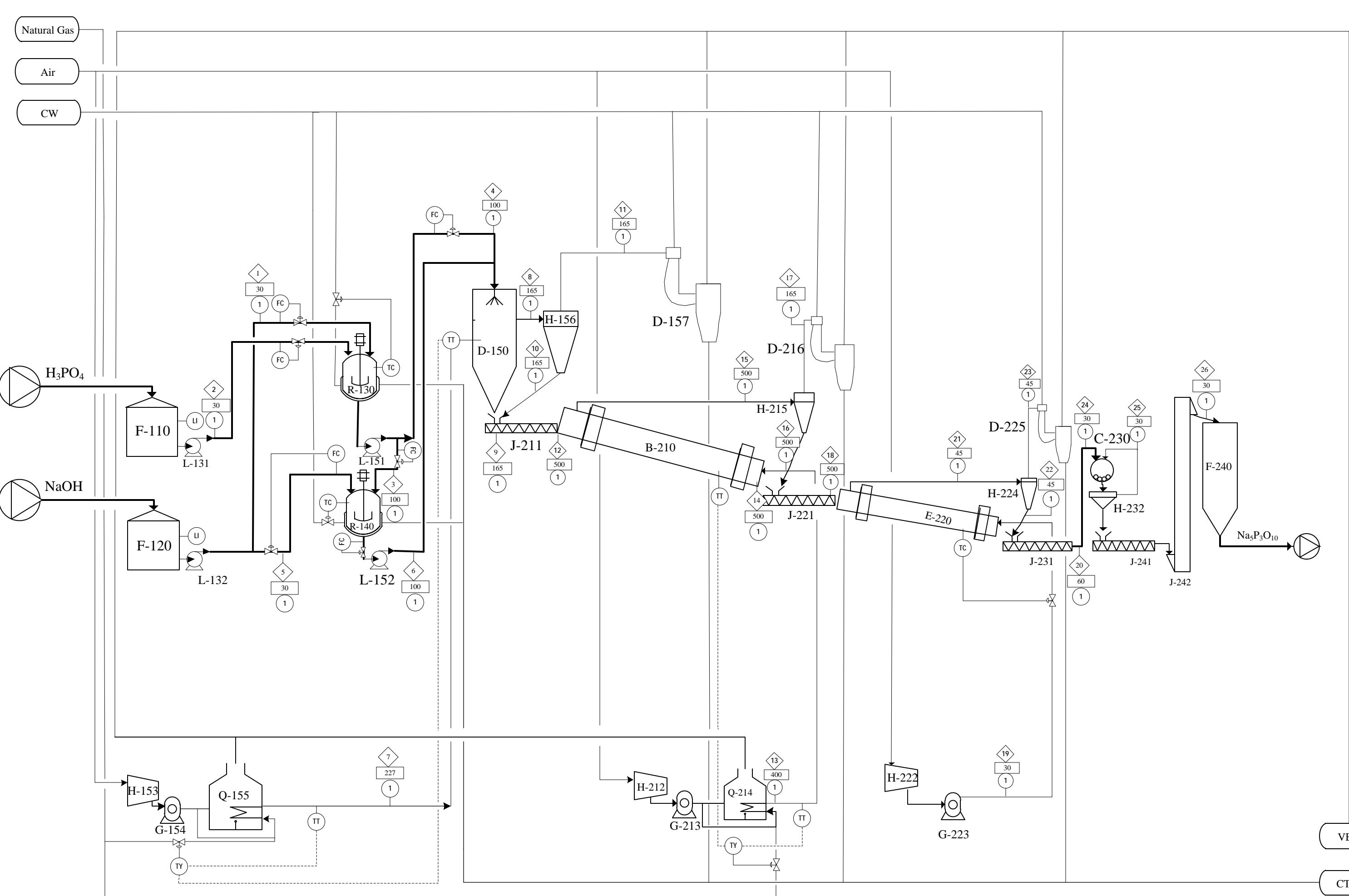
$$C = \frac{1}{16} \text{ in} \quad (\text{carbon steel})$$

$$E = 0.8 \quad (\text{Brownell \& Young, 251})$$

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{32.546}{2} \times \frac{x}{35980.473} + \frac{335.656}{16} \\
 &= 0.152 + \frac{1}{16} \\
 &= \frac{2.429}{16} + \frac{1}{16} = \frac{3}{16} \text{ in} \\
 &\quad = 0.19 \text{ m} \\
 OD &= ID + 2 \times ts \\
 &= 8.526 + 2 \times 0.188 \\
 &= 8.901 \text{ m}
 \end{aligned}$$

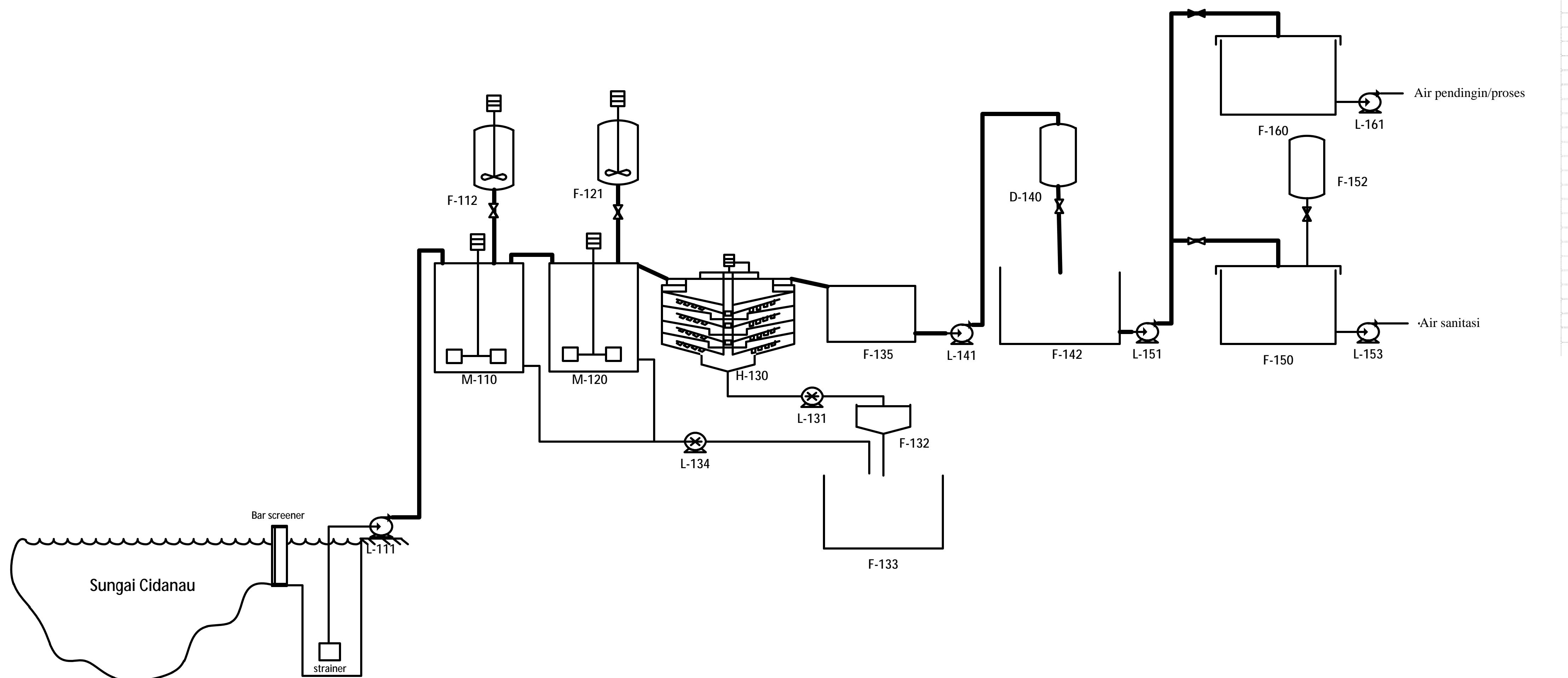
Spesifikasi	Keterangan
Jenis Tutup Atas : dan Bawah	Tutup atas Flange Only
Jenis Material Dalar :	Carbon Steel SA-285A
Tipe Las :	Double welded butt joined
Total Material :	136364
Kapasitas Tangki :	35404.506 ft ³
Jumlah :	1
Diameter Tangki :	8.525692 m
Tinggi tangki :	17.051384 m

Pabrik Natrium Tripolifosfat dari Natrium Hidroksida dan Asam Fosfat dengan Proses Dua Tahap Pengeringan



Keterangan			
◆	Nomor Aliran	Air	Udara
○	Tekanan (atm)	VENT	Venting
■	Temperatur (°C)	CW	Cooling Water
(Natural Gas)	Gas Alam	CTWR	Cooling Tower Water Return
33	F-240	Silo	1
32	J-242	Bucket Elevator I	1
31	J-241	Screw Conveyor IV	1
30	H-232	Vibrating Screen	1
29	j-231	Screw Conveyor III	1
28	C-230	Ball Mill	1
27	D-225	Scrubber	1
26	H-224	Cyclone III	1
25	G-223	Blower III	1
24	H-222	Filter Udara III	1
23	J-221	Screw Conveyor II	1
22	E-220	Rotary Cooler	1
21	D-216	Scrubber	1
20	H-215	Cyclone II	1
19	Q-214	Furnace II	1
18	G-213	Blower II	1
17	H-212	Filter Udara II	1
16	J-211	Screw Conveyor I	1
15	B-210	Calciner	1
14	D-157	Scrubber	1
13	H-156	Cyclone I	1
12	Q-155	Furnace I	1
11	G-154	Blower I	1
10	H-153	Filter Udara I	1
9	L-152	Centrifugal Pump IV	1
8	L-151	Centrifugal Pump III	1
7	D-150	Spray Dryer	1
6	R-140	Reaktor II	1
5	L-132	Centrifugal Pump II	1
4	L-131	Centrifugal Pump I	1
3	R-130	Reaktor I	1
2	F-120	Tangki Penyimpan Natrium Hidroksida	1
1	F-110	Tangki Penyimpan Asam Fosfat	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah
		DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI	
		FAKULTAS VOKASI	
		INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
		PABRIK NATRIUM TRIPOLIFOSFAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES DUA TAHAP PENGERINGAN	
		Dikerjakan oleh	
	Nama/NRP	Vyrgie Andini Putradhi/1041150000045	
		Rizka Nisa Hanifah/1041150000054	
	Dosen Pembimbing	Prof.Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno M.Pd	

Komponen	Neraca Massa (kg/hari)																											
	Nomor Aliran																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
NaOH	39482,41		2105,73	1052,86	22110,55			1047,6	1047,6	5,26	0,026	1052,84																
H ₂ O	39482,41	17070,33	48598,97	24299,46	22110,55	81606,26		6404,14	6404,14	32,18	0,16	6436,16			558,04	10681,74	628,33	53,41	11186,37		11130,44	55,93	55,65	0,28	11130,44	1292,37	12422,8	
H ₃ PO ₄	96731,89	5159,03	2579,52			5159,03																						
NaH ₂ PO ₄			72647,63	36323,81				36142,19	36142,19	181,62	0,91	36322,9			1445,65	7,26	7,23	0,04	1452,88		1445,62	7,26	7,23	0,04	1445,62	167,85	1613,47	
Na ₂ H ₂ PO ₄						85966,36		85536,53	85536,53	429,83	2,15	85964,21																
Udara panas							37523,94	37523,94			2381,88			2381,88														
Uap air								107208								6928,16												
STPP															106399,96	534,67	532	2,67	106931,96		106397,3	534,66	531,99	2,67	106397,3	12353,91	118751,21	
TSPP															3204,53	16,1	16,02	0,08	3220,55		3204,45	16,1	16,02	0,08	3204,45	372,07	3576,52	
Udara																												
Total	78964,81	113802,22	128514,36	64259,65	44221,1	172731,65	37523,94	273862,4	129139,46	658,89	37538,186	129788,11	2381,88	111608,18	20549,81	1183,58	56,2	122791,76	9779,5	122177,81	613,95	610,89	3,07	122177,81	14186,2	136364		



No.	Kode Peralatan	Nama Alat
21	L-161	Pompa air pendingin
20	F-160	Tangki penampung air pendingin
19	L-153	Pompa air sanitasi
18	F-152	Tangki penampung desinfektan
17	L-151	Pompa 4
16	F-150	Tangki penampung air sanitasi
15	F-142	Bak penampung air bersih
14	L-141	Pompa 3
13	D-140	Sand filter
12	F-135	Tangki penampung
11	L-134	Pompa 2
9	F-133	Drying bed
8	F-132	Bak penampungan lumpur
7	L-131	Pompa 1
6	H-130	Clarifier
5	L-121	Tangki penampung Ca(OH)2
4	M-120	Tangki Flokulasi
3	F-112	Tangki penampung tawas
2	L-111	Pompa sungai
1	M-110	Tangki Koagulasi

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Penulis bernama Vyrgie Andini Putradhi dilahirkan di Tangerang, 10 September 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan yaitu, SDN Karawaci Baru 2 Tangerang, SMPN 9 Tangerang, dan SMAN 8 Tangerang. Penulis mengikuti ujian masuk D III FTI-ITS dan diterima di jurusan

D III Teknik Kimia pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 2315030045. Semasa kuliah, penulis yang akrab disapa Vyrgie ini juga aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus sebagai Staff Komunikasi dan Informasi, HIMA D3KKIM 16/17

Email : vyrgiep@gmail.com

PENULIS II



Penulis bernama Rizka Nisa Hanifah dilahirkan di Jombang, 20 Juni 1996, merupakan anak pertama dari 1 bersaudara i Penulis telah menempuh pendidikan yaitu, SDN Keras 1 ,SMPN 1 Diwek dan SMAN 1 Jombang. Penulis mengikuti ujian masuk D III FTI-ITS dan diterima di jurusan D III Teknik Kimia pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 2315030054. Semasa kuliah, penulis yang akrab disapa Rizka ini juga aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus sebagai Staff Keprofesihan dan Keilmiahana HIMA D3KKIM 16/17, Kepala Depatemen Keprofesihan dan Keilmiahana HIMA D3KKIM 17/18.

Email : rizkahanifah00@gmail.com