

PERPUS
ITN MALANG

SKRIPSI

PRA RENCANA PABRIK NATRIUM HEKSAMETAFOSEFAT DARI ASAM FOSFAT DAN SODA ABU KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

BIRON FREDRIK RUMANGUN

04.14.049



PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
CALL No:	No. Reg 020414049
SFR 660 Rum P2011	10-5-2011
	Jumlah 1
	Copies ; 10-1

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

1991

PERUSAHAAN PABRIK NITRIL
DAN ASAM FOSFAT DAN SODA ASAM
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

1991

PERUSAHAAN PABRIK NITRIL
DAN ASAM FOSFAT DAN SODA ASAM

PERPUSTAKAAN	
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL	
MALANG	
CALL NO.	
Author	
Title	
Year	

PERUSAHAAN PABRIK NITRIL
DAN ASAM FOSFAT DAN SODA ASAM
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

LEMBAR PERSETUJUAN
PRA RENCANA PABRIK NATRIUM HEKSAMETAFOSEFAT
DARI ASAM FOSFAT DAN SODA ABU
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Kimia Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

Nama : **Biron Fredrik Rumangun**

NIM : **04.14.049**

Jurusan / Program Studi : **Teknik Kimia / S-1**

Fakultas : **Teknologi Industri**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y/103 970 0306

Diperiksa / Disetujui,

Dosen Pembimbing

Ir. Bambang Susila Hadi
NIP.Y.103 900 0210

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : **BIRON FREDRIK RUMANGUN**
NIM : **04.14.049**
Jurusan / Program Studi : **TEKNIK KIMIA / S-1**
Judul Skripsi : **PRA RENCANA PABRIK**
NATRIUM HEKSAMETAFOSEFAT
DARI ASAM FOSFAT DAN SODA ABU

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji ujian skripsi jenjang Strata Satu (S-1)
pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 8 Februari 2011
Nilai : B



Ketua

Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y.103 9700 306

Penguji I

Ir. Muyassaroh, MT
NIP.Y.103 9700 306

Sekretaris

M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP.P.103 0400 400

Penguji II

Rini Kartika Dewi, ST, MT
NIP.P.103 0100 370

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Biron Fredrik Rumangun

NIM : 04.14.049

Jurusan / Program Studi : Teknik Kimia / S-1

Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat
dari Asam Fosfat dan Soda Abu ”**

adalah Tugas Akhir hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi orang lain serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, April 2011

Yang membuat pernyataan



BIRON FREDRIK RUMANGUN

ABSTRAKSI

Natrium Heksametfosfat ((NaPO₃)₆) yang dikenal juga dengan nama Garam Calgon adalah salah satu bahan kimia yang diperlukan dalam banyak industri kimia. Pada pengolahan air, digunakan sebagai bahan pencegah timbulnya kerak dan korosi, di pabrik kimia, digunakan sebagai bahan pengikat ion-ion logam dalam peroksida dan sistem radikal bebas dan sebagai detergen dan formula pembersih. Natrium Heksametfosfat yang dihasilkan berupa bubuk berwarna putih.

Pabrik Natrium Heksametfosfat direncanakan di daerah Tangerang-Banten, pada tahun 2013, dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dan waktu operasi 300 hari/tahun. Adapun unit utilitas yang dipakai meliputi : air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan yang akan didirikan adalah Perseroan Terbatas (PT). Dari hasil perhitungan analisa ekonomi, diperoleh TCI sebesar Rp.1.584.100.632.692,-, laba bersih sebesar Rp.446.373.218.720,-, ROI_{AT} sebesar 28,16%, ROI_{BT} sebesar 43,32%, POT sebesar 3,37 tahun, BEP sebesar 33% dan IRR sebesar 15,59%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Natrium Heksametfosfat ((NaPO₃)₆) layak untuk didirikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada TUHAN YESUS KRISTUS yang telah melindungi, membimbing dan memberikan semangat, sehingga saya telah berhasil menyelesaikan semua tugas yang dibebankan kepada saya selaku mahasiswa di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang, dengan diterimanya skripsi dengan judul “**Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat dari Asam Fosfat dan Soda Abu Kapasitas 30.000 ton/tahun** ” oleh tim penguji sebagai syarat dalam menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang (pada masa studi penyusun).
2. Bapak Ir. Soeparnoe Djiwo, MT, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang (sekarang).
3. Bapak Ir. H. Sidik Noertjahono, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Ir. Muyassaroh, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Ir. Bambang Susila Hadi, selaku Dosen Pembimbing skripsi.
6. Bapak dan ibu dosen yang telah memberi masukan hingga terselesainya skripsi ini.
7. Kedua orang tua tercinta kami yang senantiasa mendukung dan mendoakan kami hingga terselesainya skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Saya sadar bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, untuk itu saya berharap para pembaca dapat mengoreksi dan memberikan masukan demi melengkapi dan menyempurnakan skripsi ini dikemudian hari.

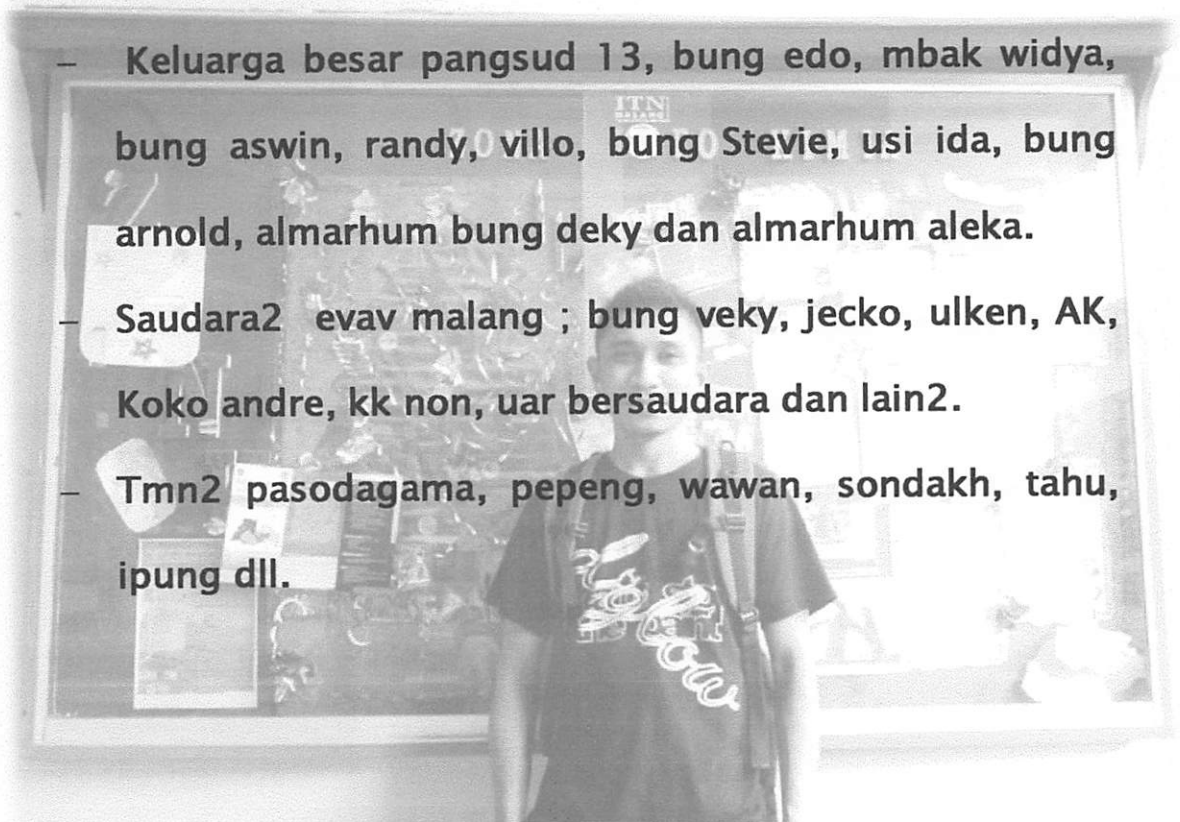
Dan akhirnya saya berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat dalam menambah informasi dan pengetahuan tentang proses dan alat proses industri kimia bagi seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Kimia ITN Malang pada khususnya dan bagi seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, April 2011

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

1. Tuhan Yesus Kristus.
2. Papa, mama, ade john, samy dan marco yang tercinta.
3. Keluarga besar Rumangun dan Petrusz.
4. Para dosen dan pegawai di jurusan teknik kimia ITN malang.
5. Teman dan kerabat :
 - Nico Davidz dan keluarga Davidz.
 - Gocir, Rei, Risal mimin, angga n semua tmn2 chemeng 04 yang selalu memberi semangat dan motivasi.
 - Teman2 chemeng ITN malang
 - Keluarga besar pangsud 13, bung edo, mbak widya, bung aswin, randy, villo, bung Stevie, usi ida, bung arnold, almarhum bung deky dan almarhum aleka.
 - Saudara2 evav malang ; bung veki, jecko, ulken, AK, Koko andre, kk non, uar bersaudara dan lain2.
 - Tmn2 pasodagama, pepeng, wawan, sondakh, tahu, ipung dll.



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Natrium Heksametafosfat.....	3
1.3. Sifat-sifat Kimia dan Fisika.....	4
1.3.1. Bahan Baku Utama.....	4
1.3.2. Produk.....	5
1.4. Penentuan Kapasitas	5
BAB II. Seleksi dan Uraian Proses	8
2.1. Seleksi Proses	8
2.2. Uraian Proses.....	9
BAB III. Neraca Massa	13
BAB IV. Neraca Panas.....	24
BAB V. Spesifikasi Peralatan.....	35

BAB VI. Alat Utama	54
6.1. Tangki Pencampur	54
6.2. Rotary Kiln	114
BAB VII. Instrumentasi dan Keselamatan Kerja	142
7.1. Instrumentasi	142
7.2. Keselamatan Kerja.....	146
7.2.1. Bahaya Kebakaran dan Peledakan.....	146
7.2.2. Bahaya Mekanik	147
7.2.3. Bahaya Terhadap Kesehatan	149
BAB VIII. Utilitas	150
BAB IX. Lokasi dan Tata Letak Pabrik	158
9.1. Lokasi Pabrik.....	158
9.2. Tata Letak Pabrik.....	168
9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik.....	172
BAB X. Organisasi Perusahaan	175
10.1. Dasar Perusahaan.....	175
10.2. Bentuk Perusahaan	175
10.3. Struktur Organisasi	176
10.4. Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi	178
10.5. Jaminan Sosial	186
10.6. Jadwal dan Jam Kerja	188
10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan.....	190
10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja.....	192

10.9. Status Karyawan dan Sistem Pengupahan.....	195
BAB XI. Analisa Ekonomi.....	200
11.1. Faktor-faktor Penentu.....	200
11.2. Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	204
11.3. Penentuan <i>Total Production Cost</i> (TPC)	206
11.4. Analisa Profitabilitas	208
BAB XII. Kesimpulan	216
DAFTAR PUSTAKA	217
APPENDIKS A.....	A – 1
APPENDIKS B	B – 1
APPENDIKS C	C – 1
APPENDIKS D	D – 1
APPENDIKS E	E – 1

DAFTAR TABEL

BAB I. Pendahuluan

Tabel 1.4.1 Kapasitas Pabrik-pabrik Natrium Heksametefosfat di dunia 6

Tabel 1.4.2 Perkembangan Impor Natrium Heksametefosfat di Indonesia 6

BAB VI. Alat Utama

Tabel 6.3.1. Dimensi Flange pada masing-masing pipa..... 71

Tabel 6.3.2. Dimensi Diameter Flange 72

BAB VII. Instrumentasi dan Keselamatan Kerja

Tabel 7.1. Instrumentasi Pabrik Natrium Heksametefosfat 145

Tabel 7.2. Alat-alat pelindung keselamatan kerja

pada Pabrik Natrium Heksametefosfat..... 149

BAB IX. Lokasi dan Tata Letak Pabrik

Tabel 9.2.1. Perincian Luas Daerah Pabrik..... 169

BAB X. Organisasi Perusahaan

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik 189

Tabel 10.2. Jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja..... 193

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan..... 196

BAB XI. Analisa Ekonomi

Tabel 11.1. Cash flow untuk NPV 214

Tabel 11.2. Cash flow untuk IRR..... 215

DAFTAR GAMBAR

BAB IX. Lokasi dan Tata Letak Pabrik

Gambar 9.1.1. Lokasi Pabrik..... 67

Gambar 9.2.1. Plant Lay Out

Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametfosfat 70

Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik Natrium Heksametfosfat 73

BAB X. Organisasi Perusahaan

Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pabrik Natrium Heksametfosfat 199

BAB XI. Analisa Ekonomi

Gambar 11.1. *Break Even Point* (BEP)

Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametfosfat 212

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang cukup berkembang yang sangat giat melaksanakan program pembangunan nasional. Pada era globalisasi saat ini industrialisasi dipilih sebagai jalur utama bagi pertumbuhan ekonomi. Pemilihan ini berdasarkan alasan bahwa sektor industri mempunyai nilai tambah yang cukup besar dan dapat menyerap tenaga kerja yang tinggi.

Industri Natrium Heksametrafosfat telah banyak dikembangkan oleh banyak pabrik di dunia, khususnya di China. Di Indonesia sendiri belum ada pabrik yang memproduksi secara khusus Natrium Heksametrafosfat, meskipun sudah ada industri yang memproduksi bahan baku pembuatannya. Natrium Heksametrafosfat dikenal juga dengan nama Sodium Hexamethaphosphate (SHMP), Calgon, Sodium Polyphosphate atau garam Graham's. Natrium Heksametrafosfat adalah polyfosfat yang berbentuk bening seperti kaca.

Pengembangan senyawa Natrium Heksametrafosfat berawal pada tahun 1833 ketika Graham menerbitkan karyanya tentang senyawa fosfat, ia berpikir bahwa ada dua bentuk asam fosfat yang menghasilkan berbagai macam garam.

Bentuk umum yang sekarang kita tahu adalah Na_2HPO_4 , memberikan endapan kuning dengan perak nitrat dan meninggalkan larutan asam. Bentuk

kedua dihasilkan dari pemanasan garam fosfat (Na_2HPO_4) di atas suhu 350°C , memberikan endapan putih dengan perak nitrat dan larutan netral.

Senyawa fosfat menjadi lebih rumit karena senyawa pirofosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) dan senyawa fosfat netral (Na_2HPO_4) kedua-duanya menghasilkan perbandingan $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$. Namun, Graham menemukan bahwa ketika kristal dari fosfat netral dipanaskan, semua molekul air di kristal itu mudah hilang kecuali satu molekul air (ini adalah air hidrasi) dan unit air yang terakhir itu tidak hilang sampai suhu jauh lebih tinggi. Graham kemudian menyimpulkan bahwa air mungkin memainkan peran dasar dalam garam. Dengan cara ini juga, Graham menentukan bahwa ada tiga garam natrium fosfat (Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4), natrium pirofosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) dan natrium metafosfat (NaPO_3).

Garam fosfat (NaH_2PO_4) dapat dibuat dengan mereaksikan asam (H_3PO_4) dan basa (Na_2CO_3). Memanaskan NaH_2PO_4 pada suhu 620°C dan mendinginkannya secara cepat menghasilkan Natrium Heksametfosfat.

Karena tidak adanya industri di Indonesia yang memproduksi SHMP, maka kebutuhan SHMP diperoleh melalui jalur impor. Jumlah SHMP yang diimpor selama lima tahun terakhir ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Perkembangan Impor Natrium Heksametfosfat di Indonesia

Tahun	Impor
2004	81.320.559,3
2005	83.664.535,9
2006	83.808.866,1

2007	89.935.580,8
2008	98.664.342,0

1.2.Kegunaan Natrium Heksametafosfat

Natrium Heksametafosfat memiliki banyak kegunaan dalam bidang industri. Kegunaannya adalah sebagai berikut :

- Dalam pengolahan air, digunakan sebagai bahan pencegah timbulnya kerak dan korosi.
- Dalam pabrik kimia, digunakan sebagai bahan pengikat ion-ion logam dalam peroksida dan sistem radikal bebas.
- Dalam industri tekstil, digunakan sebagai bahan pengikat, dimana ion-ion logam dapat tercampur pada pencelupan, penyaringan dan pencetakan, dan untuk pelunak air.
- Dalam industri makanan dan proses, digunakan pada keju, daging-daging dan makanan laut, sayur-sayuran, mie, UHT krim, bahan pemutih dan agar-agar.
- Detergen dan formula pembersih, dimana digunakan dalam kontak langsung dengan makanan.

1.3. Sifat-sifat fisika dan kimia

Adapun sifat-sifat bahan baku dan produk adalah sebagai berikut :

1.3.1. Bahan Baku Utama :

a. Asam Fosfat

Sifat-sifat Fisika	Sifat-sifat Kimia
<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk : padatan putih atau berwarna, cairan kental (>42°C) • Kepadatan : 1,885 g/mL (cair) 1,685 g/mL (85% larutan) 2,030 g/mL (Kristal pada 25°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumus Molekul : H_3PO_4 • Berat Molekul : 97,99

b. Soda Abu

Sifat-sifat Fisika	Sifat-sifat Kimia
<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk : padatan putih (bubuk) • Kelarutan dalam air : 45,5 g / 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumus Molekul : Na_2CO_3 • Berat Molekul : 105,99

1.3.2. Produk : Natrium Heksametafosfat

Sifat-sifat Fisika	Sifat-sifat Kimia
<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk : Bubuk Putih • Densitas : 2,484 g/cm³ • pH : 5,5 – 7,7 • Kelarutan dalam air : larut • Titik leleh : 550°C • Titik didih : 1500°C • Kepekaan terhadap api : tidak mudah terbakar • Bahaya utama : iritasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumus molekul : (NaPO₃)₆ • Berat molekul : 611,77

1.4. Penentuan Kapasitas

Kapasitas produksi suatu pabrik perlu direncanakan terlebih dahulu dalam mendirikan pabrik, hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi permintaan baik didalam negeri maupun diluar negeri serta mengurangi laju impor Natrium Heksametafosfat dalam negeri. Pabrik Natrium Heksametafosfat direncanakan didirikan pada tahun 2012 dengan peluang kapasitas yang ditujukan untuk menutupi nilai impor dari luar negeri. Untuk menghitung kapasitas menggunakan rumus :

$$X = X_0 (1+i)^n$$

Dimana :

X = peluang kapasitas pada tahun yang diinginkan

Xo = data terakhir

i = tingkat kebutuhan

n = selisih tahun 2008 dan 2013 (5 tahun)

Tabel 1.4.1 Kapasitas Pabrik-pabrik Natrium Heksametefosfat di dunia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (ton/thn)
1	Tianjin Shunfan Shunda Chemicals Co., Ltd. (China)	24.000
2	Hongxinweiye (Tianjin) Chemicals Co., Ltd. (China)	30.000
3	Shijiazhuang Tianlei Import and Export Chemical Co., Ltd. (China)	52.000
4	Hebei Jingshi Chemicals Co., Ltd. (China)	12.000
5	Longcheng chemicals Co.,ltd. (India)	36.500
6	Tianlei Chemicals Import and Export Co.,Ltd. (Korea Selatan)	60.000
7	Segfield Sdn Bhd. (Malaysia)	96.000

Tabel 1.4.2 Perkembangan Impor Natrium Heksametefosfat di Indonesia

Tahun	Impor	Tingkat Pertumbuhan
2004	81.320.559,3	2,8 %
2005	83.664.535,9	
2006	83.808.866,1	0,17 %
2007	89.935.580,8	6,8 %
2008	98.664.342,0	8,8 %
Rata-rata		4,64 %

Dari data pada tabel 1.4.2 didapatkan rata-rata persen kenaikan kebutuhan Natrium Heksametfosfat sebesar 4,64 %. Oleh karena itu, perkiraan kapasitas produksi Natrium Heksametfosfat pada tahun 2013 adalah :

$$X = X_0 (1+i)^n$$

$$X = 98.664.342 (1+0,0464)^5$$

$$X = 123.779.544,1 \text{ ton/tahun}$$

Karena besarnya hasil perhitungan perkiraan kapasitas pabrik di tahun 2013, maka ditentukan kapasitas pabrik dengan acuan dari kapasitas pabrik-pabrik yang sudah ada. Maka kapasitas yang digunakan adalah **30.000 ton/tahun**.

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Seleksi Proses

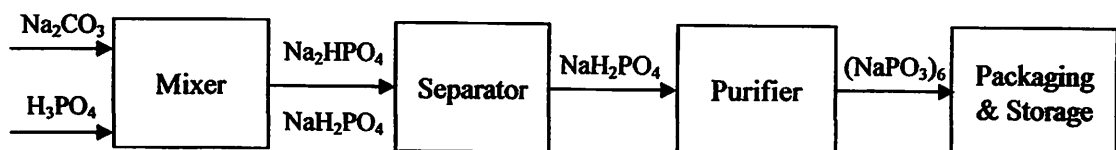
Proses utama pembuatan Natrium Heksametafosfat adalah pemanasan mononatrium dihidrogen fosfat dengan suhu tinggi kemudian diikuti dengan proses pendinginan secara cepat.

(Kirk-Othmer, 3rd edition, vol.17, hal 460)

Secara garis besar tahapan proses pembuatan Natrium Heksametafosfat adalah sebagai berikut :

1. Membuat larutan dinatrium hidrogen fosfat (Na_2HPO_4) dan mononatrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4) dengan mereaksikan larutan asam fosfat (H_3PO_4) dan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3).
2. Memisahkan dinatrium hidrogen fosfat (Na_2HPO_4) dan mononatrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4)
3. Memanaskan mononatrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4) pada suhu 620°C untuk mendapatkan natrium heksametafosfat (NaPO_3)₆ yang masih berbentuk pasta.
4. Mendinginkan natrium heksametafosfat (NaPO_3)₆ sehingga terbentuk padatan.

Secara umum dapat dilihat pada blok diagram berikut :



2.2. Uraian Proses

Pembuatan Natrium Heksametafosfat melalui beberapa tahapan proses antara lain :

- a. Persiapan bahan baku
- b. Reaksi
- c. Pemisahan
- d. Pemurnian
- e. Penanganan produk

Adapun penjelasan dari tahapan proses di atas adalah sebagai berikut :

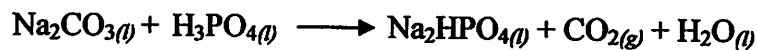
a. Persiapan Bahan Baku

Natrium karbonat di gudang penyimpanan (F-111) diangkut dengan bucket elevator (J-112) menuju bin (F-113) untuk ditampung sementara kemudian dialirkan ke tangki pelarutan (M-115) setelah itu dilakukan penambahan air dengan jumlah tertentu yang sudah dipanaskan terlebih dahulu di preheater (E-114) hingga suhunya mencapai 104°C , sehingga terbentuk larutan natrium karbonat. Larutan natrium karbonat dari tangki pelarutan kemudian dipompa menuju cooler (E-117) untuk diturunkan suhunya dari 104°C menjadi 70°C sebelum dicampur di dalam tangki pencampuran (M-110) dengan larutan asam fosfat dari tangki penyimpanan (F-118). Larutan asam fosfat sebelumnya juga sudah dipanaskan di preheater (E-119) dari suhu 30°C menjadi 70°C .

b. Reaksi

Reaksi netralisasi terjadi pada tahapan pencampuran yang berlangsung pada tangki pencampur yang dilengkapi dengan pengaduk pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm.

Reaksi yang terjadi :



Perbandingan antara Na_2CO_3 dengan H_3PO_4 adalah 1 : 1,1 (*Kirk-Othmer, 3rd edition, vol.17*)

c. Pemisahan

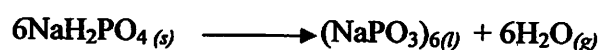
Agar mempermudah proses pengeringan, larutan mononatrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4) dan dinatrium hidrogen fosfat (Na_2HPO_4) kemudian dipompa ke evaporator (V-130) untuk dikurangi kadar airnya dari 55% menjadi 41%. Dalam evaporator terdapat tube-tube yang dilalui oleh uap panas yang berasal dari steam untuk memanaskan larutan natrium. Kandungan air di dalamnya menguap sehingga kedua larutan berubah menjadi lebih pekat.

Setelah kedua larutan dievaporasi kemudian dipompa menuju kristaliser (S-140) untuk mengkristalkan larutan dinatrium hidrogen fosfat dimana larutan mononatrium dihidrogen fosfat tidak ikut mengkristal karena larut sepenuhnya dalam air pada suhu 60°C. Selanjutnya dialirkan ke centrifuge (H-151) untuk memisahkan kristal dinatrium hidrogen fosfat dengan larutan mononatrium dihidrogen fosfat. Kristal dinatrium hidrogen fosfat kemudian dialirkan ke bin (F-142) untuk selanjutnya diangkut dengan menggunakan bucket elevator (J-143) menuju gudang penyimpanan (F-144).

Larutan mononatrium dihidrogen fosfat kemudian dipompa menuju spray dryer (B-150) untuk dikeringkan sebelum proses kalsinasi. Spray dryer menggunakan udara panas dengan suhu 400°C yang dihembuskan oleh blower (G-154) dan dipanaskan di dalam burner (Q-155). Tekanan udara panas yang digunakan untuk menyemprot mononatrium dihidrogen fosfat diatur agar diperoleh mononatrium dihidrogen fosfat yang berbentuk bubuk padat agar bisa dilebur pada proses kalsinasi. Bahan akan keluar pada suhu 130°C sedangkan gas pemanas bersama-sama dengan uap air akan keluar melalui cyclone (H-161) pada suhu 130°C.

Bahan yang keluar dari spray dryer langsung diangkut dengan menggunakan bucket elevator (J-163) untuk diumpankan ke rotary kiln (B-160).

Di dalam rotary kiln bahan mengalami proses pemanasan dengan suhu 620°C dimana media pemanas yang digunakan adalah udara yang dihembuskan oleh blower (G-164) dan di panaskan di dalam burner (Q-165). Pada tahap ini akan terjadi peleburan padatan mononatrium dihidrogen fosfat sehingga terbentuk natrium heksametafosfat yang berbentuk pasta (melt). Udara panas dan uap air akan keluar melalui cyclone (H-171) pada suhu 350°C, sedangkan produk akan keluar pada suhu 620°C. Reaksi yang terjadi di dalam rotary kiln :



d. Pemurnian

Dari rotary kiln bahan akan langsung dialirkan ke rotary cooler (B-170) untuk mengalami proses pendinginan secara cepat agar terbentuk natrium heksametafosfat padat (glass). Media pendingin yang digunakan adalah udara

dingin pada suhu 30°C yang dihembuskan oleh blower (G-172) dan udara keluar pada suhu 350°C melalui cyclone (H-181) sedangkan produk keluar pada suhu 60°C.

e. Penanganan Produk

Setelah didinginkan produk kemudian diangkut ke ball mill (C-180) untuk dihancurkan agar dapat diperoleh ukuran yang seragam. Setelah itu produk yang telah dihancurkan dimasukkan ke dalam screen (H-182) sedangkan yang tidak lolos dari screen diangkut kembali ke ball mill untuk dihancurkan lagi.

Produk natrium heksametafosfat yang telah seragam ukurannya kemudian ditampung di dalam bin (F-183) untuk selanjutnya dikemas di dalam kemasan multiwall paper bag dengan menggunakan mesin pengemas (P-184). Setelah dikemas produk diangkut dengan bucket elevator (J-185) menuju ke gudang penyimpanan (F-186).

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas Produksi = 30.000 ton/tahun

Produksi Natrium Heksametafosfat

$$= 30.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 4.166,6667 \text{ kg/jam}$$

Basis perhitungan = 4.881,01 kg/jam bahan baku H₃PO₄ 85%

Diketahui :

Senyawa	Rumus	BM
Air	H ₂ O	18,016
Asam Fosfat	H ₃ PO ₄	97,99
Natrium Karbonat	Na ₂ CO ₃	105,99
Natrium Ortofosfat	NaH ₂ PO ₄	120
Karbondioksida	CO ₂	44

Komposisi bahan baku :

1. Asam fosfat dengan komposisi (% berat) :

$$\begin{aligned} \text{H}_3\text{PO}_4 &= 85 \\ \text{H}_2\text{O} &= 14,98 \\ \text{Inert} &= 0,0191 \end{aligned}$$

Diperoleh dari PT. Worldwide Resins & Chemicals Tangerang, Banten

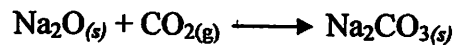
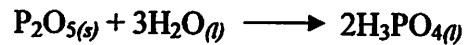
2. Natrium karbonat dengan komposisi (% berat) :

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{CO}_3 &= 99,2 \\ \text{H}_2\text{O} &= 0,756 \\ \text{Inert} &= 0,044 \end{aligned}$$

Diperoleh dari PT. Sree International Indonesia, Jakarta

Menentukan jumlah bahan baku :

Reaksi :



Perbandingan mol $\text{Na}_2\text{O} : \text{P}_2\text{O}_5 = 1,1 : 1$ (Kirk-Othmer, 3rd edition, vol.17)

Menghitung komposisi masing-masing :

$$\begin{aligned} \text{H}_3\text{PO}_4 &= 85/100 \times 4.881,01 && = 4.148,8585 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2\text{O} &= 15/100 \times 4.881,01 && = 732,1515 \text{ kg/jam} + \\ &&& \underline{\hspace{1.5cm}} \\ &&& = 4.881,0100 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Pada reaksi 1 :

$$1 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 = \frac{4.148,8585}{98} = 42,3353 \text{ kmol/jam}$$

$$1 \text{ mol P}_2\text{O}_5 = \frac{1}{2} \times 42,3353 = 21,1676 \text{ kmol/jam}$$

Pada reaksi 2 :

$$1 \text{ mol Na}_2\text{O} = 1,1 \times 21,1676 = 23,2844 \text{ kmol/jam}$$

$$1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 = 23,2844 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 23,2844 \times 106 = 2.468,1475 \text{ kg/jam}$$

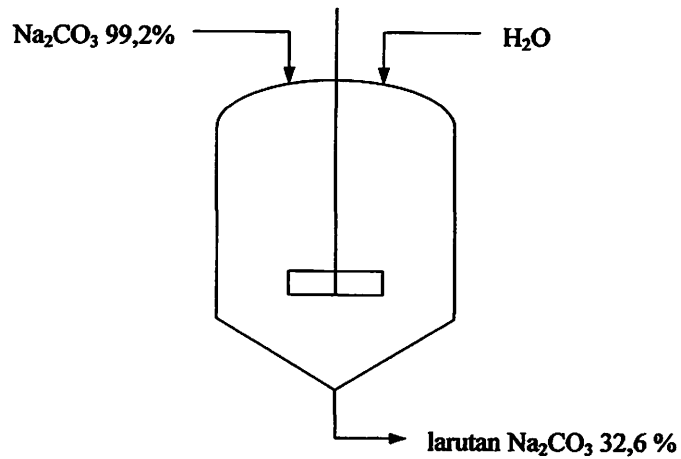
$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 99,2 \%} = 2.468,1475 \times \frac{99,2}{100} = 2.448,4023 \text{ kg/jam}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2.468,1475 - 2.448,4023 = 19,7452 \text{ kg/jam}$$

Bahan Baku			
H_3PO_4 (kg/jam)		Na_2CO_3 (kg/jam)	
H_3PO_4 85%	4.148,8585	Na_2CO_3 99,2 %	2.448,4023
H_2O	732,1515	H_2O	19,7452
	4.881,0100		2.468,1475

1. Tangki Pelarutan Na_2CO_3 99,2% (M-115)

Tangki pelarutan digunakan untuk melarutkan Na_2CO_3 99,2% di dalam air sehingga menjadi larutan Na_2CO_3 32,6 %.

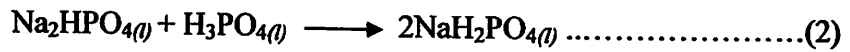
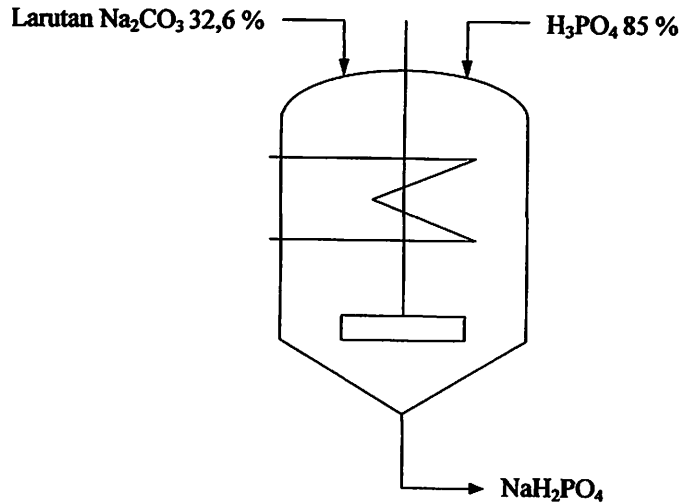


Kelarutan Na_2CO_3 dalam air pada $104^\circ\text{C} = 48,5 \text{ g} / 100\text{g air}$ (perry's 7th edition, table 2-1)

Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Na_2CO_3 99,2% :	Na_2CO_3 32,6 % :
➤ Na_2CO_3 2.448,4023	➤ Na_2CO_3 2.448,4023
➤ H_2O 19,7452	➤ H_2O 5.067,9973
H_2O yang ditambah 5.048,2521	
7.516,3996	7.516,3996

2. Tangki Pencampur (M-110)

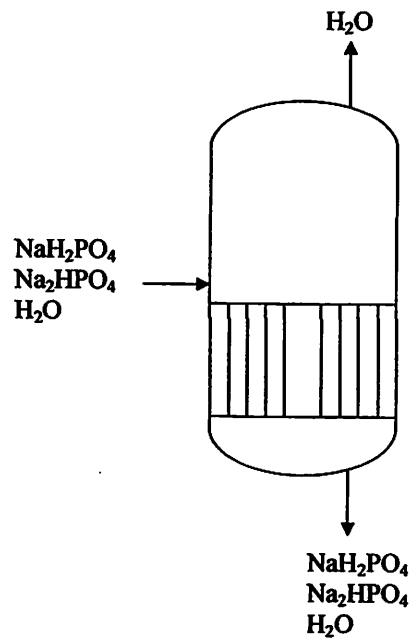
Tangki pencampur digunakan untuk menetralisasi larutan H₃PO₄ 85 % dengan larutan Na₂CO₃ 32,6 % sehingga menghasilkan NaH₂PO₄.



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
H ₃ PO ₄ 85% :		Masuk ke Evaporator :	
➤ H ₃ PO ₄	4.148,8585	➤ NaH ₂ PO ₄	4.616,9175
➤ H ₂ O	732,1515	➤ H ₂ O	6.215,9152
Na ₂ CO ₃ 32,6 % :		➤ Na ₂ HPO ₄	548,2590
➤ Na ₂ CO ₃	2.448,4023	Keluar ke udara :	
➤ H ₂ O	5.067,9973	➤ CO ₂	1.016,3179
	12.397,4096		12.397,4096

3. Evaporator (V-130)

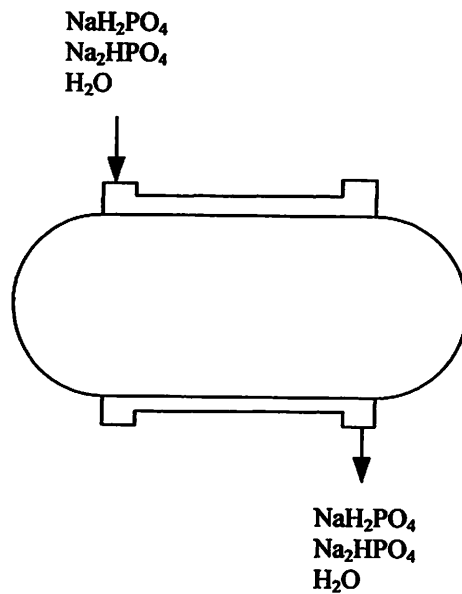
Evaporator digunakan untuk menurunkan kadar air dari 55% menjadi 41%.



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
➤ NaH_2PO_4	4.616,9175	Masuk ke kristalizer :	
➤ H_2O	6.215,9152	➤ NaH_2PO_4	4.616,9175
➤ Na_2HPO_4	548,2590	➤ H_2O	3.647,2351
		➤ Na_2HPO_4	548,2590
		➤ Yang menguap	2.568,6801
	11.381,0916		11.381,0916

4. Kristalizer (S-140)

Kristalizer digunakan untuk mengkristalkan Na_2HPO_4 dan melarutkan NaH_2PO_4 .



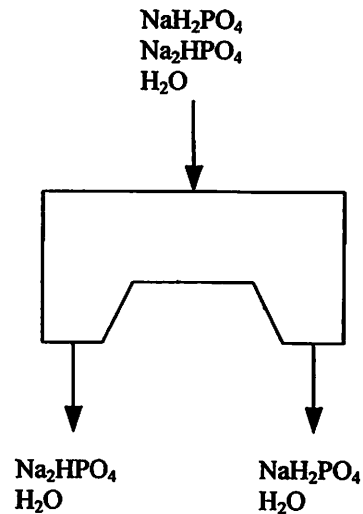
Na_2HPO_4 tidak larut pada suhu 60°C

Kelarutan NaH_2PO_4 pada 60°C = 179,3 gr/100 gr air (perry's 7th editon, table 1-120)

Jika NaH_2PO_4 yang masuk adalah 4.616,9175 kg, maka diperlukan 2.574,9679 kg air untuk melarutkan NaH_2PO_4 seluruhnya.

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
➤ NaH_2PO_4	4.616,9175	Slurry :	
➤ H_2O	3.647,2351	➤ NaH_2PO_4	4.616,9175
➤ Na_2HPO_4	548,2590	➤ H_2O	2.574,9679
		Kristal :	
		➤ Na_2HPO_4	548,2590
		H_2O sisa	1.072,2672
	8.812,4115		8.812,4115

5. Centrifuge (H-151)



Bahan yang menuju spray dryer terdiri atas :

NaH_2PO_4 = 4.616,9175 kg/jam

H_2O = 2.574,9679 kg/jam

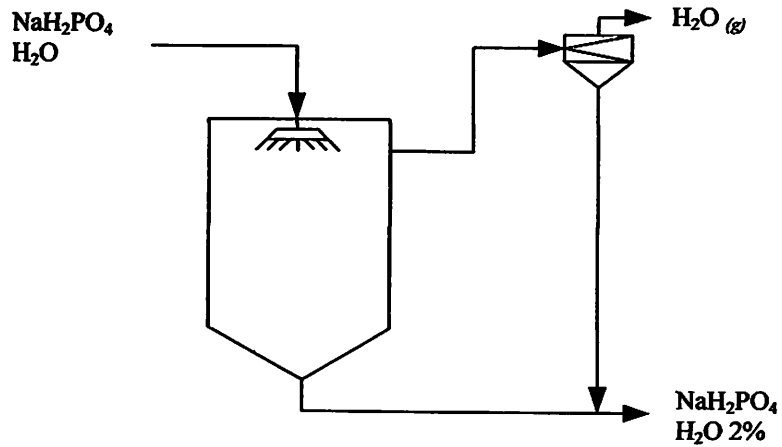
Bahan yang masuk ke bin :

Na_2HPO_4 = 548,2590 kg/jam

H_2O = 1.072,2672 kg/jam

Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
Slurry :	Masuk ke spray dryer :
➤ NaH_2PO_4 4.616,9175	➤ NaH_2PO_4 4.616,9175
➤ H_2O 2.574,9679	➤ H_2O 2.574,9679
Kristal :	Masuk ke bin :
➤ Na_2HPO_4 548,2590	➤ Na_2HPO_4 548,2590
H_2O sisa 1.072,2672	➤ H_2O 1.072,2672
8.812,4115	8.812,4115

6. Spray Dryer (B-150)

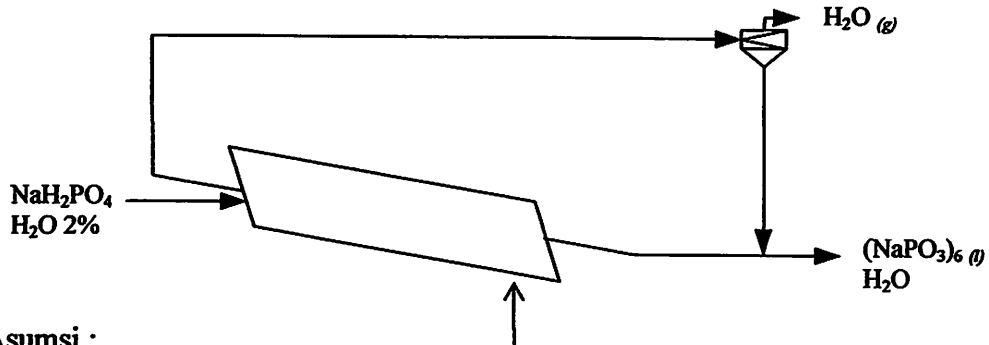


Asumsi :

- Solid yang ikut gas panas keluar spray dryer dan masuk cyclone adalah 1 %
- Produk masih mengandung 2 % H₂O

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
➤ NaH ₂ PO ₄	4.616,9175	Keluar spray dryer :	
➤ H ₂ O	2.574,9679	➤ NaH ₂ PO ₄	4.570,7483
		➤ H ₂ O	93,2806
		Produk bawah cyclone :	
		➤ NaH ₂ PO ₄	45,7075
		➤ H ₂ O	0,9328
		Hilang ke udara :	
		➤ NaH ₂ PO ₄	0,4617
		➤ H ₂ O	0,0094
		H ₂ O yang teruapkan	2.480,7545
	7.191,8854		7.191,8854

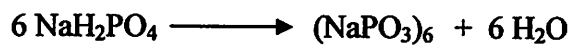
7. Rotary Kiln (B-160)



Asumsi :

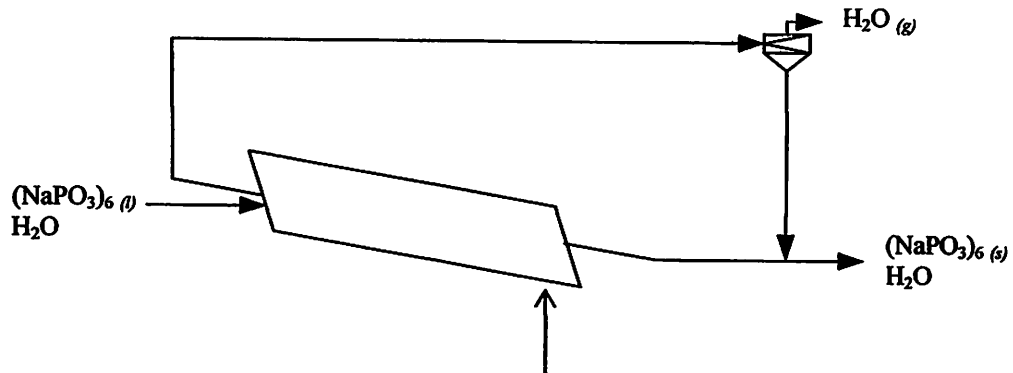
- Solid yang ikut gas panas keluar spray dryer dan masuk cyclone adalah 1 %
- Produk masih mengandung 2 % H₂O

Reaksi :



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
➤ NaH ₂ PO ₄	4.710,6692	Keluar rotary kiln :	
➤ H ₂ O	94,2134	➤ (NaPO ₃) ₆	3.964,0281
		➤ H ₂ O	80,8985
		Produk bawah cyclone :	
		➤ (NaPO ₃) ₆	39,6403
		➤ H ₂ O	0,8090
		Hilang ke udara :	
		➤ (NaPO ₃) ₆	0,4004
		➤ H ₂ O	0,0082
		H ₂ O yang teruapkan	624,8929
	4.804,8826		4.804,8826

8. Rotary Cooler (B-170)

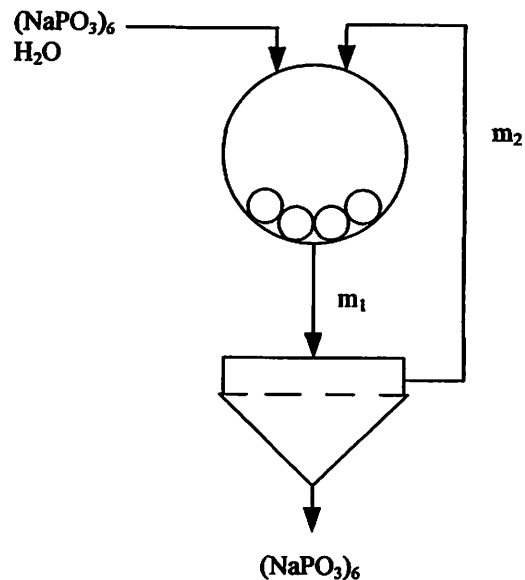


Asumsi :

- Solid yang ikut gas panas keluar spray dryer dan masuk cyclone adalah 1 %
- Produk masih mengandung 2 % H₂O

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
➤ (NaPO ₃) ₆	4.085,3759	Ke ball mill :	
➤ H ₂ O	81,7075	➤ (NaPO ₃) ₆	4.044,5221
		➤ H ₂ O	80,8904
		Produk bawah cyclone :	
		➤ (NaPO ₃) ₆	40,4452
		➤ H ₂ O	0,8089
		Hilang ke udara :	
		➤ (NaPO ₃) ₆	0,4085
		➤ H ₂ O	0,0082
	4.167,0834		4.167,0834

9. Ball Mill (C-180)



Produk yang lolos saringan (screen) 200 mesh = 85 %

Feed = 4.166,6667 kg/jam

Neraca Massa Total : Feed masuk = Produk keluar

Neraca Massa pada screen : Produk = $m_1 + m_2$

m_1 langsung dari ball mill = 4.166,6667 kg/jam

m_1 (lolos screen) = 85 % m_1

m_1 (lolos screen) = $4.166,6667 \times 0,85$

m_1 (lolos screen) = 3.541,6667 kg/jam

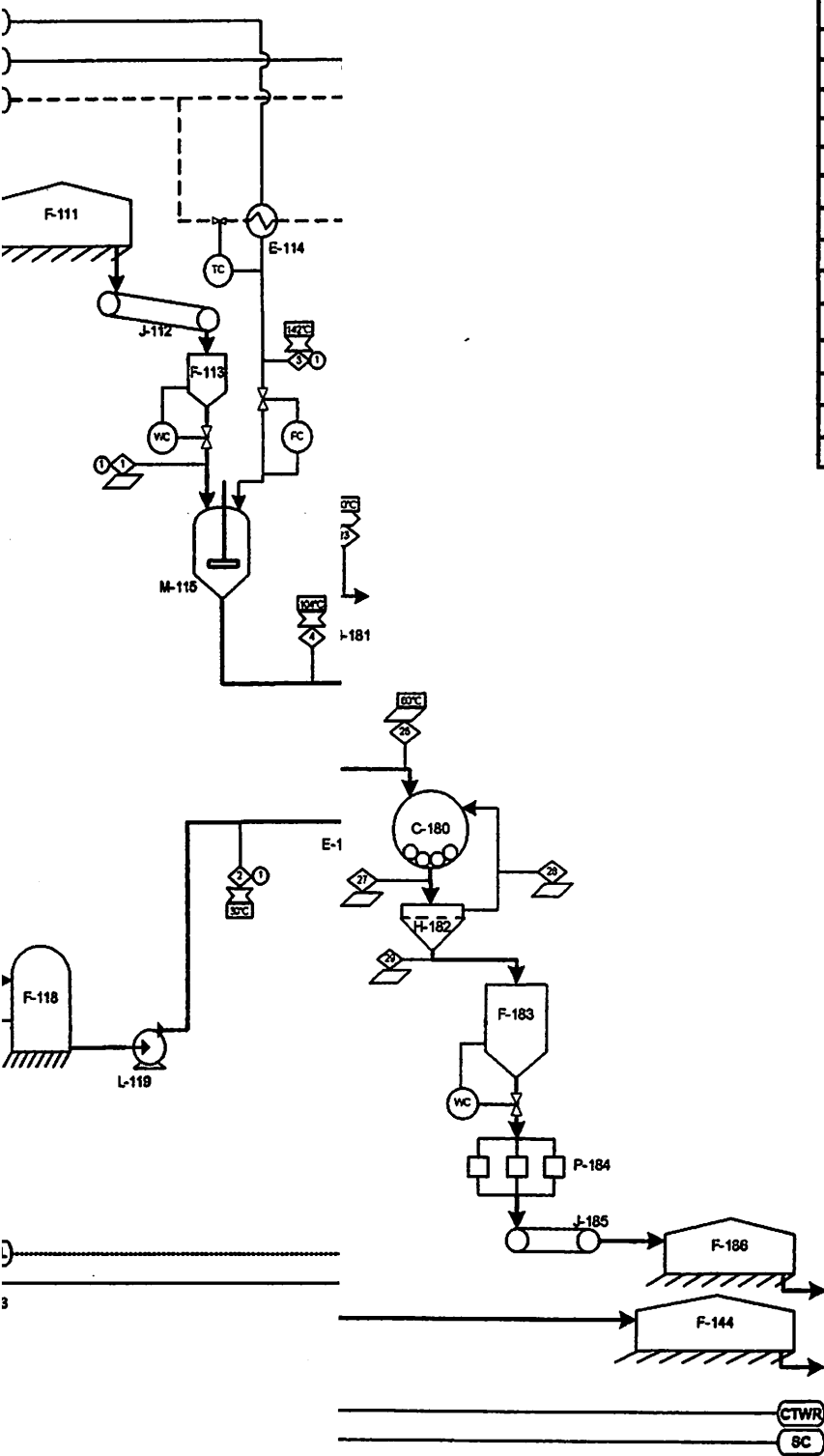
$$m_2 = 0,15 \times 4.166,6667$$

$$= 625,0000 \text{ kg/jam}$$

Produk keluar = $m_1 + m_2$

$$= 3.541,6667 + 625,0000$$

$$= 4.166,6667 \text{ kg/jam}$$



15	SC	STEAM CONDENSAT
14	CTWR	COOLING TOWER WATER
13	FC	FLOW CONTROL
12	TC	TEMPERATURE CONTROL
11	WC	WEIGHT CONTROL
11	LC	LEVEL CONTROL
10	◇	FLOW NUMBER
9	○	PRESSURE
8	□	TEMPERATURE
7	▧	LIQUID FLOW
6	◇	GAS FLOW
5	▨	SOLID FLOW
4	F	FUEL OIL
3	CW	COOLING WATER
2	○	STEAM
1	WP	WATER PROCESS

40	F-186	STORAGE (Na ₆ PO ₃) ₆	1
39	J-185	BELT CONVEYOR	1
38	P-184	PACKAGE FILLING	1
37	F-183	BIN (Na ₆ PO ₃) ₆	1
36	H-182	SCREEN	1
35	H-181	CYCLONE ROTARY COOLER	1
34	C-180	BALL MILL	1
33	G-172	BLOWER UDARA ROTARY COOLER	1
32	H-171	CYCLONE ROTARY KILN	1
31	B-170	ROTARY COOLER	1
30	Q-165	BURNER ROTARY KILN	1
29	G-164	BLOWER UDARA ROTARY KILN	1
28	J-163	BUCKET ELEVATOR	1
27	J-162	SCREW CONVEYOR	1
26	H-161	CYCLONE SPRAY DRYER	1
25	B-160	ROTARY KILN	1
24	Q-155	BURNER SPRAY DRYER	1
23	G-154	BLOWER UDARA SPRAY DRYER	1
22	H-153	FILTER UDARA	1
21	L-152	POMPA Na ₂ H ₂ PO ₄	1
20	H-151	CENTRIFUGE	2
19	B-150	SPRAY DRYER	1
18	F-144	STORAGE Na ₂ HPO ₄	1
17	J-143	BELT CONVEYOR	1
16	F-142	BIN Na ₂ HPO ₄	1
15	L-141	POMPA SLURRY ORTHOPHOSPHAT	1
14	B-140	KRISTALIZER	5
13	L-131	POMPA LARUTAN ORTHOPHOSPHAT	1
12	V-130	EVAPORATOR	1
11	E-121	PRE HEATER H ₂ PO ₄	1
10	L-119	POMPA H ₂ PO ₄	1
9	F-118	STORAGE H ₂ PO ₄	4
8	E-117	COOLER LARUTAN Na ₂ CO ₃	1
7	L-115	POMPA LARUTAN Na ₂ CO ₃	1
6	M-115	TANGKI PELARUTAN Na ₂ CO ₃	1
5	E-114	PRE HEATER AIR PROSES	1
4	F-113	BIN Na ₂ CO ₃	1
3	J-112	BELT CONVEYOR	1
2	F-111	STORAGE Na ₂ CO ₃	1
1	M-110	TANGKI PENCAMPUR	1
No	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

IPONEN	Berat Molekul	Flow Numbers						
		1	2	36	27	28	29	
H ₂ CO ₃	106	3408,4023	-	-	-	-	-	
H ₂ PO ₄	98	-	4140,2300	-	-	-	-	
H ₂ O	18	18,7432	722,1915	5048,283	88,4444	12,2560	81,2383	
CO ₂	44	-	-	-	-	-	-	
Na ₂ PO ₄	120	-	-	-	-	-	-	
H ₂ PO ₄	142	-	-	-	-	-	-	
HPO ₄	612	-	-	3474	3472,2223	812,7451	4884,9874	
IPONEN				3474	3472,2223	812,7451	4884,9874	
TOTAL		3489,1473	4821,81	5048,283	3541,667	825	4186,667	

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

**FLOW SHEET
PRA RENCANA PABRIK NATRIUM HEKSAMETAFOFAT
DARI ASAM FOSFAT DAN SODA ASH
KAPASITAS : 30.000 TON/TAHUN**

DIRANCANG OLEH :

DISETUJUI OLEH :
DOSEN PEMBIMBING

BIRON FREDRIK RUMANGUN 04.14.049
NICODEMUS DAVIDZ 04.14.051

[Signature]
Ir. BAMBANG SUSILA HADI
NIP. 1403 900 0210

BAB IV

NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 30.000 ton/tahun

Produksi Natrium Heksametafosfat

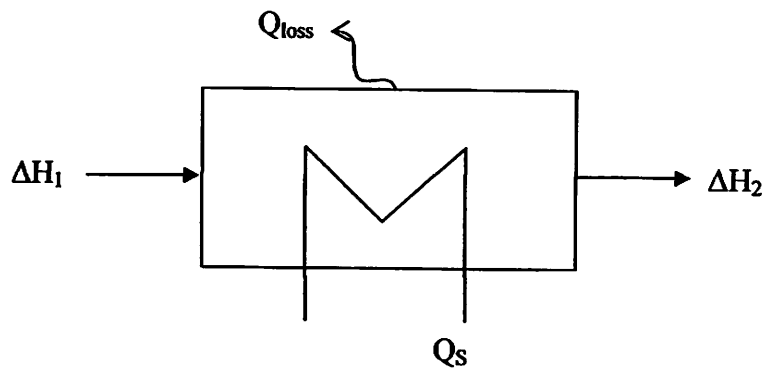
$$= 30.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$
$$= 4.166,6667 \text{ kg/jam}$$

Waktu Operasi = 300 hari / tahun

$$= 24 \text{ jam/hari}$$

Suhu Referensi = 25°C

1. Pre Heater (E-114)



Neraca panas total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas H₂O masuk

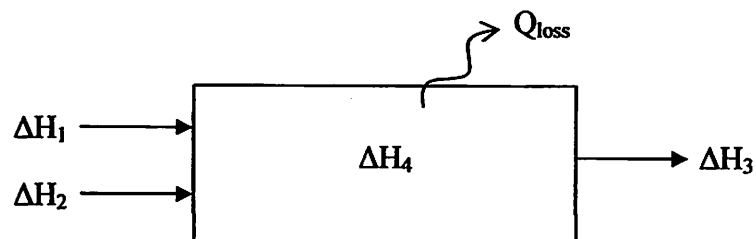
Q_s = Panas steam

ΔH_2 = Panas H₂O keluar

Q_{loss} = Panas yang hilang

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	25.241,2606	$\Delta H_2 =$	590.645,4973
$Q_s =$	577.458,2264	$Q_{\text{loss}} =$	12.053,9897
	602.699,4870		602.699,4870

2. Tangki Pelarutan Na₂CO₃ (M-115)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas Na₂CO₃

ΔH_2 = Panas H₂O

ΔH_3 = Panas produk

ΔH_4 = Panas kelarutan Na₂CO₃

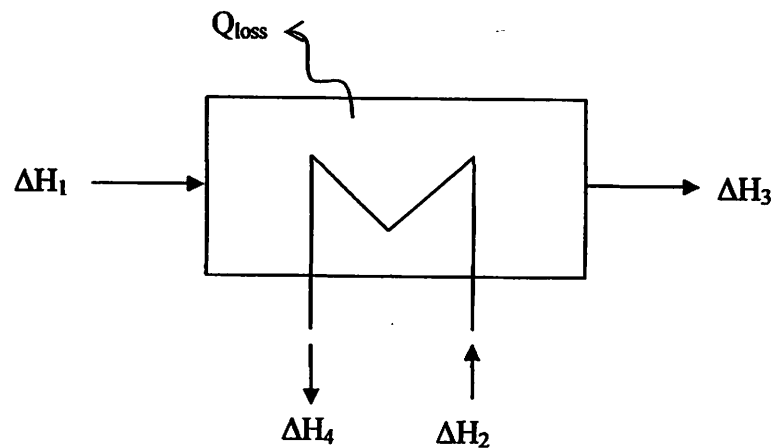
Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

- Panas larutan keluar = 104°C

Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
$\Delta H_1 =$ 3.178,8160	$\Delta H_3 =$ 454.381,1552
$\Delta H_2 =$ 591.764,7501	$\Delta H_4 =$ 128.663,5395
	$Q_{\text{loss}} =$ 11.898,8713
594.943,5660	594.943,5660

3. Cooler Na_2CO_3 (E-117)



Neraca panas total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas larutan Na_2CO_3 masuk

ΔH_2 = Panas yang dibawa air pendingin masuk

ΔH_3 = Panas larutan Na_2CO_3 keluar

ΔH_4 = Panas yang dibawa air pendingin keluar

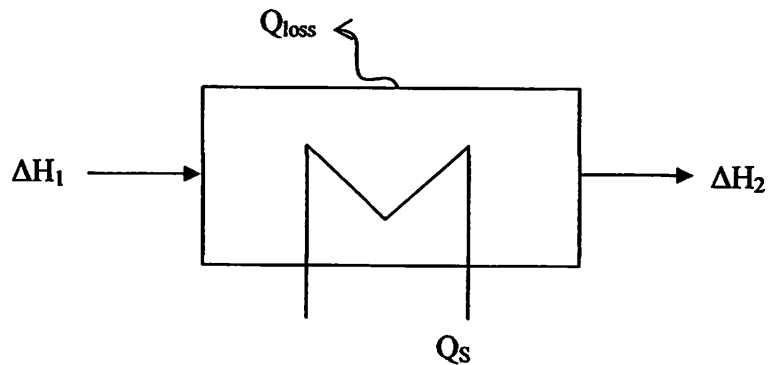
Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

- Suhu feed larutan Na_2CO_3 masuk = 104°C
- Suhu feed larutan Na_2CO_3 keluar = 70°C

Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
$\Delta H_1 = 454.381,1552$	$\Delta H_3 = 257.609,6452$
$\Delta H_2 = 23.401,9809$	$\Delta H_4 = 210.617,8281$
	$Q_{\text{loss}} = .555,6627$
477.783,1361	477.783,1361

4. Pre Heater H_3PO_4 (E-121)



Neraca panas total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas H_3PO_4 masuk

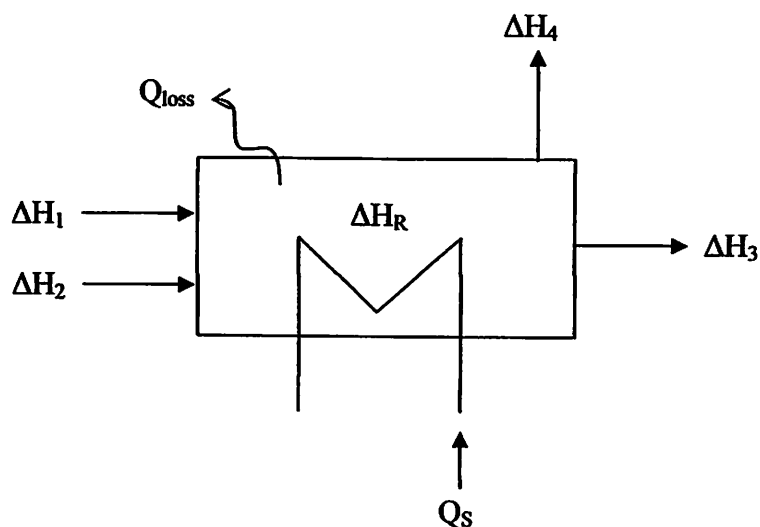
Q_s = Panas steam

ΔH_2 = Panas H_3PO_4 keluar

Q_{loss} = Panas yang hilang

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	12.923,0841	$\Delta H_2 =$	120.433,7967
$Q_s =$	109.968,5452	$Q_{\text{loss}} =$	2.457,8326
	122.891,6293		122.891,6293

5. Tangki Pencampuran (M-110)



Neraca panas total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas Na_2CO_3 masuk

ΔH_2 = Panas H_3PO_4 masuk

Q_s = Panas steam

ΔH_R = Panas reaksi

ΔH_3 = Panas larutan keluar

ΔH_4 = Panas CO_2

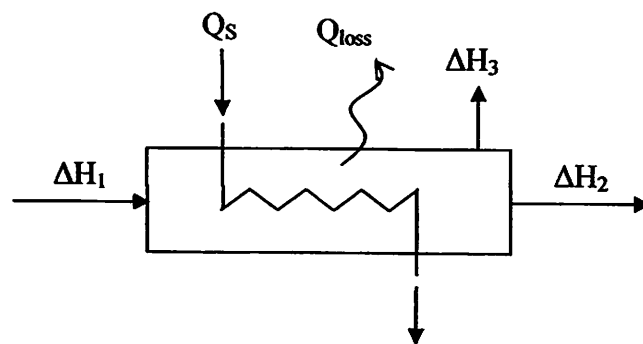
Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

- Suhu feed larutan $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 70^\circ\text{C}$
- Suhu feed larutan $\text{H}_3\text{PO}_4 = 70^\circ\text{C}$
- Suhu larutan keluar = 90°C

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	9.625,5815	$\Delta H_R =$	208.822,7774
$\Delta H_2 =$	70.856,7985	$\Delta H_3 =$	537.524,4691
$Q_s =$	695.037,4910	$\Delta H_4 =$	14.136,9823
		$Q_{\text{loss}} =$	15.510,3974
	566.697,0937		566.697,0937

6. Evaporator (V-130)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

Q_s = Panas steam

ΔH_2 = Panas bahan keluar

ΔH_3 = Panas uap air

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu evaporator : 110°C

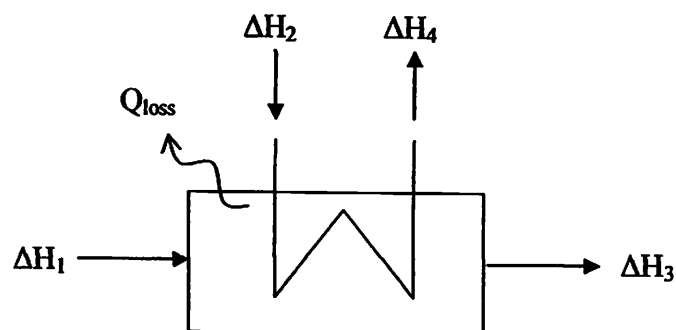
Digunakan steam dengan suhu : 150°C

Asumsi :

Panas yang hilang 2% dari panas yang masuk

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	269.989,2233	$\Delta H_2 =$	211.437,2292
$Q_s =$	1.353.184,4087	$\Delta H_3 =$	1.384.672,7147
		$Q_{\text{loss}} =$	27.063,6882
	1.623.173,6321		1.623.173,6321

7. Kristalizer (S-140)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

ΔH_2 = Panas air pendingin masuk

ΔH_3 = Panas bahan keluar

ΔH_4 = Panas air pendingin keluar

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu kristalizer = 60°C

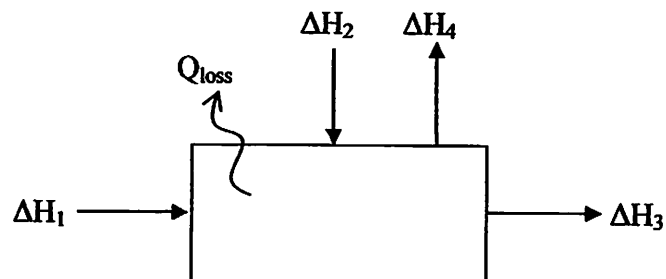
Suhu air pendingin masuk : 30°C

Suhu bahan keluar : 60°C

Suhu air pendingin keluar : 80°C

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	211.437,2292	$\Delta H_3 =$	199.276,8104
$\Delta H_2 =$	791,5843	$\Delta H_4 =$	8.707,4268
		$Q_{\text{loss}} =$	4.244,5763
	212.228,8134		212.228,8134

8. Spray Dryer (B-150)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

ΔH_2 = Panas gas masuk

ΔH_3 = Panas produk keluar

ΔH_4 = Panas gas ke cyclone

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu bahan masuk : 60°C

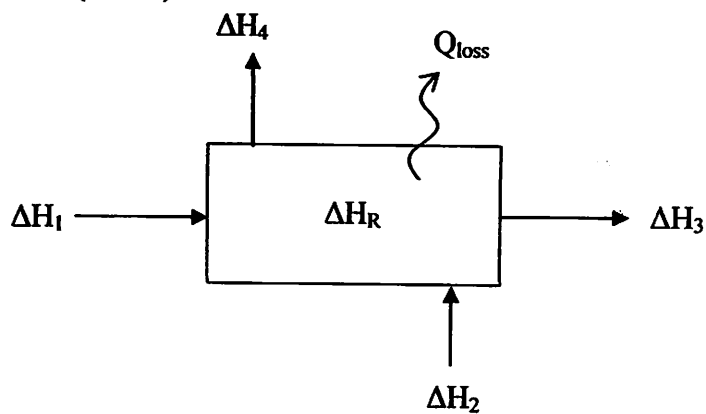
Suhu gas panas masuk : 400°C

Suhu gas panas keluar : 130°C

Suhu bahan keluar : 130°C

Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
$\Delta H_1 =$ 154.760,7218	$\Delta H_3 =$ 203.783,5482
$\Delta H_2 =$ 2.261.047,4532	$\Delta H_4 =$ 1.728.349,3671
	$Q_{\text{loss}} =$ 483.675,2597
2.415.808,1750	2.415.808,1750

9. Rotary Kiln (B-160)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

ΔH_2 = Panas gas masuk

ΔH_3 = Panas bahan keluar

ΔH_4 = Panas gas keluar

ΔH_R = Panas reaksi

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu bahan masuk : 130°C

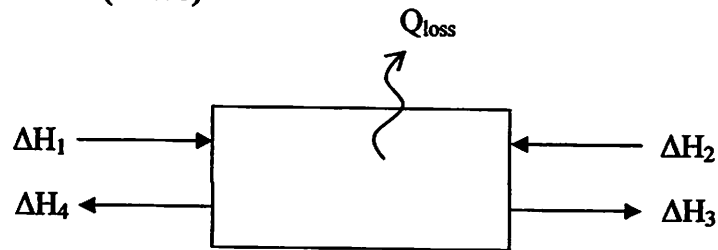
Suhu produk keluar : 620°C

Suhu gas masuk : 850°C

Suhu gas keluar : 350°C

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	203.783,5482	$\Delta H_3 =$	824.986,2047
$\Delta H_2 =$	15.257.426,9548	$\Delta H_4 =$	4.164.727,8290
		$\Delta H_R =$	7.187.372,8328
		$Q_{\text{loss}} =$	3.284.123,6365
	15.461.210,5030		15.461.210,5030

10. Rotary Cooler (B-170)



Neraca Panas Total :

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

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

ΔH_2 = Panas udara masuk

ΔH_3 = Panas bahan keluar

ΔH_4 = Panas udara keluar

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu bahan masuk : 620°C

Suhu produk keluar : 60°C

Suhu udara masuk : 30°C

Suhu udara keluar : 350°C

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1 =$	824.986,2047	$\Delta H_3 =$	53.751,6993
$\Delta H_2 =$	11.507,5127	$\Delta H_4 =$	766.021,1438
		$Q_{\text{loss}} =$	16.729,8743
	836.493,7174		836.493,7174

BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

1. Storage Na₂CO₃ (F-111)

Fungsi : Menampung bahan baku Na₂CO₃ selama proses

Type : Bangunan gedung

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : 35.296,2840 ft³ = 999,4877 m³

Dimensi :

- Tinggi = 4 m
- Lebar = 12 m
- Panjang = 24 m
- Jumlah = 1 buah

2. Belt Conveyor (J-112)

Fungsi : Mengangkut Na₂CO₃ padat ke tangki pelarutan

Type : Flat belt dengan 20 ° idler

Bahan : Reinforced rubber

Panjang : 54 ft

Lebar : 39,6 ft

Kecepatan belt : 100 rpm

Power motor : 1,5 HP

Jumlah : 1 buah

3. Bin Na_2CO_3 (F-113)

Fungsi : Menampung Na_2CO_3 sebelum dimasukkan ke dalam tangki pelarutan

Type : Silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi :

- di = 71,6250 in = 5,9688 ft
- thb = $\frac{3}{16}$ in
- ts = $\frac{3}{16}$ in
- Tinggi bin = 12.6489 ft = 151,7865 in.
- Jumlah : 1 buah

4. Pre Heater Air Proses (E-114)

Fungsi : Memanaskan air proses sebelum masuk ke tangki pelarutan

Type : Shell and tube 2 – 4

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 53 grade B

Dimensi :

Tube :

- OD = 1 in
- di = 0,0725 in
- Panjang = 16 ft
- Nt = 40 buah
- Luas permukaan tube (a') = 0,594 in²

- Pt = 1¼ in, susunan segiempat

Shell :

- IDs = 12 in
- Jarak baffle(B) = 9 in

Jumlah : 1 buah

5. Tangki Pelarutan Na₂CO₃ (M-115)

Fungsi : Melarutkan Na₂CO₃ 99,2% yang berbentuk padatan sehingga menjadi larutan Na₂CO₃ 32,6%.

Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dish dan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi :

- di = 71,6250 in = 5,9688 ft
- tha = 12,1046 in = 1,0087 ft
- thb = 62,0291 in = 5,1691 ft
- ts = 3/16 in
- Tinggi tangki = 159,7560 in = 13,3130 ft

Daya pengaduk = 2 HP

Jumlah : 1 buah

6. Pompa Larutan Na₂CO₃ (L-116)

Fungsi : Mengalirkan larutan Na₂CO₃ 32,6 % dari tangki pelarutan ke tangki pencampuran

Type : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : Commercial steel

Efisiensi pompa : 21 %

Efisiensi motor : 84 %

Daya motor: 6 HP

Dimensi Pompa :

- Ukuran Pipa = 2,0 in sch 40
- OD = 2,38 in = 0,1983 ft
- ID = 2,067 in = 0,1723 ft
- A = 3,35 in² = 0,0233 ft²

Jumlah : 1 buah

7. Cooler Larutan Na₂CO₃ (E-117)

**Fungsi : Mendinginkan larutan Na₂CO₃ sebelum sebelum masuk ke tangki
pencampuran**

Type : Shell and tube 2 – 4

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 53 grade B

Tube :

- OD = 1 in
- di = 0,0725 in
- Panjang = 16 ft
- Nt = 135 buah
- Luas permukaan tube (a') = 0,594 in²
- Pt = 1¼ in, susunan segiempat

Shell :

- IDs = 2,25 in
- Jarak baffle(B) = 15,9375 in

Jumlah : 1 buah

8. Tangki Penyimpanan H_3PO_4 85% (F-118)

Fungsi : Menampung bahan baku H_3PO_4 selama proses berlangsung

Type : Tangki silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dished head dan tutup bawah berbentuk plate datar

Bahan konstruksi : Stainless Steel, SA-240, grade M, tipe 316

Dimensi :

- di = 16,9474 ft = 203,3750 in
- do = 204 in = 17 ft
- ts = 5/16 in
- Ls = 21,9904 ft = 263,8853 in
- tha = 6/16 in
- ha = 2,8642 ft = 34,3704 in
- Tinggi Tangki = 24,8546 ft = 298,2557 in

Jumlah = 4 buah

9. Pompa H_3PO_4 (L-119)

Fungsi : Mengalirkan larutan H_3PO_4 85 % dari tangki penampung ke tangki pencampuran

Type : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : Commercial steel

Efisiensi pompa : 12 %

Efisiensi motor : 82 %

Daya motor: 3 HP

Dimensi Pompa :

Ukuran Pipa = 2,0 in sch 40

OD = 1,90 in = 0,1583 ft

ID = 1,610 in = 0,1342 ft

A = 2,04 in² = 0,0142 ft²

10. Pre Heater H₃PO₄ (E-121)

Fungsi : Memanaskan H₃PO₄ sebelum masuk ke tangki pencampuran

Type : Shell and tube 2 – 4

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 53 grade B

Tube :

- OD = 1 in
- di = 0,0725 in
- L = 16 ft
- Nt = 14 buah
- Luas permukaan tube (a') = 0,594 in²
- Pt = 1¼ in, susunan segiempat

Shell :

- Ids = 12 in
- Jarak baffle(B)= 6 in

Jumlah : 1 buah

11. Tangki Pencampuran (M-110)

Dibahas di BAB VI. PERANCANGAN ALAT UTAMA.

12. Pompa Larutan Orthophosphat (L-131)

Fungsi : Mengalirkan larutan orthophosphat hasil pencampuran dari tangki pencampuran ke evaporator

Type : centrifugal pump

Bahan Konstruksi: Commercial steel

Efisiensi pompa : 25 %

Efisiensi motor : 82,5 %

Daya motor : 4 HP

Jumlah : 1 buah

Dimensi Pompa :

- Ukuran Pipa : 2 ½ in sch 40
- OD = 2,88 in = 0,24 ft
- ID = 2,469 in = 0,2058 ft
- A = 4,79 in² = 0,0333 ft²

13. Evaporator (V-130)

Fungsi : Untuk memekatkan larutan orthophosphat dari 41% menjadi 52%

Type : Short tube vertical (calandria) dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 120° dilengkapi dengan Shell and tube exchanger, dimana pada bagian tube mengalir fluida yang akan dipekatkan, sedangkan pada bagian shell mengalir steam yang berfungsi sebagai media pemanas.

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

Dimensi :

- di = 89,7674 in = 7,4806 ft
- do = 90 in = 7,5 ft
- tinggi total = 248,2736 in = 20,7 ft

14. Pompa Evaporator (L-141)

Fungsi : Mengalirkan slurry orthophosphat dari evaporator ke kristalizer

Type : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi: Commercial steel

Efisiensi pompa : 27 %

Efisiensi motor : 80 %

Daya motor : 2 HP

Jumlah : 1 buah

Dimensi Pompa :

- Ukuran Pipa : 2 ½ in sch 40
- OD = 2,88 in = 0,24 ft
- ID = 2,469 in = 0,2058 ft
- A = 4,79 in² = 0,0333 ft²

15. Kristalizer (S-140)

Fungsi : Membentuk kristal Na₂HPO₄ dan melarutkan NaH₂PO₄

Type : Swenson Walker

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M type 316

Diameter : 24 in = 2 ft

Panjang : 10 ft

Tebal dinding : ½ in
Jenis pengaduk : Spiral agitator
Putaran pengaduk: 15 rpm
Jumlah : 5 buah

16. Centrifuge (H-151)

Fungsi : Untuk memisahkan kristal Na_2HPO_4 dan larutan NaH_2PO_4
Type : Centrifugal basket centrifuge
Bahan konstruksi : Carbon stel SA – 240 Grade M Type 316
Kapasitas : 19.428,1433 lb/jam
Dimensi:
- Diameter : 1,22 m
- Tinggi : 0,76 m
Power : 50 HP
Kecepatan putaran : 1.500 rpm
Jumlah : 2 buah

17. Pompa NaH_2PO_4 (L-152)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaH_2PO_4 dari centrifuge ke spray dryer
Type : Centrifugal pump
Bahan Konstruksi: Commercial steel
Efisiensi pompa : 23 %
Efisiensi motor : 80 %
Daya motor : 2 HP
Jumlah : 1 buah

Dimensi Pompa :

- Ukuran Pipa : 2 in sch 40
- OD = 2,8 in = 0,2333 ft
- ID = 2,067 in = 0,1723 ft
- A = 3,35 in² = 0,0233 ft²

18. Filter Udara (H-153)

Fungsi : Menyaring debu yang terdapat dalam udara sebagai penyaring burner

Type : Dry Filter

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Ukuran : 20 × 20 in

Jumlah : 8 buah

19. Blower Udara Spray Dryer (G-154)

Fungsi : Menghembuskan udara menuju ke burner pada spray dryer

Type : Centrifugal blower

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M Type 316

Kapasitas : 41.059,1373 lb/jam

Power motor : 24 HP

Jumlah : 1 buah

20. Burner Spray Dryer (Q-155)

Fungsi : Menghasilkan panas yang akan dipakai dalam spray dryer

Type : Thermal Direct Fire Heater

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Tinggi burner : 3,33 ft

Panjang : 7 ft

Expose burner : 7 ft

Tebal refractory : 20 in

Tebal isolasi : 5 in

21. Spray Dryer (B-150)

Fungsi : Meringankan larutan NaH_2PO_4 sehingga menjadi serbuk NaH_2PO_4

Type : Bejana silinder tegak dengan tutup bawah conical dengan sudut 60° dan tutup bawah flat / datar

Bahan konstruksi: Stainless Steel SA-240 Grade M Type 316

Diameter silinder: 6,8819 ft = 65,2297 in

Tinggi silinder : 5,4358 ft = 82,5825 in

Tebal tutup bawah: 3/16 in

22. Cyclone Spray Dryer (H-161)

Fungsi : Memisahkan debu atau partikel yang terikut gas panas dari spray dryer

Type : Duclone Collector

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Dimensi cyclone: $A_c = 4,2657 \text{ ft}^2$

$B_c = 1,4606 \text{ ft}$

$J_c = 1,4606 \text{ ft}$

$D_c = 5,8417 \text{ ft}$

$$Z_c = 11,6834 \text{ ft}$$

$$L_c = 11,6834 \text{ ft}$$

$$S_c = 0,7302 \text{ ft}$$

23. Screw Conveyor (J-162)

Fungsi : Mengangkut serbuk NaH_2PO_4 dari spray dryer ke bucket elevator

Type : Long Pitch Screw

Jarak : 6 ft

Ukuran Screw : 9 in

Kecepatan : 18 rpm

Power : 1 HP

Jumlah : 1 buah

24. Bucket Elevator (J-163)

Fungsi : Mengangkut serbuk NaH_2PO_4 dari screw conveyor ke rotary kiln

Type : Centrifugal Discharge Bucket Elevator

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Ukuran bucket : 6" × 4" × 4,25"

Kapasitas : 4.710,6692 kg/jam = 4,7107 ton/jam

Kecepatan : 48 ft/menit

Power : 1 HP

Lebar belt : 7 in

Jumlah : 1 buah

25. Blower Udara Rotary Kiln (G-164)

Fungsi : Menghembuskan udara menuju ke burner pada rotary kiln

Type : Centrifugal Blower

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M Type 316

Kapasitas : 95.759,8931 lb/jam

Power motor : 54 HP

Jumlah : 1 buah

26. Burner Rotary Kiln (Q-165)

Fungsi : Menghasilkan panas yang akan dipakai dalam Rotary Kiln

Type : Thermal Direct Fire Heater

Bahan konstruksi : Carboon Steel SA-240 Grade M Type 316

Tinggi burner : 3,33 ft

Panjang : 7 ft

Expose burner : 7 ft

Tebal refractory : 20 in

Tebal isolasi : 5 in

27. Rotary Kiln (B-160)

Dibahas di BAB VI. PERANCANGAN ALAT UTAMA.

28. Cyclone Rotary Kiln (H-171)

Fungsi : Memisahkan debu atau partikel yang terikut gas panas dari rotary kiln

Type : Duclone Collector

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Dimensi cyclone: $A_c = 15,2242 \text{ ft}^2$

$B_c = 2,7590 \text{ ft}$

$J_c = 2,7590 \text{ ft}$

$D_c = 11,0360 \text{ ft}$

$Z_c = 22,0720 \text{ ft}$

$L_c = 22,0720 \text{ ft}$

$S_c = 1,3795 \text{ ft}$

29. Blower Udara Rotary Cooler (G-172)

Fungsi : Menghembuskan udara menuju ke rotary cooler

Type : Centrifugal Blower

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M Type 316

Kapasitas : 20.377,3940 lb/jam

Power motor : 14 HP

Jumlah : 1 buah

30. Rotary Cooler (B-170)

Fungsi : Mendinginkan Natrium Heksametafosfat ($(\text{NaPO}_3)_6$)
yang keluar dari rotary kiln

Bahan konstruksi : High alloy steel SA 240 Grade M tipe 316

Diameter dalam : 5,0949 ft

Diameter luar : 5,1479 ft

Panjang : 67,4821 ft

Tebal silinder : 0,026 ft

Kecepatan putaran : 6 rpm

Jumlah flight : 4 buah

Power : 19 HP

Jumlah : 1 buah

31. Cyclone Rotary Cooler (H-181)

Fungsi : Memisahkan debu atau partikel yang terikut gas panas dari rotary cooler

Type : Duclone Collector

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M type 316

Dimensi cyclone: $A_c = 3,2719 \text{ ft}^2$

$B_c = 1,2790 \text{ ft}$

$J_c = 1,2790 \text{ ft}$

$D_c = 5,1161 \text{ ft}$

$H_c = 2,5580 \text{ ft}$

$Z_c = 10,2321 \text{ ft}$

$L_c = 10,2321 \text{ ft}$

$S_c = 0,6395 \text{ ft}$

32. Ball Mill (C-180)

Fungsi : Mengecilkan ukuran Natrium Heksametafosfat ($(\text{NaPO}_3)_6$) dari 150 mesh menjadi 200 mesh

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Diameter : 8 ft

Panjang : 6 ft

Kecepatan: 22 rpm

Power : 182 HP

33. Screen (H-182)

Fungsi : Menseragamkan ukuran Natrium Heksametafosfat ((NaPO₃)₆)
menjadi 200 mesh

Type : High Speed Vibrating Screen

Bahan : Carbon Steel SA-240 Grade M Type 316

Luas : 1.259,0054 in²

Jumlah : 1 buah

34. Bin Produk (F-183)

Fungsi : Menampung produk Natrium Heksametafosfat ((NaPO₃)₆)
sebelum mengalami proses pengemasan

Type : Silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi :

- di = 89,6250 in = 7,4688 ft

- thb = $\frac{3}{16}$ in

- ts = $\frac{3}{16}$ in

- Tinggi bin = 16,1840 ft = 194,2082 in

- Jumlah : 1 buah

35. Mesin Pengemas (P-184)

Fungsi : Mengemas produk Natrium Heksametafosfat ((NaPO₃)₆) dari bin
produk ke dalam karung bag

Kapasitas bahan masuk = 4.166,6667 kg/jam = 9.185,9757 lb/jam

Kapasitas mesin = $9.185,9757 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam} = 9.185,9757 \text{ lb}$

Volume mesin = $69,3147 \text{ ft}^3$

36. Belt Conveyor (J-185)

Fungsi : Mengangkut produk Natrium Heksametafosfat ((NaPO₃)₆) padat ke gudang penyimpanan

Type : Flat belt dengan 20° idler

Bahan : Reinforced rubber

Panjang : 54 ft

Lebar : 39,6 ft

Kecepatan belt : 100 rpm

Power motor : 1,5 HP

Jumlah : 1 buah

37. Storage Produk (F-186)

Fungsi : Menampung produk Natrium Heksametafosfat ((NaPO₃)₆) selama 30 hari

Type : Bangunan gedung

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : $42.232,0641 \text{ ft}^3 = 1.195,8854 \text{ m}^3$

Dimensi :

- Tinggi = 4 m

- Lebar = 13 m

- Panjang = 26 m

- Jumlah = 1 buah

38. Bin Produk Samping (F-142)

Fungsi : Menampung Na_2HPO_4 sebelum mengalami proses pengemasan

Type : Silinder tegak tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60°

Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Dimensi :

- $d_i = 83,6250 \text{ in} = 6,9688 \text{ ft}$
- $thb = \frac{3}{16} \text{ in}$
- $ts = \frac{3}{16} \text{ in}$
- Tinggi bin = $15,1869 \text{ ft} = 182,2430 \text{ in}$
- Jumlah : 1 buah

39. Belt Conveyer (J-143)

Fungsi : Mengangkut Na_2HPO_4 padat ke gudang penyimpanan

Type : Flat belt dengan 20° idler

Bahan : Reinforced rubber

Panjang : 54 ft

Lebar : 39,6 ft

Kecepatan belt : 100 rpm

Power motor : 1,5 HP

Jumlah : 1 buah

40. Storage Produk Samping (F-144)

Fungsi : Menampung produk samping Na_2HPO_4 selama 30 hari

Type : Bangunan gedung

Bahan konstruksi : Beton

Kapasitas : 1.620,5261 kg/jam = 3.572,6672 lb/jam

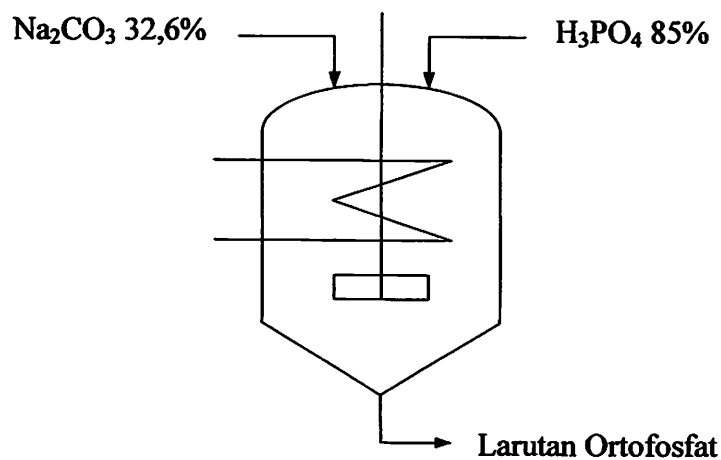
Dimensi :

- **Tinggi = 4 m**
- **Lebar = 16 m**
- **Panjang = 31 m**
- **Jumlah = 1 buah**

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Nama Alat : Tangki Pencampuran (M-110)
- Fungsi : Mencampur larutan Na_2CO_3 32,6% dengan H_3PO_4 85%.
- Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dish dan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut 60° .
- Perlengkapan : Pengaduk dan coil pemanas.
- Kondisi Operasi : Temperatur = $90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$
- Tekanan = 1 atm
- Waktu operasi = 1 jam
- Fase = liquid – liquid



Direncanakan :

Bahan konstruksi : Stainless steel SA-240 Grade M type 316

Fallowable (f) : 18.750

$$\text{Faktor korosi (C)} : \frac{1}{16}$$

Type pengelasan : double welded joint (E = 0,8)

$$\text{Feed : Na}_2\text{CO}_3 \text{ 32,6\%} = 7.516,3996 \text{ kg/jam} = 16.570,9111 \text{ lb/jam}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 85\%} = 4.881,0100 \text{ kg/jam} = 10.760,8413 \text{ lb/jam}$$

$$= 12.397,4096 \text{ kg/jam} = 27.331,7524 \text{ lb/jam}$$

6.1. Rancangan dimensi tangki

A. Menghitung volume tangki

$$\rho \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 2.540 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ H}_2\text{PO}_4 = 1.685 \text{ kg/m}^3$$

$$X \text{ Na}_2\text{CO}_3 = \frac{7.516,3996}{12.397,4096} = 0,3284$$

$$X \text{ H}_2\text{PO}_4 = \frac{4.881,0100}{12.397,4096} = 0,6716$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\frac{X \text{ Na}_2\text{CO}_3}{\rho \text{ Na}_2\text{CO}_3} + \frac{X \text{ H}_2\text{O}}{\rho \text{ H}_2\text{O}}}$$

$$= \frac{1}{\frac{0,6063}{2.540} + \frac{0,3937}{1.685}}$$

$$= 1.390,3576 \text{ kg/m}^3 = 86,7970 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{total feed}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= \frac{27.331,7524}{86,7970}$$

$$= 314,8929 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Proses berjalan secara kontinu dengan waktu tinggal 1 jam, maka:

$$\begin{aligned}\text{Volume liquid} &= \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 314,8929 \times 1 = 314,8929 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Diasumsikan :

$$\text{Volume ruang kosong} = 20\% \times \text{volume liquid dan}$$

$$\text{Volume coil dan pengaduk} = 10\% \times \text{volume liquid}$$

Maka:

$$\text{Volume ruang kosong} = 20\% \times 314,8929 = 62,9786 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume coil dan pengaduk} = 10\% \times 314,8929 = 31,4893 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi volume total} &= V \text{ liquid} + V \text{ ruang kosong} + V \text{ coil \& pengaduk} \\ &= 314,8929 + 62,9786 + 31,4893 = 409,3607 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

B. Menentukan dimensi tangki

1. Menentukan diameter silinder

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

$$V_{\text{total}} = 0,0847 \text{ di}^3 + \frac{1}{4} \pi \text{ di}^2 L_s + \frac{\pi \text{ di}^3}{24 \text{ tg } \frac{1}{2}\alpha}$$

$$409,3607 = 0,0847 \text{ di}^3 + \frac{1}{4} \pi \text{ di}^2 \cdot 1,5 \text{ di} + \frac{\pi \text{ di}^3}{24 \text{ tg } \frac{1}{2}\alpha}$$

$$409,3607 = 0,0847 \text{ di}^3 + 1,1775 \text{ di}^3 + 0,0267 \text{ di}^3$$

$$409,3607 = 1,4888 \text{ di}^3$$

$$\text{di}^3 = 274,9583$$

$$\text{di} = 6,5026 \text{ ft} = 78,0315 \text{ in}$$

2. Menghitung volume liquid dalam tangki

Volume liquid dalam tangki = volume liquid – volume tutup bawah

$$= 314,8929 - \frac{\pi \cdot 6,5026^3}{24 \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$= 252,5845 \text{ ft}^3$$

3. Menghitung tinggi liquid dalam shell

$$H = \frac{252,5845}{\frac{1}{4} \pi d_i^2}$$

$$= \frac{252,5845}{\frac{1}{4} \pi (6,5026)^2} = 7,6096 \text{ ft}$$

4. Menentukan tekanan design

$$\text{Tekanan hidrostatik, } P_h = \frac{\rho \times g_c \times H}{144 \times g_c}$$

$$= \frac{86,7970 \times 32,174 \times 7,6096}{144 \times 32,174} = 4,5867 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan design, } P_i = 14,7 + P_h$$

$$= 14,7 + 4,5867 = 19,2867 \text{ psi}$$

5. Menentukan tebal silinder tegak (ts)

$$t_s = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot P_i)} + C$$

$$t_s = \frac{19,2867 \cdot 78,0315}{2(18750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 19,2867)} + \frac{1}{16}$$

$$t_s = 0,1127 \times \frac{16}{16} = \frac{1,8033}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$d_o = 78,0315 + 2 \left(\frac{3}{16} \right)$$

$$d_o = 78,4065 \text{ in}$$

Standarisasi di:

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

$$\text{maka : } d_i = d_o - 2 t_s$$

$$d_i = 84 - 2 \left(\frac{3}{16} \right)$$

$$d_i = 83,6250 \text{ in} = 6,9688 \text{ ft}$$

Cek hubungan Ls dan di:

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

$$409,3607 = 0,0847 \cdot (6,9688)^3 + \frac{1}{4} \pi \cdot (6,9688)^2 L_s + \frac{\pi \cdot 6,9688^3}{24 \cdot \text{tg} 30}$$

$$409,3607 = 38,1223 L_s$$

$$L_s = 7,9745 \text{ ft} = 95,6936 \text{ in}$$

$$\text{Maka : } \frac{L_s}{d_i} = \frac{7,9745}{6,9688} = 1,1443 < 1,5 = \text{memenuhi}$$

C. Menentukan dimensi tutup

1. Tutup atas berbentuk standar dish:

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

$$tha = \frac{0,885 \times 19,28671 \times 83,6250}{(18750 \times 0,8) - (0,1 \times 19,2867)} + \frac{1}{16}$$

$$tha = 0,1577 \times \frac{16}{16}$$

$$tha = \frac{2,5227}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

2. Tutup bawah berbentuk konis dengan sudut 60°

$$thb = \frac{\text{Pi} \times di}{2(f \times E - 0,6 \times \text{Pi}) \cos \frac{1}{2}\alpha} + C$$

$$thb = \frac{19,2867 \times 77,7350}{2(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 19,2867) \cos 30} + \frac{1}{16}$$

$$thb = 0,1246 \times \frac{16}{16}$$

$$thb = \frac{1,9940}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

3. Tinggi tutup atas

$$\text{Tinggi tutup atas, } ha = 0,169 \times di$$

$$= 0,169 \times 6,9688 = 1,1777 \text{ ft} = 14,1326 \text{ in}$$

4. Tinggi tutup bawah

$$\text{Tinggi tutup bawah, } hb = \frac{\frac{1}{2}di}{\text{tg} \frac{1}{2}\alpha}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}6,4479}{\text{tg} 30} = 6,0351 \text{ ft} = 78,4565 \text{ in}$$

D. Menentukan tinggi tangki

Tinggi Shell, $L_s = 7,9745 \text{ ft}$

Tinggi tangki = $L_s + h_a + h_b$

Tinggi tangki = $9,5034 + 1,0897 + 5,5841$

= $15,1873 \text{ ft} = 182,2476 \text{ in.}$

Dari perhitungan di atas diperoleh dimensi tangki sebagai berikut :

- $d_o = 84 \text{ in}$
- $d_i = 83,6250 \text{ in}$
- $L_s = 95,6936 \text{ in}$
- $t_s = \frac{3}{16}$
- Tinggi tangki = $182,2476 \text{ in}$
- $t_{ha} = \frac{3}{16}$
- $h_a = 14,1326 \text{ in in}$
- $t_{hb} = \frac{3}{16}$
- $h_b = 78,4565 \text{ in}$

6.2. Perhitungan Pengaduk**A. Perencanaan pengaduk**

- Jenis pengaduk : Axial turbine 4 blades pada 45° angle.
- Bahan impeller : Stainless Steel SA 240 grade M type 316
- Bahan poros pengaduk : Hot Roller Steel SAE 1020

Data – data dari jenis pengaduk :

$$\frac{D_t}{D_i} = 3 \quad \frac{Z_i}{D_i} = 0,75 - 1,3 \quad \frac{Z_l}{D_i} = 2,7 - 3,9 \quad \frac{W}{D_i} = 0,17 \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

Dimana :

D_t = Diameter dalam dari silinder

D_i = Diameter impeller

Z_i = Tinggi impeller dari dasar tangki

Z_l = Tinggi liquid dalam silinder

W = Lebar baffle (daun) impeller

J = Tebal blades

(Brown G.G, hal.507)

Menentukan diameter impeller :

$$\frac{D_t}{D_i} = 3$$

$$D_i = \frac{D_t}{3} = \frac{83,6250}{3} = 27,8750 \text{ in} = 2,3229 \text{ ft}$$

Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki :

$$\frac{Z_i}{D_i} = 0,75-1,3 \text{ (diambil 0,9)}$$

$$Z_i = 0,9 \times 27,8750 = 25,0875 \text{ in} = 2,0906 \text{ ft}$$

Menentukan panjang impeller :

$$\frac{L}{D_i} = \frac{1}{3}$$

$$L = \frac{1}{3} D_i = \frac{1}{3} \times 27,8750 = 9,2917 \text{ in} = 0,7743 \text{ ft}$$

Menentukan lebar impeller :

$$\frac{W}{D_i} = 0,17$$

$$W = 0,17 \times D_i = 0,17 \times 27,8750 = 4,7388 \text{ in} = 0,3949 \text{ ft}$$

Menentukan tebal blades :

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$J = \frac{1}{12} Dt = \frac{1}{12} \times 83,6250 = 6,9688 \text{ in} = 0,5807 \text{ ft}$$

B. Menentukan daya pengaduk

$$P = \frac{\Phi \cdot \rho \cdot n^5 \cdot Di^3}{g_c}$$

Dimana :

P = daya pengaduk

Φ = power number

Di = diameter impeller = 2,3229 ft

ρ = densitas bahan = 86,7970 lb/ft³

g_c = 32,2 lb.ft/dt².lbf

n = putaran pengaduk = 120 rpm = 2 rps (Perry, Edisi 6, hal.19-6)

Meentukan bilangan reynold :

$$N_{Re} = \frac{n \cdot Di^2 \cdot \rho}{\mu}$$

μ = 1,14 Cps = 0,046 lb/ft.min

$$N_{Re} = \frac{120 \times (2,3229)^2 \times 86,7970}{0,046}$$

$N_{Re} = 1.221.786,5852 > 2.100$ (aliran turbulen)

Karena aliran turbulen maka :

$\Phi = 0,7$

(Gambar 477, Brown G.G, hal. 507)

$$P = \frac{\Phi \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D_i^5}{g_c}$$

$$P = \frac{0,7 \times 86,7970 \times (2^3) \times (2,3229)^5}{32,2} = 1.020,9512 \text{ lb.ft/dt}$$

$$P = \frac{1.020,9512}{550} = 1,8563 \text{ HP}$$

Ditetapkan :

- η motor = 80 %

- η pengaduk = 60 %

$$P = \frac{1,8563}{(0,8 \times 0,6)} = 3,8673 \approx 4 \text{ HP}$$

Daya yang digunakan pengaduk adalah 30 HP.

C. Perhitungan poros pengaduk

1. Diameter poros

$$T = \frac{\pi \cdot S \cdot D^2}{16} \quad (\text{Pers.16-2, Hesse, hal.465})$$

Dimana :

$$T = \text{Momen Puntir (lb.i)} = \frac{63.025 \cdot H}{N} \quad (\text{Hesse, hal.469})$$

$$H = \text{Daya motor pada poros} = 4 \text{ HP}$$

$$N = \text{Putaran pengaduk} = 120 \text{ rpm}$$

Sehingga :

$$T = \frac{63.025 \cdot 4}{120} = 2.100,8333 \text{ lb.in}$$

Dari tabel 16-1, Hesse, hal. 467, untuk bahan Hot Rolled Steel SAE 1020, mengandung karbon = 20%, dengan batas = 36.000 lb/in².

S = maksimum design shering stress yang diijinkan

$$S = 20\% \times (36.000) \text{ lb/in}^2 \\ = 7.200 \text{ lb/in}^2$$

Maka diperoleh diameter poros pengaduk :

$$D = \left(\frac{16 \times T}{\pi \times S} \right)^{\frac{1}{3}} \\ D = \left(\frac{16 \times 661,1448}{\pi \times 7200} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,1413 \text{ in} = 0,0951 \text{ ft}$$

2. Panjang poros

$$L = (h + l) - Z_i$$

Dimana :

L = Panjang poros (ft)

h = tinggi silinder + tinggi tutup atas

$$= 9,5034 + 1,0897 = 9,1522 \text{ ft}$$

l = panjang poros di atas bejana tangki = 0,7743 ft

Z_i = tinggi impeller dari dasar tangki = 2,0906 ft

Maka diperoleh panjang poros pengaduk :

$$L = (9,1522 + 0,7743) - 2,0906 = 7,8395 \text{ ft} = 94,0303 \text{ in}$$

Kesimpulan dimensi pengaduk :

Type : Axial turbine 4 blades pada 45° angle

Di : diameter impeller = 27,8750 in

Zi : tinggi impeller dari dasar bejana = 25,0875 in

L : panjang impeller = 9,2917 in

W : lebar impeller = 4,7388 in

J : tebal blades = 6,9688 in

n : jumlah pengaduk = 1 buah

Daya pengaduk : 4 Hp

Diameter poros : 1,1413 in

Panjang poros : 94,0303 in

6.3. Perhitungan Nozzle

Perencanaan :

- Nozzle pada tutup atas standard dishead
 - Nozzle untuk pemasukan larutan asam fosfat (H_3PO_4)
 - Nozzle untuk pemasukan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3)
 - Nozzle untuk pengeluaran gas karbondioksida (CO_2)
- Nozzle untuk silinder reaktor
 - Nozzle untuk pemasukan coil pemanas
 - Nozzle untuk pengeluaran coil pemanas
- Nozzle pada tutup bawah conical
 - Nozzle untuk pengeluaran produk
- Digunakan flange standard type Welding neck pada :
 - Nozzle untuk pemasukan larutan asam fosfat (H_3PO_4)
 - Nozzle untuk larutan natrium karbonat (Na_2CO_3)
 - Nozzle untuk pengeluaran gas karbondioksida (CO_2)

- Nozzle untuk pemasukan coil pemanas
- Nozzle untuk pengeluaran coil pemanas
- Nozzle untuk pengeluaran produk

Dasar Perhitungan :

a. Nozzle pemasukan larutan asam fosfat (H_3PO_4)

- Rate feed masuk = 4.881,0100 kg/jam = 10.760,8413 lb/jam
- Densitas feed = $1.685 \text{ kg/m}^3 = 105,1909 \text{ lb/ft}^3$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate feed}}{\rho \text{ feed}} \\ &= \frac{10.760,8413}{105,1909} = 102,2982 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0284 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0284)^{0,45} \times (105,1909)^{0,13} \\ &= 1,4389 \text{ in} = 0,1199 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa ukuran 1½ in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 1,90 \text{ in} &= 0,1583 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 1,610 \text{ in} &= 0,1342 \text{ ft} \\ \text{A} &= 2,04 \text{ in}^2 &= 0,0142 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

b. Nozzle pemasukan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3)

- Rate feed masuk = 7.516,3996 kg/jam = 16.570,9111 lb/jam
- Densitas feed = 1.248,5789 kg/m³ = 77,9461 lb/ft³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate feed}}{\rho \text{ feed}} \\ &= \frac{16.570,9111}{77,9461} = 212,5946 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0591 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0591)^{0,45} \times (77,9461)^{0,13} \\ &= 1,9243 \text{ in} = 0,1603 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa ukuran 2 in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh :

$$\text{OD} = 2,38 \text{ in} = 0,1983 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 3,35 \text{ in}^2 = 0,0233 \text{ ft}^2$$

c. Nozzle pengeluaran gas karbon dioksida (CO_2)

- Rate CO_2 = 1.016,3179 kg/jam = 2.552,2007 lb/jam
- Densitas CO_2 = 1.977 kg/m³ = 123,4198 lb/ft³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate feed}}{\rho \text{ feed}} \\ &= \frac{2.553,2007}{123,4198} = 18,1544 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0050 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0050)^{0,45} \times (123,4198)^{0,13} \\ &= 0,6748 \text{ in} = 0,0562 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa ukuran $\frac{3}{4}$ in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 1,05 \text{ in} &= 0,0875 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 0,824 \text{ in} &= 0,0687 \text{ ft} \\ \text{A} &= 0,534 \text{ in}^2 &= 0,0037 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

d. Nozzle pemasukan dan pengeluaran steam pemanas

- Rate steam = 1.376,9117 kg/jam = 3.035,5866 lb/jam
- Densitas steam = 2.550 kg/m³ = 159,1909 lb/ft³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate feed}}{\rho \text{ feed}} \\ &= \frac{3.035,5866}{159,1909} = 19,0688 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0053 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,005361)^{0,45} \cdot (159,1909)^{0,13} \\ &= 0,7131 \text{ in} = 0,0594 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa ukuran $\frac{3}{4}$ in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh:

$$\begin{aligned} OD &= 1,05 \text{ in} &= 0,0875 \text{ ft} \\ ID &= 0,824 \text{ in} &= 0,0687 \text{ ft} \\ A &= 0,534 \text{ in}^2 &= 0,0037 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

e. Nozzle pengeluaran produk

- Rate produk = 11.381,0916 kg/jam = 25.091,1432 lb/jam
- Densitas produk = 86,7970 lb/ft³

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{\text{rate feed}}{\rho \text{ feed}} \\ &= \frac{25.091,1432}{86,7970} \\ &= 289,0785 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0803 \text{ ft}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 (0,0803)^{0,45} \cdot (86,7970)^{0,13} \\ &= 2,2397 \text{ in} = 0,1866 \text{ ft} \end{aligned}$$

Digunakan pipa ukuran 2 ½ in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh :

OD	= 2,88 in	= 0,24 ft
ID	= 2,469 in	= 0,2058 ft
A	= 4,79 in ²	= 0,0333 ft ²

f. Nozzle untuk handhole

▪ Dimensi *Hand Hole*

Sebuah *hand hole* direncanakan dengan diameter 10 in. *Flange* untuk *hand hole* digunakan tipe standard 150 lb *forged slip on-flange* (168). Dari fig. 12.3, Brownell dan Young, hal. 222 diperoleh :

1. Ukuran nominal (NPS)	= 10 in
2. Diameter luar <i>flange</i> (A)	= 16 in
3. Ketebalan <i>flange</i> (T)	= 13/16 in
4. Diameter luar pembesaran permukaan (R)	= 12 ¾ in
5. Diameter pusat dari dasar (E)	= 12 in
6. Panjang (L)	= 1 15/16 in
7. Diameter dalam <i>flange</i> (B)	= 10,88 in
8. Jumlah lubang baut	= 12 buah
9. Diameter lubang	= 1 in
10. Diameter baut	= 7/8 in
11. <i>Bolt circle</i>	= 14 ¼

▪ Tutup *Hand Hole*

Dari, fig. 12.6, hal. 222, Brownell dan Young dipilih standar 150 lb *blind flange* (168).

1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 10 in
2. Diameter luar flange (A) = 16 in
3. Tebal *flange* minimum (T) = 1 3/16 in
4. Diameter luar pembesaran permukaan = 12 3/4 in
5. Diameter lubang baut = 1 in
6. Jumlah lubang baut = 12 buah
7. Diameter baut = 7/8 in
8. *Bolt circle* = 14 1/4

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

Tabel 6.3.1. Dimensi Flange pada masing-masing pipa

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	1 1/2	5	1 1/16	2 7/8	2 9/16	1,90	2 7/16	1,61
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
C	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	2 1/16	0,82
D	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	2 1/16	0,82
E	2 1/2	7	7/8	4 1/8	3 3/16	2,88	2 3/4	2,47
F	10	16	1 3/16	12 3/4	12	10,75	4	10,02

Keterangan :

- Nozzle A = Nozzle untuk pemasukan feed asam fosfat
- Nozzle B = Nozzle untuk pemasukan feed natrium karbonat
- Nozzle C = Nozzle untuk pengeluaran gas CO₂
- Nozzle E = Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pemanas
- Nozzle F = Nozzle untuk pengeluaran produk
- Nozzle G = Nozzle untuk Hand Hole
- NPS = Ukuran pipa nominal, in
- A = Diameter luar flange, in
- T = Ketebalan flange minimum, in
- R = Diameter luar pembesaran permukaan, in
- E = Diameter pusat dari dasar, in
- K = Diameter hubungan pada titik pengelasan, in
- L = Panjang julakan, in
- B = Diameter dalam flange, in

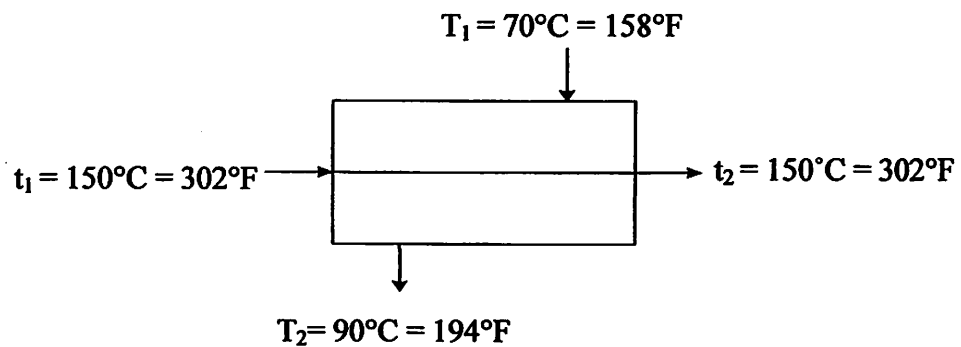
Tabel 6.3.2. Dimensi Diameter Flange

No	Nozzle	NPS	Diameter Lubang	Diameter Baut	Sirkulasi Baut	Jumlah Baut
1.	H ₃ PO ₄	1 ½	¾	½	3 7/8	4
2.	Na ₂ CO ₃	2	¾	5/8	4 ¾	6
3.	CO ₂	¾	¾	½	2 5/4	2
4.	Steam	¾	¾	½	2 5/4	2
5.	Produk	2 ½	¾	5/8	5 ½	8
6.	Hand Hole	10	1	7/8	14 ¼	52

6.4. Menghitung Coil Pemanas

Rate steam : 1.376,9117 kg/jam = 3.035,5886 lb/jam

Panas steam, $Q_s = 695.037,491$ kkal/jam = 2.758.129,061 Btu/jam



Perhitungan :

a. Menghitung ΔT_{LMTD}

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(302-158) - (302-194)}{\ln \frac{(302-158)}{(302-194)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 125,1381^\circ\text{F}$$

b. Menghitung suhu caloric

Suhu Caloric :

$$T_c = \frac{1}{2} (T_1 + T_2) = 0,5 (158 + 194) = 176^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{1}{2} (t_1 + t_2) = 0,5 (302 + 302) = 302^\circ\text{F}$$

c. Dasar perencanaan:

- Digunakan pipa ukuran $\frac{3}{4}$ in IPS, schedule 40

Dari tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh :

$$\text{OD} = 1,05 \text{ in} = 0,0875 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 0,824 \text{ in} = 0,0687 \text{ ft}$$

$$a' = 0,534 \text{ in}^2 = 0,0037 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,275 \text{ ft}^3/\text{ft}$$

- Koefisien perpindahan panas bagian luar pipa yang dikoreksi terhadap diameter dalam pipa :

$$h_{io} = 1.500 \text{ Btu/J.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \text{ (karena media pemanas adalah steam)}$$

- Faktor kekotoran, $R_d = 0,004 \text{ jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$
- Koefisien bagian permukaan shell tangki :

$$G_p = \frac{M}{a_p} = \frac{3.035,5886}{0,0037} = 818.585,1388 \text{ lb/jam.ft}^2$$

$$\mu \text{ larutan} = 0,046 \text{ lb/ft.min}$$

d. Menghitung bilangan reynold :

$$N_{Re} = \frac{d_i \cdot G_p}{\mu \cdot 2,42}$$

$$N_{Re} = \frac{0,125 \times 818.585,1388}{0,046 \times 2,42}$$

$$N_{Re} = 504,936,3355 > 2.100 \text{ (aliran turbulen)}$$

Sehingga diperoleh :

$$J_c = 2.000$$

(Gambar 20.2, Kern hal.718)

$$h_o = J_c \cdot \frac{k}{d_i} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu \cdot W} \right)^{0,14}$$

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

$$C_p = \text{kapasitas panas campuran} = 0,7260 \text{ kkal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\mu = \text{viskositas campuran} = 0,046$$

$$k = \text{konduktivitas thermal} = 47,64$$

(Tabel 5, Kern, hal. 800)

$$h_o = 2.000 \cdot \frac{0,34}{0,0687} \times \left(\frac{0,7260 \times 0,046}{47,64} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 1$$

$$= 123.260,3926 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

e. Menghitung tahanan panas pipa dalam keadaan bersih :

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

$$= \frac{1500 \times 123.260,3926}{1500 + 123.260,3926}$$

$$= 1.481,9654 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

f. Menghitung tahanan panas pipa dalam keadaan kotor :

$$R_d \text{ ditetapkan} = 0,004$$

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

$$0,004 = \frac{1.467,4907 - U_d}{1.467,4907 \times U_d}$$

$$5,9279 U_d = 1.467,4907 - U_d$$

$$U_d = 213,9138 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

g. Menghitung luas permukaan perindahan panas:

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta t_{LMTD}} = \frac{2.758.129,061}{213,9138 \times 125,1381} = 103,0353 \text{ ft}^2$$

Menghitung panjang lilitan :

$$L = \frac{A}{a^n} = \frac{103,0353}{0,275} = 374,6738 \text{ ft}$$

h. Menghitung jumlah lilitan coil :

$$d_c = 0,65 \times d_i(\text{tangki})$$

$$= 0,65 \times 6,9688$$

$$= 4,5297 \text{ ft} = 54,3563 \text{ in}$$

$$n_c = \frac{L}{\pi \cdot d_c} = \frac{374,6738}{\pi \times 4,5297} = 26,3424 \approx 26 \text{ lilitan}$$

i. Menghitung tinggi lilitan coil :

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

$$\text{Diambil jarak 2 coil } (h_c) = 1,5 \text{ in:}$$

$$L_c = ((26 - 1) (1,05 + 1,5) + 1,05)$$

$$= 64,8 = 5,4 \text{ ft}$$

j. Menghitung tinggi liquid dalam silinder :

Volume liquid = volume tutup bawah + volume silinder

$$314,892 = \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \tan^{\frac{1}{2}} \alpha} + \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \times L_{Ls}$$

$$314,892 = \frac{\pi \times 6,9688^3}{24 \tan^{\frac{1}{2}} \alpha} + \frac{\pi \times 6,9688^2}{4} \times L_{Ls}$$

$$314,892 = 76,6909 + 38,1223 L_{Ls}$$

$$L_{Ls} = 6,2484 \text{ ft} = 74,9803 \text{ in}$$

Karena L_c (5,4 ft) < L_{Ls} (6,2484 ft), jadi perhitungan coil pemanas sudah memadai.

6.5. Sambungan Tutup (Head) dengan Dinding Tangki

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

1. Flange

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

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

Tensile strength minimum : 75.000 psia

Allowable stress (f) : 18.750

Type flange : Ring flange loose type

2. Bolting

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

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

Tensile strength minimum : 75.000 psia

Allowable stress (f) : 15.000

3. Gasket

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

Bahan konstruksi : asbestos filled

Gasket factor (m) : 3,75

Min design seating stress (y) : 9.000 psia

6.5.1. Perhitungan Tebal Gasket

Dari persamaan 12.2, Brownell & Young, hal. 226 :

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

Dimana :

d_o = diameter luar gasket

d_i = diameter dalam gasket

y = yield stress (9.000 psia)

p = internal pressure (89,7 psia)

m = gasket factor (3,75)

Diketahui d_i gasket = D_o shell = 84 in = 7 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{7} = \sqrt{\frac{9.000 - (89,7 \times 3,75)}{9.000 - 89,7 (3,75 + 1)}}$$

$$\frac{d_o}{7} = 1,0052$$

$$d_o = 7,0365 \text{ ft} = 84,4383 \text{ in}$$

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{d_o - d_i}{2}$$

$$= \frac{84,4383 - 84}{2}$$

$$= 0,2191 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Diambil gasket (n)} = \frac{3}{16} \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Diameter rata-rata gasket (G)} = d_i + n$$

$$= 84 \text{ in} + 0,1875 \text{ in}$$

$$= 84,1875 \text{ in} = 7,0156 \text{ ft}$$

6.5.2. Perhitungan Tebal Flange

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

$$f_T = \frac{Y \cdot M}{t^2 \cdot B}$$

Sehingga didapatkan rumus :

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

$$k = \frac{A}{B}$$

Dimana :

A = diameter luar flange (84,4383 in = 7,0365 ft)

B = diameter dalam flange (84 in = 7 ft)

f = stress yang diijinkan untuk bahan flange (18.750 psia)

Maka :

$$k = \frac{A}{B} = \frac{7,0365}{7}$$

$$k = 1,02$$

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

$$Y = 100$$

$$M = 3.179.225,913 \text{ lb.in}$$

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{100 \times 3.179.225,913}{18.750 \times 84}}$$

$$t = 14,2076 \text{ in} = 1,1840 \text{ ft}$$

6.5.3. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Baut (Bolting)

a. Perhitungan beban baut

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

Beban gasket supaya tidak bocor (H_y)

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

Dari fig. 12.12, Brownell & Young, hal. 229 :

$$\text{Lebar setting gasket bawah} = b_o = \frac{n}{2} = \frac{0,375}{2} = 0,1875$$

Sehingga didapatkan H_y :

$$H_y = W_{m2} = \pi \times 0,1875 \times 84,1875 \times 9.000$$

$$H_y = 446.088,5156 \text{ lb}$$

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

Beban baut agar tidak bocor (H_p)

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

$$H_p = 2 \times \pi \times 0,1875 \times 84,1875 \times 3,75 \times 89,7$$

$$H_p = 33.345,1165 \text{ lb}$$

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

Beban karena tekanan dalam (H)

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot p$$

$$H = \frac{\pi}{4} \times (84,1875)^2 \times (89,7)$$

$$H = 499.065,2443 \text{ lb}$$

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

Total berat beban pada kondisi operasi (W_{m1})

$$W_{m1} = H + H_p$$

$$= 499.065,2443 \text{ lb} + 33.345,1165 \text{ lb} = 532.410,3608 \text{ lb}$$

Karena $W_{m2} < W_{m1}$, maka yang mengontrol adalah W_{m1} .

b. Perhitungan luas minimum bolting area

Dari persamaan 12.93, Brownell & Young, hal.240

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{f_b}$$

$$= \frac{532.410,3608}{15.000} = 35,4940 \text{ in}^2 = 0,2465 \text{ ft}^2$$

c. Perhitungan bolting optimum

Dari tabel 10.4, Brownell & Young, hal. 188 digunakan :

- Ukuran baut = 2 in
- Root area = 2,3 in²

$$\text{Jumlah bolting optimum} = \frac{A_{m1}}{\text{root area}} = \frac{35,4940}{2,3} = 15,43 \approx 16 \text{ buah}$$

Dari tabel 10.4, Brownell & Young, hal. 188 :

Bolt spacing distance preference (B_s) = 3 in

Minimum radial distance (R) = 2 ½ in

Edge distance (E) = 2 in

Bolting circle diameter (C) :

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

Dimana :

$$d_i \text{ shell} = 83,625 \text{ in}$$

$$g_o = \text{tebal shell } (t_s) = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Maka bolting circle diameter (C) :

$$\begin{aligned} C &= (83,625 \text{ in}) + \left[2 \times \left(14,5 \times \frac{3}{16} + 2 \frac{1}{2} \right) \right] \\ &= 97,2188 \text{ in} \end{aligned}$$

Diameter luar flange :

$$\begin{aligned} \text{OD} &= C + 2 E \\ &= (97,2188) + (2 \times 2) = 101,2188 \text{ in} \end{aligned}$$

Check lebar gasket :

$$A_b \text{ actual} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area} = 16 \times 2,3 = 36,8 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum :

$$\begin{aligned} L &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times G} \\ &= 36,8 \times \frac{15.000}{2 \times \pi \times 9.000 \times 84,1875} = 0,1160 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $L < 2 \text{ in}$, jadi perhitungan bolting optimum memenuhi.

d. Perhitungan moment

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

$$W = \left(\frac{A_m + A_b}{2} \right) \times f$$

$$W = \left(\frac{35,4940 + 36,8}{2} \right) \times 15.000 = 1.048.410,3608 \text{ lb}$$

Dari persamaan 12.101, Brownell & Young, hal. 242 :

$$h_G = \frac{C - G}{2}$$

$$h_G = \frac{97,2188 - 84,1875}{2} = 6,5156 \text{ in}$$

- Moment flange (M_a)

Dari Brownell & Young, halaman 243 :

$$M_a = W \cdot h_G$$

$$M_a = 1.048.410,3608 \times 6,5156 = 7.065.611,2571 \text{ lb.in}$$

Dari persamaan 12.95, Brownell & Young, hal. 243 :

Dalam kondisi operasi :

$$W = W_{ml} = 532.410,3608 \text{ lb}$$

Hidrastatic and force pada daerah dalam flange (H_D)

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

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

Dimana :

$$B = d_o \text{ shell tangki} = 84 \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan operasi} = 89,7 \text{ lb/in}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 \times 84^2 \times 89,7 \\ &= 496,844,7120 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial bolt circle pada aksi (h_D)

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

$$\begin{aligned} h_D &= \frac{C - B}{2} \\ &= \frac{97,2188 - 84}{2} = 6,6094 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment M_D

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

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \times h_D \\ &= 496,844,7120 \times 6,6094 = 3.283.833,0184 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_G &= W - H = W_{ml} - H \\ &= 532.410,3608 - 499.065,2443 = 33.345,1165 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Moment M_G

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

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 33.345,1165 \times 6,5156 = 217.264,2750 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= 499.065,2443 - 496,844,7120 = 2.220,5323 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari persamaan 12.102, Brownell & Young, hal. 244 :

$$h_T = \frac{h_D + h_g}{2}$$

$$= \frac{6,6094 + 6,5156}{2} = 6,5625 \text{ in}$$

- Moment M_T

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

$$M_T = H_T \times h_T$$

$$= 2.220,5323 \times 6,5625 = 14.572,2430 \text{ lb.in}$$

- Moment total

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

$$= 3.283.833,0184 + 217.264,2750 + 14.572,2430 \text{ lb.in}$$

$$= 3.515.669,5363 \text{ lb.in}$$

Karena $M_a > M_o$, maka $m_{\max} = M_a = 7.065.611,2571 \text{ lb.in}$

Kesimpulan perencanaan :

1. Flange

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

Tensile strength minimum : 75.000 psia

Allowable stress (f) : 18.750

Tebal flange : 14,2076 in

Diameter dalam (D_i) flange : 84 in

Diameter luar (D_o) flange : 84,4383 in

Type flange : Ring flange loose type

2. Bolting

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

Tensile strength minimum : 75000 psia

Ukuran baut : 2 in

Jumlah baut : 16 buah

Allowable stress (f) : 15.000

3. Gasket

Bahan konstruksi : asbestos filled

Gasket factor (m) : 3,75

Min design seating stress (y) : 9.000 psia

Tebal gasket (n) : $\frac{3}{16}$ in

6.6. Perhitungan Sistem Penyangga Tangki

Sistem penyangga dirancang agar mampu untuk penyangga beban tangki dan perlengkapannya.

Beban-beban yang ditahan oleh penyangga tangki meliputi :

- Berat shell tangki
- Berat tutup atas berbentuk standard dishead
- Berat tutup bawah berbentuk conis
- Berat liquid dalam tangki
- Berat pengaduk dan perlengkapannya
- Berat coil pendingin
- Berat attachment

Dasar Perhitungan :**a. Berat shell tangki**

Rumus :

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

Dimana :

 W_s = berat shell tangki, lb d_o = diameter luar shell = 84 in = 7 ft d_i = diameter dalam shell = 83,6250 in = 6,9688 ft H = tinggi shell tangki (L_s) = 95,6936 in = 7,9745 ft ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³ (Tabel 2-118, Perry edisi 7,

hal. 2-119)

Berat shell tangki :

$$\begin{aligned} W_s &= (\pi/4) \times (7^2 - 6,9688^2) \times 7,9745 \text{ ft} \times 489 \\ &= 1.336,2494 \text{ lb} = 606,1093 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Berat tutup atas standard dishead

Rumus :

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

$$A = 6,28 \times L \times h$$

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

Dimana :

 W_d = berat tutup atas tangki, lb A = luas tutup atas standard dishead, ft² t = tebal tutup atas (tha) = 3/16 in = 0,1875 in ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³ (Tabel 2-118, Perry edisi 7,

hal. 2-119)

$$L = \text{crown radius (r)} = 144 \text{ in} = 12 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi tutup atas tangki (ha)} = 14,1326 \text{ in} = 1,1777 \text{ ft}$$

Luas tutup atas :

$$A = 6,28 \times 144 \times 14,1326 = 12.780,4154 \text{ in}^2 = 88,7529 \text{ ft}^2$$

Berat tutup atas :

$$W_d = 88,7529 \times 0,0156 \times 489$$

$$W_d = 678,1275 \text{ lb} = 307,5919 \text{ kg}$$

c. Berat tutup bawah conical

Rumus :

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

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

(Persamaan 4-19, Hesse, hal. 92)

Dimana :

$$W_d = \text{berat tutup bawah tangki, lb}$$

$$A = \text{luas tutup bawah conical, ft}^2$$

$$t = \text{tebal tutup bawah (thb)} = 3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 489 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Tabel 2-118, Perry edisi 7,}$$

hal. 2-119)

$$D = \text{diameter dalam silinder} = 83,6250 \text{ in} = 6,9688 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi tutup bawah tangki (thb)} = 78,4565 \text{ in} = 6,0351 \text{ ft}$$

$$m = \text{flat spot diameter} = \frac{1}{2} D$$

$$= \frac{1}{2} \times 6,9688 = 3,4844 \text{ ft}$$

Luas tutup bawah :

$$A = 0,785 \times (6,9688 + 3,4844) \sqrt{(4 \times 6,0351^2) + (6,9688 - 3,4844)^2} \\ + (0,785 \times 6,9688^2)$$

$$A = 146,5085 \text{ ft}^2 \\ = 21.097,2301 \text{ in}^2$$

Berat tutup bawah :

$$W_d = 113,8567 \times 0,0156 \times 489$$

$$W_d = 1.119,4168 \text{ lb} \\ = 507,7536 \text{ kg}$$

d. Berat liquid dalam tangki

Rumus :

$$W_l = m \cdot t$$

Dimana :

$$m = \text{berat larutan dalam tangki} = 27.331,7524 \text{ lb/jam}$$

$$t = \text{waktu tinggal liquid dalam tangki} = 1 \text{ jam}$$

Maka :

$$W_l = 27.331,7524 \times 1 \text{ jam} \\ = 27.331,7524 \text{ lb} \\ = 12.397,4096 \text{ kg}$$

e. Berat poros pengaduk dalam tangki

Rumus :

$$W_p = V \cdot \rho$$

$$V = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L$$

Dimana :

W_p = berat poros pengaduk dalam tangki, lb

V = volume poros tangki, ft^3

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft^3 (Tabel 2-118, Perry edisi 7, hal. 2-119)

D = diameter poros pengaduk = $1,1413 \text{ in} = 0,0951 \text{ ft}$

L = panjang poros pengaduk = $94,0303 \text{ in} = 7,8395 \text{ ft}$

Volume poros pengaduk :

$$V = \pi/4 \times 0,0951^2 \times 7,8395 = 0,0556 \text{ ft}^3$$

Berat poros pengaduk :

$$W_p = 0,0556 \times 489 = 27,2105 \text{ lb} = 12,3424 \text{ kg}$$

f. Berat impeller dalam tangki

Rumus :

$$W_i = V \cdot \rho$$

$$V = 4 (p \cdot l \cdot t)$$

$$p = \frac{D_i}{2}$$

Dimana :

W_i = berat impeller dalam tangki, lb

V = volume dari total blades, ft^3

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft^3 (Tabel 2-118, Perry edisi 7, hal. 2-119)

p = panjang 1 kupingan blade, ft

l = lebar 1 kupingan blade = $4,7388 \text{ in} = 0,3949 \text{ ft}$

t = tebal 1 kupingan blade = 6,9688 in = 0,5807 ft

D_i = diameter pengaduk = 27,8750 in = 2,3229 ft

Volume impeller pengaduk :

$$p = \frac{D_i}{2} = \frac{2,3229}{2} = 1,1615 \text{ ft}$$

$$V = 4 \times (1,1615 \times 0,3949 \times 0,5807) = 1,0654 \text{ ft}^3$$

Berat impeller pengaduk :

$$W_i = 1,0654 \times 489 = 520,9891 \text{ lb} = 236,3155 \text{ kg}$$

g. Berat coil pemanas dalam reaktor

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

Dimana :

W_c = berat coil pemanas dalam tangki, lb

D_o = diameter luar pipa coil pemanas = 1,05 in = 0,0875 ft

D_i = diameter dalam pipa coil pemanas = 0,824 in = 0,0687 ft

H = panjang coil pemanas = 374,6738 ft

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³ (Tabel 2-118, Perry edisi 7,

hal. 2-119)

Berat coil pemanas :

$$W_c = (\pi/4) \times (0,0875^2 - 0,0687^2) \times 374,6738 \times 489$$

$$= 422,5690 \text{ lb}$$

$$= 191,6731 \text{ kg}$$

h. Berat attachment

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

Dari Brownell & Young, halaman 157 :

$$W_a = 18\% W_s$$

Dimana :

W_a = berat attachment, lb

W_s = berat shell tangki = 1.336,2494 lb = 606,1093 kg

Sehingga :

$$W_a = 0,18 \times 1.336,2494$$

$$= 240,5249 \text{ lb}$$

$$= 109,0997 \text{ kg}$$

Berat total penyangga :

$$\begin{aligned} W_T &= W_s + W_{d(\text{atas})} + W_{d(\text{bawah})} + W_l + W_p + W_i + W_c + W_a \\ &= 1.336,2494 + 678,1275 + 1.119,4168 + 27.331,7524 + 27,2105 \\ &\quad + 520,9891 + 422,5690 + 240,5249 \\ &= 31.676,8395 \text{ lb} = 14.368,2976 \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan adalah 10%, maka berat total beban

$$\text{penyangga} = 1,1 \times 31.676,8395$$

$$= 34.844,5235 \text{ lb} = 15.805,1274 \text{ kg}$$

6.7. Perhitungan Kolom Penyangga Tangki (Leg)

Perencanaan :

Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan)

Jenis kolom yang digunakan : I beam

Dasar Perhitungan :

a. Beban tiap kolom

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

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

Dimana :

P = beban tiap kolom, lb

P_w = total beban permukaan karena angin, lb

H = tinggi vessel dari pondasi, ft

L = jarak antara vessel dengan dasar pondasi, ft

D_{bc} = diameter anchor bolt circle, ft

n = jumlah support

$\sum W$ = berat total, lb

P = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg, lb

Tangki diletakkan didalam ruangan, sehingga tidak dipengaruhi adanya tekanan angin (beban tekanan angin tidak dikontrol).

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

$$P = \frac{\sum W}{n} = \frac{34.844,5235}{4} = 8.711,1039 \text{ lb}$$

Direncanakan :

- Jarak kolom penyangga dari tanah (L) = 5 ft
- Tinggi silinder (H) = 15,1873 ft = 182,2476 in.
- Panjang penyangga = $\frac{1}{2} (H + L)$
 $= \frac{1}{2} (15,1873 + 5)$
 $= 10,0936 \text{ ft} = 121,1238 \text{ in}$

Jadi tinggi penyangga (leg) = 10,0936 ft = 121,1238 in

b. Trial ukuran I beam

Trial ukuran I beam 5" ukuran 5 × 3 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

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

- Nominal size = 5 in
- Berat = 14,75 lb
- Area of section (A_y) = 4,29 in²
- Depth of beam (h) = 5 in
- Width of flange (b) = 3 in
- Axis (r) = 1,87 in

Analisa terhadap sumbu Y-Y

Dengan :

$$\frac{L}{r} = \frac{121,1238}{1,87}$$

$$= 64,7721$$

Karena L/r antara 60 – 200 , maka :

$$f_c \text{ aman} = \frac{18.000}{1 + \left(\frac{\left(\frac{L}{r} \right)^2}{18.000} \right)} = \frac{18.000}{1 + \left(\frac{(64,7721)^2}{18.000} \right)}$$

$$= 14.597,6053 \text{ psia}$$

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

$$A = \frac{P}{F_c} = \frac{8.711,1039}{14.597,6053}$$

$$= 0,5968 \text{ in}^2 < 4,29 \text{ in}^2 \text{ (memadai)}$$

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

Kesimpulan perancangan penyangga (leg) :

Ukuran I beam = 5 × 3 in

Berat = 14,75 lb

Jumlah penyangga = 4 buah

Peletakan beban dengan beban eksentrik.

6.8. Base Plate

Perencanaan :

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

Dasar Perhitungan :

a. Luas base plate

Rumus :

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

Dimana :

$$A_{bp} = \text{luas base plate, in}^2$$

$$P = \text{beban dari tiap-tiap base plate} = 8.711,1039 \text{ lb}$$

$$f_{bp} = \text{stress yang diterima oleh pondasi (bearing capacity yang terbuat dari beton} = 250 \text{ lb/in}^2$$

(Tabel 7-7, Hesse, hal. 162)

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{8.711,1039}{250} = 34,8445 \text{ in}^2$$

b. Panjang dan lebar base plate

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

Dimana :

$$A_{bp} = \text{luas base plate} = 34,8445 \text{ in}^2$$

$$p = \text{panjang base plate, in} = 2m + 0,95h$$

$$l = \text{lebar base plate, in} = 2n + 0,8b$$

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

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

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

Maka :

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

$$34,8445 = (2m + (0,95 \times 5)) \times (2n + (0,8 \times 3))$$

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

$$34,8445 = 4m^2 + 14,3 m + 11,40$$

$$0 = 4m^2 + 14,3 m - 23,4445$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{(-14,3) \pm \sqrt{(14,3)^2 - (4 \times 4) \cdot (-36,028)}}{2 \times 4}$$

$$m_1 = 1,2219 \quad \vee \quad m_2 = -4,7969$$

Diambil $m = m_1 = 1,2219$

Sehingga :

$$\text{Panjang base plate (p)} = 2m + 0,95h$$

$$= (2 \times 1,2219) + (0,95 \times 5) = 7,1937 \text{ in} \approx 8 \text{ in}$$

$$\text{Lebar base plate (l)} = 2n + 0,8b$$

$$= (2 \times 1,2219) + (0,8 \times 3) = 5,8650 \text{ in} \approx 6 \text{ in}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 8 in dan lebar base plate 6 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah 8 × 6 in dengan luas (A) = 48 in².

c. Peninjauan terhadap bearing capacity

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

Dengan :

$$f = \text{bearing capacity, lb/in}^2$$

$$P = \text{beban tiap kolom} = 8.711,1039 \text{ lb}$$

$$A = \text{luas base plate} = 34,8445 \text{ in}^2$$

Maka :

$$f = \frac{8.711,1039}{48} = 181,4819 \text{ lb/in}^2 < 250 \text{ lb/in}^2$$

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

d. Peninjauan terhadap harga m dan n

Panjang base plate (p)

$$p = 2m + 0,95h$$

$$8 = 2m + (0,95 \times 5)$$

$$m = 1,625$$

Lebar base plate (l)

$$l = 2n + 0,8b$$

$$6 = 2n + (0,8 \times 3)$$

$$n = 1,80$$

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

n.

e. Tebal base plate

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

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

Dengan :

- t = tebal base plate, in
- p = actual unit pressure yang terjadi pada base late = 805,2466 psi
- n = 1,80 in

Tebal base plate :

$$t = \sqrt{0,00015 \times 805,2466 \times 1,80^2} = 0,6256 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

f. Ukuran baut

Beban tiap baut :

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}} = \frac{8.711,1039}{4} = 2.177,7827 \text{ lb}$$

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

Dimana : f_{baut} = stress tiap baut max = 15.000 lb/in²

$$A_{\text{baut}} = \frac{2.177,7827}{15.000} = 0,1452 \text{ in}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot db^2$$

$$0,1452 = \frac{1}{4} \times \pi \times db^2$$

$$0,1452 = 0,785 \times db^2$$

$$db^2 = 0,11512$$

$$db = 0,376 \text{ in} \approx 0,5 \text{ in}$$

Dari tabel 10.4, Brownell & Young, hal. 188 diperoleh ukuran baut $\frac{1}{2}$ in dengan dimensi baut sebagai berikut :

- Ukuran baut : $\frac{1}{2}$ in
- Root area : 0,126
- Bolt spacing min : $1 \frac{1}{4}$ in
- Min radial distance : $1 \frac{3}{16}$ in
- Edge distance : $\frac{5}{8}$ in
- Nut dimension : $\frac{7}{8}$ in
- Max filled radius : $\frac{1}{4}$ in

6.9. Perhitungan Lug dan Gusset

Perencanaan :

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

Dasar Perhitungan :

a. Tebal plate horisontal

Rumus :

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 M_o}{f_{all}}}$$

$$M_o = \frac{\beta^2 \cdot t^2 \cdot P \cdot B \cdot R^2}{12 \cdot (1 - \mu) \cdot A \cdot h}$$

$$\beta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot (1 - \mu)}{R^2 \cdot t^2}}$$

Keterangan :

t_{hp} = tebal plate horisontal, in

M_o = bending moment (axial), lb.in

f_{all} = stress axial = 15.000 lb/in²

t = tebal shell = 3/16 in = 0,1875 in

P = gaya axial, ($\Sigma W/n$), lb

B = jarak dari sumbu tebal shell ke sumbu penyangga, in

R = jari-jari vessel = (41,8125) in

μ = poisson ratio = 0,3 (untuk baja)

A = lebar lug (horisontal plate), in

h = tinggi gusset = tinggi lug, in

Mencari β :

$$\beta = \sqrt[3]{\frac{3 \times (1-0,3)^2}{41,8125^2 \times \left(\frac{3}{16}\right)^2}} = 0,3542$$

$$B = \frac{1}{2} t_s + 1 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} b' = \frac{1}{2} (0,1875) + 1 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} (3) \\ = 3,0938 \text{ in}$$

$$A = h' + 2 db = 5 + (2 \times \frac{1}{2}) = 6 \text{ in}$$

$$h = \left(\frac{8}{4}\right) \cdot l = \left(\frac{8}{4}\right) \cdot (b' + 2 db) \\ = \left(\frac{8}{4}\right) \times (3 + 2 \times \frac{1}{2}) = 8 \text{ in}$$

Bending moment (axial) :

$$M_o = \frac{0,354^2 \times \left(\frac{3}{16}\right)^2 \times 2.177,7827 \times 3,0938 \times 41,8125^2}{12 \times (1-0,3) \times 6 \times 8} = 45,6218$$

Tebal plate horisontal :

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times 45,6218}{15.000}}$$

$$= 0,1351 \times \frac{16}{16} = \frac{2,1614}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

b. Tebal plate vertikal

$$t_g = \frac{3}{8} \times t_{hp}$$

$$= \frac{3}{8} \times \frac{3}{16} = 0,0703 \times \frac{16}{16} = \frac{1,125}{16} \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Kesimpulan perancangan lug dan gusset :

Lug :

Lebar = 6 in

Tebal = 3/16 in

Tinggi = 8 in

Gusset :

Lebar = 6 in

Tebal = 2/16 in

Tinggi = 8 in

6.10. Perhitungan Pondasi

Perencanaan :

Beban total yang harus ditahan pondasi :

- Berat reaktor total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan :

- Masing-masing penyangga diberi pondasi
- Spesifik untuk semua penyangga sama

Dasar Perhitungan :

$$W = 8.711,1039 \text{ lb}$$

a. Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus:

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

Dimana :

$$p = \text{panjang base plate} = 8 \text{ in} = 0,6667 \text{ ft}$$

$$L = \text{lebar base plate} = 6 \text{ in} = 0,5 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal base plate} = 1 \text{ in} = 0,0833 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 489 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Tabel 2-118, Perry edisi 7,$$

hal. 2-119)

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$W_{bp} = 0,6667 \times 0,5 \times 0,0833 \times 489$$

$$= 13,5833 \text{ lb}$$

b. Beban tiap penyangga

Rumus :

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

Dimana :

$$L = \text{tinggi kolom} = 10,0936 \text{ ft} = 121,1238 \text{ in}$$

$$A = \text{luas kolom I beam} = 4,29 \text{ in}^2 = 0,0289 \text{ ft}^2$$

$$F = \text{faktor koreksi} = 1$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 489 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Tabel 2-118, Perry edisi 7, hal. 2-119)}$$

Beban tiap penyangga :

$$\begin{aligned} W_p &= 10,0936 \times 0,0289 \times 1 \times 489 \\ &= 147,0445 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Beban total

$$\begin{aligned} W_T &= W + W_{bp} + W_p \\ &= 8.711,1039 + 13,5833 + 147,0445 = 8.871,7597 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

$$\text{Luas atas} = (20 \times 20) \text{ in}$$

$$\text{Luas bawah} = (40 \times 40) \text{ in}$$

$$\text{Tinggi} = 30 \text{ in}$$

Luas permukaan tanah rata-rata :

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

Volume pondasi :

$$V = \text{luas alas} \times t$$

$$= 800 \times 30 = 24.000 \text{ in}^3 = 13,8889 \text{ ft}^3$$

Berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

$$\rho = \text{densitas semen} = 144 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Tabel 2-118, Perry edisi 7, hal. 2-119})$$

Maka :

$$W = 13,8889 \times 144$$

$$= 2.000 \text{ lb}$$

Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft²
- Save bearing maximum = 10 ton/ft²

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$P = 10 \text{ ton/ft}^2 = 20.000 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 138,8889 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan pada tanah :

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

Dimana :

$$W = \text{berat beban total} + \text{berat pondasi}$$

$$A = \text{luas bawah pondasi} = 40 \times 40 = 1.600 \text{ in}^2$$

Sehingga :

$$P = \frac{8.871,7597 + 2.000 \text{ lb}}{1.600 \text{ in}^2}$$

$$P = 6,7948 \text{ lb/in}^2 < 138,8889 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan oleh tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (20 × 20) in luas atas dan (40 × 40) in luas bawah dengan tinggi pondasi 30 in dapat digunakan.

Spesifikasi Tangki Pencampuran :

1. Fungsi : Untuk mencampur larutan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dengan Asam Fosfat (H_3PO_4)
2. Jumlah : 1 buah
3. Type : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standard dishead dan tutup bawah berbentuk conocal dengan sudut 60°
4. Perlengkapan : Pengaduk dan Coil pemanas
5. Kondisi operasi :
 - Temperatur = 90°C
 - Tekanan = 1 atm
 - Waktu operasi = 1 jam
 - Fase = Liquid – Liquid
 - Densitas campuran = $86,7970 \text{ lb/ft}^3$
6. Bahan konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M type 316

7. Allowable : 18.750

8. Jenis pengelasan : Double welded butt joint. E = 0,8

9. Faktor korosi : $\frac{1}{16}$

10. Bahan masuk : 12.397,4096 kg/jam = 27.331,7524 lb/jam

11. Dimensi tangki :

- Di (diameter dalam) = 83,6250 in
- Do (diameter luar) = 84 in
- t_s (tebal silinder) = 3/16 in
- L_s (tinggi silinder) = 95,6936 in
- t_{ha} (tebal tutup atas) = 3/16 in
- h_a (tinggi tutup atas) = 14,1326 in
- t_{hb} (tebal tutup bawah) = 3/16 in
- h_b (tinggi tutup bawah) = 78,4565 in
- Tinggi tangki = 182,2476 in
- Jumlah = 1 buah

12. Dimensi pengaduk :

- Jenis pengaduk = Axial turbin 4 blades sudut 45°
- Bahan impeller = Stainless steel SA 240 Grade M type 316.
- Diameter impeller = 27,8750 in
- Tinggi impeller = 25,0875 in
- Panjang impeller = 9,2917 in
- Lebar impeller = 4,7388 in
- Tebal blades = 6,9688 in

- Daya pengaduk = 4 Hp
- Diameter poros = 1,1413 in
- Panjang poros = 94,0303 in
- Jumlah pengaduk = 1 buah

13. Nozzle untuk pemasukan larutan natrium karbonat

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 1 ½ in
- Diameter luar flange (A) = 5 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1 1/16 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 2 7/8 in
- Diameter hubungan atas (E) = 2 9/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,90 in
- Panjang julakan (L) = 2 7/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 1,61 in

14. Nozzle untuk pemasukan asam fosfat

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 2 in
- Diameter luar flange (A) = 6 in
- Ketebalan flange minimum (T) = ¾ in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 3 5/8 in
- Diameter hubungan atas (E) = 3 1/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 2,38 in
- Panjang julakan (L) = 2 ½ in

- Diameter dalam flange (B) = 2,07 in

15. Nozzle untuk pengeluaran gas CO₂

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = ¾ in
- Diameter luar flange (A) = 3 7/8 in
- Ketebalan flange minimum (T) = ½ in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 1 1/16 in
- Diameter hubungan atas (E) = 1 ½ in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,05 in
- Panjang julakan (L) = 2 1/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 0,82 in

16. Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran coil pemanas

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = ¾ in
- Diameter luar flange (A) = 3 7/8 in
- Ketebalan flange minimum (T) = ½ in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 1 1/16 in
- Diameter hubungan atas (E) = 1 ½ in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,05 in
- Panjang julakan (L) = 2 1/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 0,82 in

17. Nozzle untuk pengeluaran produk

- Type = Welding neck
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 2 ½ in
- Diameter luar flange (A) = 7 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 7/8 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 4 1/8 in
- Diameter hubungan atas (E) = 3 3/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 2,88 in
- Panjang julukan (L) = 2 ¾ in
- Diameter dalam flange (B) = 2,47 in

18. Nozzle untuk handhole

- Type = Welding neck
- Ukuran pipa nominal (NPS) = 10 in
- Diameter luar pipa = 16 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1 13/16 in
- Diameter bagian lubang menonjol (R) = 12 ¾ in
- Diameter hubungan pada alas (E) = 12 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 10,75 in
- Panjang julukan (L) = 4 in
- Diameter dalam flange (B) = 10,02 in
- Jumlah lubang baut = 12 buah
- Diameter baut = 7/8 in

19. Coil Pemanas

- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Gr. M type 316.
- Panjang coil = 374,6738 ft
- Jumlah lilitan = 26 lilitan
- Diameter coil = 0,824 in
- Tinggi coil = 64,8 in = 8,166 ft

20. Flange

- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 240 Gr. M type 316
- Tensile strength minimum = 75.000 psia
- Allowable stress (f) = 18.750
- Tebal flange = 14,2076 in
- Diameter dalam (D_i) flange = 84 in
- Diameter luar (D_o) flange = 84,4383 in
- Type flange = Ring flange loose type

21. Bolting

- Bahan konstruksi = High Alloy Steel SA 193 Gr.B8c type 347
- Tensile strength minimum = 75.000 psia
- Ukuran baut = 2 in
- Jumlah baut = 16 buah
- Allowable stress (f) = 15.000

22. Gasket

- Bahan gasket = Asbestos filled
- Lebar (L) = 0,2191 in

- Tebal gasket (n) = 3/16 in
- Gasket factor (m) = 3,75
- Diameter rata-rata = 84,1875 in

23. Sistem Penyangga

- Jenis = Kolom I beam
- Jumlah = 4 buah
- Panjang (L) = 121,1238 in
- Ukuran Nominal Pipa (NPS) = 5 in
- Area of section (Ay) = 4,29 in²
- Depth of beam (h) = 5 in
- Width of flange = 3 in
- Axis (r) = 1,87 in

24. Base Plate

- Bahan = Cast iron
- Panjang (p) = 8 in
- Lebar (l) = 6 in
- Tebal (t) = 1 in
- Ukuran baut = ½ in
- Jumlah baut = 4

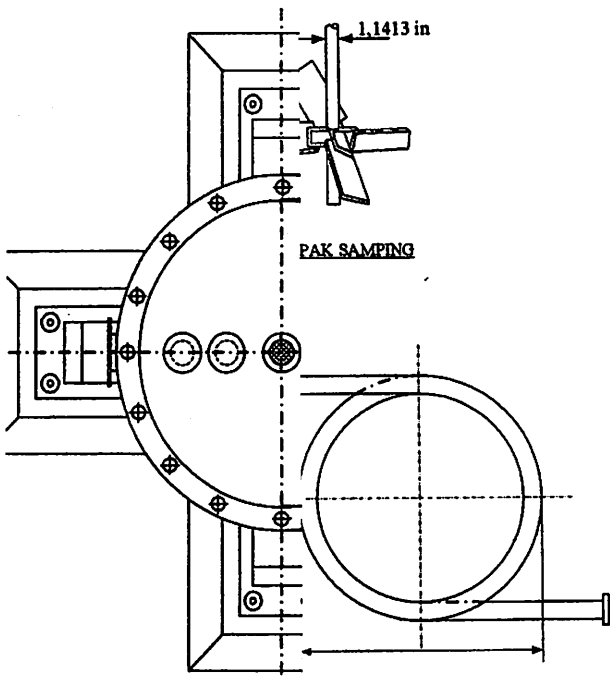
25. Lug dan Gusset

- Tebal plate horisontal = 3/16 in
- Tebal plate vertikal = 3/16 in
- Lebar lug dan gusset = 6 in

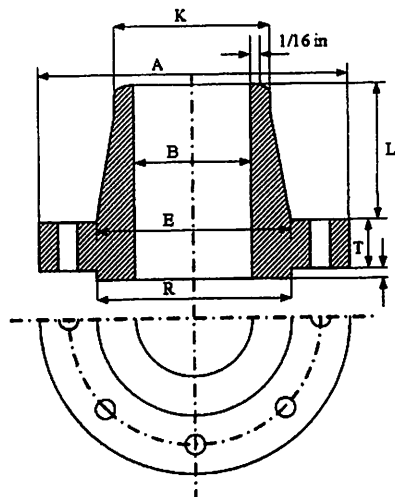
- Tebal lug = 3/16 in
- Tebal gusset = 2/16 in
- Tinggi lug dan gusset = 8 in

26. Sistem Pondasi

- Bahan = Cement, Sand dan Gravel
- Luas atas = (20 in × 20) in
- Luas bawah = (40 in × 40) in
- Tinggi Pondasi = 30 in

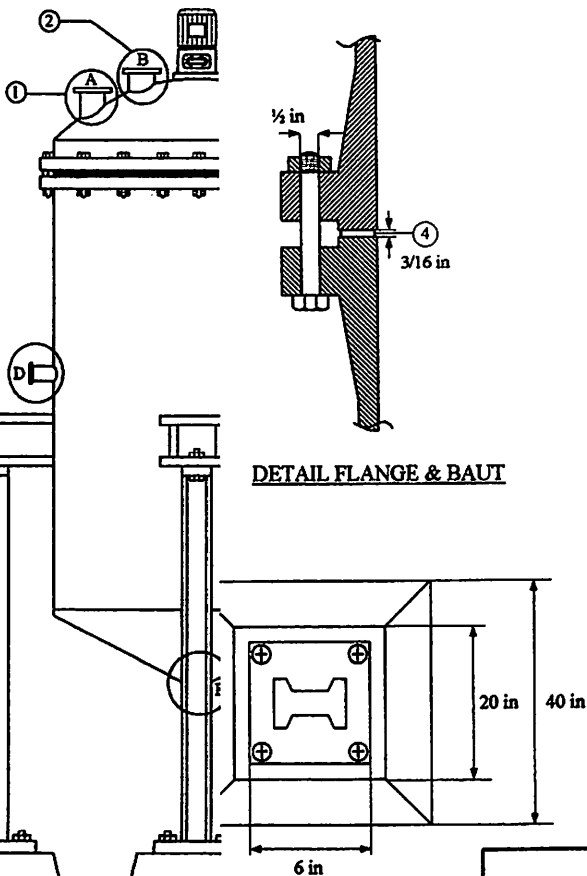


TAMPAK TAMPAK ATAS



DETAIL LUBANG

NOZZLE	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	1 1/4	5	1 1/16	2 7/8	2 9/16	1,90	2 7/16	1,61
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/4	2,67
C	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	2 1/16	0,82
D	3/4	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/4	1,05	2 1/16	0,82
E	2 1/2	7	7/8	4 1/8	3 3/16	2,88	2 3/4	2,47
F	10	16	1 3/16	12 3/4	12	10,75	4	10,02



DETAIL FLANGE & BAUT

TAMPAK ATAS

TAMPAK SAMPING BASE PLATE

20.	PONDASI	CEMENT SAND AND GRAVEL
19.	BASE PLATE	CAST IRON
18.	PENYANGGA	CARBON STEEL
17.	NOZZLE PRODUK	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
16.	TUTUP BAWAH	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
15.	PENGADUK	HAS SA 240 GRADE B T YPB 347
14.	COIL PEMANAS	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
13.	NOZZLE KONDENSAT	HAS SA 240 GRADE C TYPE 347
12.	LUG AND GUSSET	CARBON STEEL
11.	NOZZLE SUPPLY STEAM	HAS SA 240 GRADE C TYPE 347
10.	SILINDER	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
9.	HAND HOLE	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
8.	POROS PENGADUK	HOT ROLLER STEEL SAE 1020
7.	FLANGE	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
6.	GASKET	ASBESTOS FILLED
5.	BAUT	HAS SA 193 GRADE B8c TYPE 347
4.	TUTUP ATAS	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
3.	NOZZLE CO ₂ KELUAR	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
2.	NOZZLE Na ₂ CO ₃ MASUK	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
1.	NOZZLE H ₃ PO ₄ MASUK	HAS SA 240 GRADE M TYPE 316
No.	KETERANGAN	BAHAN

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA
 TANGKI PENCAMPURAN

DI RANCANG OLEH

DOSEN PEMBIMBING

BIRON FREDRIK RUMANGUN 04.14.049

Ir. BAMBANG SUSILA HADI
 NIP. 103 900 0210

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Rotary Kiln (B-160)

Fungsi : Mengkalsinasi Natrium Dihidrogenfosfat (NaH_2PO_4) menjadi Natrium Hexametafosfat ($(\text{NaPO}_3)_6$).

6.1. Prinsip Kerja

Rotary kiln merupakan sebuah silinder yang berputar dan sedikit membentuk sudut pada horizontal. Putaran pada silinder disebabkan oleh kerja roda gigi yang dihubungkan dengan motor penggerak. Fees masuk pada ujung silinder yang lebih tinggi, dengan bantuan perputaran shell dan slope dari silinder, dan produk akan keluar pada ujung yang lainnya.

Udara panas yang dihasilkan burner masuk dari ujung yang lebih rendah dengan bantuan blower. Udara panas ini akan kontak langsung dengan bahan baku secara counter-current, dan diharapkan efisiensi panas yang diperoleh lebih besar.

6.2. Kondisi Operasi

- Rate feed = 4.710,6692 kg/jam = 10.385,1412 lb/jam
- Rate produk = 4.085,3759 kg/jam = 9.006,6197 lb/jam
- Rate udara kering masuk = 71.518,1987 kg/jam = 157.669,0208 lb/jam
- Suhu feed = $130^\circ\text{C} = 266^\circ$
- Suhu produk = $620^\circ\text{C} = 1.148^\circ\text{F}$
- Suhu udara panas masuk = $850^\circ\text{C} = 1.562^\circ\text{F}$
- Suhu udara panas keluar = $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$

- Rate fuel oil = 1.497,8464 kg/jam = 3.302,1522 lb/jam
- Heating Value = 10.147,137 kkal/jam

6.3. Tahapan Perancangan

Perancangan rotary kiln meliputi :

6.3.1. Perancangan dimensi rotary kiln dan bahan konstruksinya

- a. Menghitung diameter silinder
- b. Menghitung volume bahan
- c. Menghitung panjang silinder
- d. Menghitung tebal shell
- e. Menghitung kecepatan putar rotary kiln
- f. Menentukan slope rotary kiln
- g. Menghitung dimensi hopper rotary kiln
- h. Menghitung sudu-sudu rotary kiln

6.3.2. Perancangan penggerak rotary kiln

- a. Menentukan jumlah gigi dan putaran pinion
- b. Menentukan pitch line velocity dari gear dan pinion
- c. Menghitung safe strenght dari gear dan pinion
- d. Menghitung tenaga yang ditransmisikan oleh gear drive ke pinion
- e. Menghitung batas pemakaian muatan gear drive
- f. Menentukan berat beban total
- g. Menghitung tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kiln
- h. Putaran reducer

6.3.3. Perancangan poros penyangga dan roll supporting

- Menghitung roll supporting
- Menghitung thrust roller dan bearing

6.3.4. Perancangan sistem pondasi

6.3.1. Perancangan dimensi rotary kiln dan bahan konstruksinya

a. Menghitung diameter silinder

Kebutuhan panas total untuk rotary kiln (Q_t) = 15.198.852,5377 kkal/jam

Perpindahan panas :

$$Q_t = U_a \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-53})$$

dimana :

Q = Panas total (J/s)

U_a = Koefisien transfer panas volumetrik (J/s.m³.K)

$$= 25 - 60 \text{ KJ/m}^3 \cdot \text{s} \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-58})$$

V = Volume rotary kiln (m³)

ΔT = Perbedaan suhu gas panas masuk dan solid keluar (K)

Dalam perancangan diambil :

$$U_a = 60 \text{ KJ/m}^3 \cdot \text{s} = \frac{25000 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s}}{383 \text{ K}} = 156,6580 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{K}$$

$$\text{Maka : } V = \frac{Q}{U_a \times \Delta T} = 294,4074 \text{ m}^3$$

$$Q = \left[\frac{0,5 \times G^{0,67}}{D} \right] \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-54})$$

dimana :

Q = panas total (Btu/jam)

G = rate media pemanas (lb/jam.ft²)

D = diameter (ft)

V = Volume dryer (ft³)

ΔT = Perbedaan suhu gas panas masuk dan solid keluar (K)

$$G = 0,5 - 5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-55})$$

$$= 400 - 4.000 \text{ lb/jam.ft}^2$$

Dalam perancangan diambil :

$$G = 2.500 \text{ lb/jam.ft}^2$$

maka :

$$D = \left[\frac{0,5 \times G^{0,67}}{Q} \right] \times V \times \Delta T$$

$$D = \left[\frac{0,5 \times 2.500^{0,67}}{60.339.444,5745} \right] \times 10.396,9091 \times 383 = 6,2387 \text{ ft} = 1,9015 \text{ m}$$

Dari Ulrich, tabel 4.10, hal.132, diketahui range diameter rotary kiln

(direct) adalah 1 – 4 m, sehingga ukuran diameter memenuhi.

b. Menghitung volume bahan

Rate bahan masuk = 4.710,6692 kg/jam = 10.385,1412 lb/jam

Densitas bahan = 119,5495 lb/ft³

Diasumsikan waktu tinggal = 900 menit = 1,5 jam

Berat bahan (m) = 10.385,1412 × 1,5 = 15.577,7119 lb

$$\text{Volume bahan} = \frac{m}{\rho} = \frac{15.577,7119}{119,5495} = 130,3034 \text{ ft}^3 = 3,6898 \text{ m}^3$$

c. Menghitung panjang silinder

Volume bahan = 3 % - 12% dari volume rotary kiln

maka diambil 5% :

volume bahan = 5% volume rotary kiln

$$3,6898 = 5\% \times \text{volume rotary kiln}$$

$$\text{volume rotary kiln} = 73,7956 \text{ m}^3$$

$$\text{volume rotary kiln} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$73,7956 \text{ m}^3 = \frac{3,14}{4} \times 1,9015^2 \times L$$

$$L = 25,9985 \text{ m}$$

Dari Ulrich, tabel 4.10, hal.132, diketahui range panjang rotary kiln (direct) adalah 10 – 160 m dan perbandingan $L/D = 10 - 40$.

Maka perbandingan ukuran panjang dan diameter memenuhi.

$$\text{Kecepatan solid} = \frac{\text{panjang kiln}}{\text{waktu tinggal}} = \frac{25,9985 \text{ m}}{54000 \text{ s}} = 0,003 \text{ m/s}$$

Dari Ulrich, tabel 4.10, hal.132, diketahui range kecepatan solid = 0,002 m/s – 0,006 m/s, sehingga waktu tinggal digunakan 90 menit.

d. Menghitung tebal shell

Shell dari rotary kiln terbuat dari high alloy steel SA 240 Grade M tipe 316. Untuk pengelasan dipakai welded but joint tanpa backing up strip dengan $E = 0,7$ dan $t_s < 5/8''$ (Brownel, hal 342-343)

$$t_s = \frac{P_i \times D_i}{2(fE - 0,6P)} + C$$

dimana :

t_s = tebal shell (dinding berbentuk silinder)

P_i = tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psia

D_i = diameter dalam kiln (ft)

S = allowable stress

E = 0,7

C = faktor korosi minimal = 2/16"

Tensile stress yang diijinkan dengan persamaan :

$$S = S_u \times f_m \times f_a \times f_r \times f_s \quad (\text{Hesse, hal 84})$$

dimana :

S_u = ultimate strenght 45.000 – 75.000 psi (Hesse, hal 81)

f_m = material faktor = 1

f_a dan f_r = 1 (dianggap tidak ada faktor radiograph dan relieving)

f_s = faktor koreksi, berhubungan dengan safety factor

$$= 6,2\% \quad (\text{Hesse, hal 84})$$

diambil $S_u = 45.000$ psi, maka :

$$S = 45.000 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,062 = 2.790 \text{ psi}$$

sehingga :

$$t_s = \frac{14,7 \times 74,8640}{2 \times ((2.790 \times 0,7) - (0,6 \times 14,7))} + \frac{2}{16}$$

$$= 0,4080 \text{ in} = \frac{6,5284}{16} \text{ in} \approx \frac{7}{16} = 0,034 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar shell (Do)} = D_i + 2t_s = 6,2387 + (2 \times 0,034)$$

$$= 6,3067 \text{ ft} = 1,9223 \text{ m}$$

Isolasi yang dipakai adalah hard brick, dengan tebal isolasi 6,5 in = 0,1651 m, maka diameter kiln terisolasi = 1,9223 + 0,1651 = 2,0874 m

e. Menghitung kecepatan putar rotary kiln

$$\text{Persamaan : } N = \frac{V}{\pi \times D_o}$$

dimana :

N = jumlah putaran rotary kiln (rpm)

V = kecepatan peripheral = 30 – 150 ft/menit (*Perry's 3rd ed, hal.832*)

diambil 100 ft/menit

D_o = diameter kiln (ft)

sehingga :

$$N = \frac{100}{3,14 \times 6,3067} = 5,0498 \text{ rpm}$$

$$N \times D_o = 25 - 35 \quad (\text{Perry's 3rd ed, hal.832})$$

$$N \times D_o = 5,0467 \times 6,3067 = 32 \text{ (memenuhi)}$$

f. Menentukan slope rotary kiln

$$\theta = \frac{0,19 L}{NDS} \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-60})$$

dimana :

θ = waktu tinggal (menit)

L = panjang dryer (ft)

D = diameter dalam isolasi (ft)

S = slope kiln (in/ft)

N = putaran kiln (rpm)

sehingga :

$$S = \frac{0,19 \text{ L}}{ND\theta}$$

$$= \frac{0,19 \times 85,2968}{5,0498 \times 6,3067 \times 90} = 0,0057 \text{ ft/ft} = 0,0679 \text{ in/ft}$$

Dari Perry's 3rd ed, hal.832, range slope rotary kiln = 0 – 0,8 ft/ft, maka slope memenuhi.

g. Menghitung dimensi hopper rotary kiln

$$\text{Rate feed} = 4.710,6692 \text{ kg/jam} = 10.385,1412 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ bahan} = 119,5495 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{rate feed}}{\rho}$$

$$= \frac{10.385,1412}{119,5495} = 86,8690 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0241 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Asumsi waktu tinggal di hopper = 40 s

$$\text{Volume} = 0,0241 \text{ ft}^3/\text{s} \times 40 \text{ s} = 0,9652 \text{ ft}^3$$

Faktor keamanan = 20 %

$$\text{Kapasitas total (V)} = (1 + 0,2) \times 0,9652 = 1,1583 \text{ ft}^3$$

Direncanakan corong berbentuk kerucut terpancung dengan ketentuan :

$D_{\text{luar}} = 2 \text{ ft}$ dan $D_{\text{dalam}} = 0,5 \text{ ft}$, maka :

$$V = \frac{\pi}{3} \times r^2 \times t$$

$$1,1583 = \frac{3,14}{3} \times (1 - 0,25)^2 \times t$$

$$t = 3,7064 \text{ ft}$$

h. Menghitung sudu-sudu (flight)

$$\text{Jumlah flight (n)} = 0,6 D_o - 1 D_o \quad (\text{Perry's 7th ed, hal.12-56})$$

$$= 0,7 \times 6,3067 = 4,4147 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Tinggi radial flight} = 1/12 D_o - 1/8 D_o$$

$$= 1/12 \times 6,3067 = 0,5256 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak antar sudu-sudu (L)} = D_o \times \sin \frac{1}{2} \beta$$

dimana :

$$L = \text{jarak antar sudu-sudu (ft)}$$

$$\beta = \text{sudut apit fisik pusat} = \frac{360^\circ}{\text{jumlah flight}} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

$$D_o = \text{diameter luar kiln (ft)}$$

maka :

$$L = 6,3067 \times \sin (1/2 \times 90^\circ) = 6,3067 \times \sin 45^\circ = 4,4588 \text{ ft}$$

6.3.2. Perancangan Penggerak Rotary Kiln

Untuk menggerakkan rotary kiln, digunakan gear drive, yaitu suatu roda gigi yang digerakkan oleh pinion, sedangkan pinion sendiri digerakkan oleh motor.

$$D_g = \frac{N_g \times P_c}{\pi} \quad (\text{Hesse, pers. 15-1, hal. 420})$$

$$D_g = \frac{N_g}{P_d} \quad (\text{Hesse, pers. 15-1, hal. 420})$$

$$\pi = P_c \times P_d \quad (\text{Hesse, pers. 15-1, hal. 421})$$

dimana :

$$D_g = \text{diameter gear}$$

$$P_c = \text{circular pitch}$$

N_g = jumlah gigi dari gear

P_d = rasio dari jumlah gigi gear terhadap pitch diameter

Range dari circular pitch (P_c) adalah $1 \frac{3}{4} - 2$ in (*Hesse, hal. 420*)

Ditetapkan $P_c = 2$ in, maka :

$$\pi = P_c \times P_d$$

$$P_d = \frac{3,14}{2} = 1,57 \text{ in}$$

Ditetapkan $D_g = 100$ in (*Hesse, hal 433*)

Jumlah gigi gear :

$$N_g = D_g \times P_d$$

$$= 100 \times 1,57 = 157 \text{ buah}$$

a. Menghitung jumlah gigi dan putaran pinion

Jumlah gigi pinion :

$$N_p = \text{putar } 1/5 \times N_g$$

$$N_p = 1/5 \times 157 \text{ buah} = 31,4 \approx 32$$

Diameter pinion :

$$D_p = \frac{N_p \times P_c}{\pi} \quad (\text{Hesse, pers. 15-1, hal. 420})$$

dimana :

D_p = diameter pinion

P_c = circulation pitch

N_p = jumlah gigi dari pinion

maka :

$$D_p = \frac{32 \times 2}{3,14} = 20,3822 \text{ in}$$

Putaran pinion :

$$\frac{np}{N} = \frac{D_g}{D_p} \quad (\text{Hesse, pers. 14-1, hal. 385})$$

$$np = \frac{D_g}{D_p} \times N$$

dimana :

np = putaran pinion

N = putaran gear

D_g = diameter gear

D_p = diameter pinion

$$np = \frac{100}{20,3822} \times 5,0498 \text{ rpm} = 24,7754 \text{ rpm}$$

b. Menghitung pitch line velocity dari gear dan pinion

- Untuk pitch line velocity gear adalah :

$$V_m = \frac{\pi \times N \times \text{RPM}}{12 \times P_d} \quad (\text{Hesse, hal. 433})$$

dimana :

N = jumlah gigi gear

RPM = putaran gear

P_d = rasio dari jumlah gigi gear terhadap pitch diameter

maka :

$$V_m = \frac{3,14 \times 157 \times 5,0498}{12 \times 1,57} = 132,1353 \text{ ft/menit}$$

- Untuk pitch line velocity pinion adalah :

$$V_m = \frac{\pi \times N \times \text{RPM}}{12 \times P_d} \quad (\text{Hesse, hal. 433})$$

dimana :

N = jumlah gigi pinion

RPM = putaran pinion

P_d = rasio dari jumlah gigi gear terhadap pitch diameter

maka :

$$V_m = \frac{3,14 \times 32 \times 24,7754}{12 \times 1,57} = 129,6578 \text{ ft/menit}$$

c. Menghitung safe strenght dari gear dan pinion

$$F_s = \frac{S \times K \times b \times Y}{P_d} \quad (\text{Hesse, pers. 15-15, hal. 431})$$

dimana :

F_s = safe strenght (lb)

S = allowable stress (psi)

K = faktor kecepatan

b = lebar permukaan pinion dan gear (in)

Y = faktor permukaan gigi

P_d = rasio jumlah gigi dengan pitch diameter

Data-data :

Bahan konstruksi pinion dan gear adalah cast iron, maka allowable stress (S) = 30.000 psi (Hesse, tabel 15.1, hal. 430)

Untuk metallic gearing dengan pitch line velocity (V_m) \leq 1.000 ft/menit, mempunyai faktor kecepatan :

$$K = \frac{600}{(600 + V_m)} \quad (\text{Hesse, pers. 15.13, hal. 431})$$

- Untuk gear :

$$K = \frac{600}{(600 + 132,1353)} = 0,8195$$

- Untuk pinion :

$$K = \frac{600}{(600 + 129,6578)} = 0,8223$$

Lebar permukaan gear (b) :

Harga b = 9,5/Pd sampai 12,5/Pd, diambil 12,5/Pd (Hesse, hal. 431)

$$b = 12,5/1,57 = 7,9618 \text{ in} = 0,6635 \text{ ft}$$

Menentukan faktor permukaan gigi (Y) digunakan :

14,5° full length involute (Hesse, pers. 15.10, hal. 430)

- Untuk gear dengan jumlah gigi 157 buah :

$$\begin{aligned} Y &= 0,39 - (2,85/N) \\ &= 0,39 - (2,85/157) = 0,4676 \end{aligned}$$

- Untuk pinion dengan jumlah gigi 32 buah :

$$\begin{aligned} Y &= 0,39 - (2,85/N) \\ &= 0,39 - (2,85/32) = 0,3949 \end{aligned}$$

Jadi, Safe Strenght untuk :

$$\text{- Gear, } F_s = \frac{30.000 \times 0,8195 \times 7,9618 \times 0,4676}{1,57} = 58.295,5771 \text{ lb}$$

$$\text{- Pinion, } F_s = \frac{30.000 \times 0,8223 \times 7,9618 \times 0,3949}{1,57} = 49.407,4430 \text{ lb}$$

d. Menghitung tenaga yang ditransmisikan oleh gear drive ke pinion

Persamaan yang digunakan :

$$F = \frac{33.000 \text{ HP}}{V_m} \quad (\text{Hesse, pers. 15-12, hal. 430})$$

$$\text{HP} = \frac{F \times V_m}{33.000}$$

$$\text{HP} = \frac{49.407,4430 \times 129,6578}{33.000} = 194,1230 \text{ HP} \approx 194 \text{ HP}$$

e. Menghitung batas pemakaian muatan gear drive

Untuk menentukan apakah beban total yang diterima oleh gear drive pada rotary kiln ini memenuhi syarat atau tidak, maka perlu diperhitungkan batas pemakaian muatan gear drive terlebih dahulu.

Persamaan yang digunakan :

$$F_w = D_p \times b \times Q \times W \quad (\text{Hesse, pers. 15-16, hal. 432})$$

dimana :

F_w = batas muatan (lb)

D_p = diameter pinion (in)

b = lebar permukaan gear (in)

Q = Velocity ratio factor

W = konstanta kombinasi material (psi)

Untuk cast iron pinion dan gear, $W = 250$ (Hesse, tabel 15-2, hal. 432)

Faktor perbandingan kecepatan (Q) :

$$Q = \frac{2 N_g}{N_g + N_p} \quad (\text{Hesse, pers. 15-17, hal. 432})$$

$$Q = \frac{2 \times 157}{157 + 32} = 1,6614$$

maka :

$$\begin{aligned} F_w &= 20,3822 \times 7,9618 \times 1,6614 \times 250 \\ &= 67.401,3413 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi batas muatan yang diijinkan adalah 67.401,3413 lb

f. Menghitung Berat Beban Total

- Berat silinder (W_1)

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

dimana :

$$D_o = \text{diameter luar kiln} = 6,3067 \text{ ft}$$

$$D_i = \text{diameter dalam kiln} = 6,2387 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang kiln} = 25,9985 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas plate steel} = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 7th ed, hal. 2-119})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{3,14}{4} \times (6,3067^2 - 6,2387^2) \times 25,9985 \times 489 \\ &= 8.514,1847 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat flight (W_2)

$$W_2 = n \times L \times H \times t \times \rho$$

dimana :

$$n = \text{jumlah flight} = 4 \text{ buah}$$

$$H = \text{tinggi flight} = 0,5256 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang kiln} = 25,9985 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal flight} = 0,25 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas plate steel} = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 7th ed, hal. 2-119})$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 4 \times 25,9985 \times 0,5256 \times 0,25 \times 489 \\ &= 6.681,5198 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat gear (W₃)

$$W_3 = \frac{\pi}{4} \times (D_g^2 - D_o^2) \times b \times \rho$$

dimana :

$$D_g = \text{diameter gear} = 8,3333 \text{ ft}$$

$$D_o = \text{diameter luar kiln} = 6,3067 \text{ ft}$$

$$b = \text{lebar permukaan gear} = 0,6635 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas hardened steel} = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 7th ed, hal. 2-119})$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \frac{3,14}{4} \times (8,3333^2 - 6,3067^2) \times 0,6635 \times 489 \\ &= 7.556,6789 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat feed (W₄)

$$\begin{aligned} W_4 &= 10.385,1412 \text{ lb/jam} \times 90 \text{ menit} \times 1 \text{ jam}/60 \text{ menit} \\ &= 15.577,7119 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat isolasi (W₅)

$$W_5 = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

dimana :

$$D_o = \text{diameter luar isolasi} = 6,8483 \text{ ft}$$

$$D_i = \text{diameter dalam isolasi} = 6,3067 \text{ ft}$$

$$L = \text{panjang isolasi} = \text{panjang kiln} = 25,9985 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas isolasi} = 128 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 7th ed, hal. 2-119})$$

$$\begin{aligned} W_5 &= \frac{3,14}{4} \times (6,8483^2 - 6,3067^2) \times 25,9985 \times 128 \\ &= 18.614,4565 \text{ lb} \end{aligned}$$

Maka :

$$W_{\text{total}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$$

$$W_{\text{total}} = 56.944,5518 \text{ lb}$$

Berat total shell < batas muatan, sehingga rancangan shell memenuhi.

g. Menghitung tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kiln

$$\text{bhp} = \frac{N \times (4,57dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100.000}$$

dimana :

$$N = \text{putaran rotary kiln (rpm)}$$

$$d = \text{diameter luar isolasi (ft)}$$

$$w = \text{beban material (lb)}$$

$$D = \text{diameter riding ring (ft)}$$

$$W = \text{berat total (lb)}$$

$$\begin{aligned} \text{bhp} &= \frac{N \times ((4,57 \times 6,8521 \times 15.577,7199) + (0,1925 \times 8,33 \times 56.944,5518) + (0,33 \times 56.944,5518))}{100.000} \\ &= 29,1121 \approx 29 \text{ Hp} \end{aligned}$$

h. Putaran pada reducer

Putaran pada gear drive/pinion = 24,7754 rpm

Dipilih motor dengan putaran = 120 rpm

Untuk menghitung putaran reducer, digunakan persamaan :

$$N_2 = \sqrt{N_1 \times N_3} \text{ dan } i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_1}{N_3}$$

dimana :

i = perbandingan putaran

N_1 = putaran motor

N_2 = putaran reducer

N_3 = putaran gear drive

sehingga :

$$\begin{aligned} N_2 &= \sqrt{120 \times 24,7754} \\ &= \sqrt{2.973,0442} \\ &= 54,5256 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$i = \frac{120}{54,5256} = 2,2008$$

6.3.3. Perancangan Poros dan Roll Supporting

Dalam perancangan ini digunakan 4 roll supporting dengan 4 buah poros dengan sudut 30°.

Berat beban total (W) = 56.944,5518 lb

Setiap penyangga mempunyai beban vertikal (P) :

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

dimana :

$W = \text{berat total (lb)}$

$$a = L/5 = \frac{25,9985}{5} = 5,1997 \text{ ft}$$

maka :

$$P = \frac{56.944,5518}{5,1997} = 10.951,5209 \text{ lb/ft}$$

Beban yang langsung diterima oleh roll support (P_1) :

$$P/P_1 = \cos 30^\circ$$

$$P_1 = \frac{P}{\cos 30^\circ} = \frac{10.951,5209}{0,866} = 12.646,0980 \text{ lb}$$

Untuk faktor keamanan beban, ditambahkan 10%, maka :

$$P_1 = 1,1 \times 12.646,0980 = 13.910,7078 \text{ lb}$$

Direncanakan jenis poros support dibuat dari bahan forged or hot roller steel (20% carbon content). Dari Hesse, tabel 16-1, hal. 467 harga ultimate tensile 65.000 psi. Disini bagian yang berputar diikat tegak pada poros, sehingga poros ikut berputar bersama roll support.

Untuk menentukan diameter poros, maka berlaku persamaan :

$$D = \sqrt[3]{\frac{5,09}{s} \sqrt{KT^2 + BM^2}} \quad (\text{Hesse, pers. 16-5, hal. 467})$$

dimana :

$D = \text{diameter poros (in)}$

$T = \text{tensile (0)}$

$M = \text{momen} = P_1/2 = 6.955,3539 \text{ lb}$

K = faktor kelebihan beban tiba-tiba = 1

s = stress yang diijikan = 75% dari ultimate tensile (Hesse, hal. 466)

$$= 75\% \times 65.000 = 48.750 \text{ psi}$$

B = faktor momen = 1,5 – 3, diambil 1,5 (Hesse, hal. 467)

sehingga :

$$D = \sqrt[3]{\frac{5,09}{48.750} \sqrt{(1 \times 0)^2 + (1,5 \times 6.955,3539)^2}}$$

$$= \sqrt[3]{4,6426}$$

$$D = 1,6685 \text{ in} = 0,1390 \text{ ft}$$

Ukuran standard dari Hesse, hal. 464 adalah 5/16 – 2 7/16 in, jadi

ukuran diameter poros memenuhi.

Dari perhitungan diperoleh :

- Diameter poros = 1,6685 in = 0,1390 ft
- Panjang poros = 25 in = 2,0833 ft
- ρ carbon steel = 489 lb/ft³

$$\text{Berat poros} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \rho$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 0,1390^2 \times 2,0833 \times 489$$

$$= 15,4608 \text{ lb}$$

a. Menghitung roll support

Direncanakan :

Bahan = cast iron

Diameter luar (Do) = 5 in = 0,4167 ft

$$\text{Diameter dalam (Di)} = D_o - 2t$$

$$= 5 - (2 \times 3/16)$$

$$= 4,625 \text{ in} = 0,3854 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar roll support (b)} = \text{lebar riding ring} = 0,6635 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ cast iron} = 450 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 7th ed, hal. 2-119})$$

$$\text{Berat roll support} = \frac{\pi}{4} \times b \times (D_i^2 - D_o^2) \times \rho$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 0,6635 \times (0,4167^2 - 0,3854^2) \times 450$$

$$= 5,8746 \text{ lb}$$

b. Menghitung thrust roller dan bearing

Fungsi bearing atau bantalan adalah menumpu poros dan roll supporting.

Direncanakan bearing jenis roll (roller bearing):

$$\text{Beban yang diterima roll} = 13.910,7078 \text{ lb}$$

$$\text{Beban poros} = 15,4608 \text{ lb}$$

$$\text{Beban roll support} = \underline{5,8746 \text{ lb}} \quad +$$

$$\text{Beban total} = 13.932,0432 \text{ lb}$$

Dipakai 2 buah bearing, maka setiap bearing menerima beban sebesar :

$$\frac{13.932,0432}{2} = 6.966,0216 \text{ lb}$$

diketahui :

$$\text{diameter poros} = \text{diameter bearing} = 1 \frac{11}{16} \text{ in}$$

$$\text{RPM} = 5,0498 \text{ rpm}$$

dengan memplotkan kedua data, dari Hesse, fig.16-35, hal 499, didapatkan expectancy factor = 0,775

Pemilihan bearing :

dari tabel 16-8 hesse, dipilih dimensi bearing untuk diameter poros (shaft diameter) 1 11/16 in :

Type : Roller bearing pillow blocks

Overall length = 4 7/16 in

Bearing height = 2 5/16 in

Number of bolt = 2

Bolt diameter = 1/2 in

Length of base = 2 13/16 in

Width of base = 8 9/16 in

Transverse distance between bolts = 6 1/2 in

6.3.4. Perancangan Sistem Pondasi

Direncanakan sistem konstruksi pondasi beton tanpa tulang.

- Densitas beton = 140 lb/ft³
- Tegangan beton yang diijinkan tanpa penulangan 6 kg/m²
- Diasumsikan kondisi tanah adalah alluvial soil, dengan tegangan yang diijinkan : 0,5 – 1 ton/ft²
- Campuran beton terdiri dari perbandingan semen : kerikil : pasir = 1 : 2 : 3

Untuk itu diadakan perbaikan dengan cara tanah yang sudah digali selanjutnya dilapisi dengan :

- Pasir kasar 8 in
- Pecahan batu kali 6 in
- Kerikil atau pasir rata, kemudian disiram dengan air dan didapatkan sebagai dasar perhitungan disesuaikan dengan pondasi yang tahan terhadap getaran.

Perancangan :

- Bentuk pondasi limas terpancung dengan ukuran :

$$\text{Luas atas} = (7 \times 8) = 56 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas bawah} = (10 \times 12) = 120 \text{ ft}^2$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ ft}$$

- Volume pondasi (V)

$$\begin{aligned} V &= \left[\frac{1}{3} \times t \times (a + b + \sqrt{ab}) \right] \\ &= \left[\frac{1}{3} \times 2 \times (56 + 120 + \sqrt{56 \times 120}) \right] \\ &= 171,9837 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

- Berat pondasi (m)

$$\begin{aligned} m &= V \times \rho \\ &= 171,9837 \text{ ft}^3 \times 140 \text{ lb/ft}^3 = 24.077,7232 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat yang diterima tanah (P)

$$\begin{aligned} P &= \text{berat pondasi} + \text{berat yang diterima bearing} \\ &= 24.077,7232 + 13.932,0432 = 38.009,7665 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Tegangan tanah karena beban

$$\tau = \frac{P}{F} < 1 \text{ ton/ft}^2$$

dimana :

P = beban yang diterima tanah (lb)

F = luas alas (ft²)

sehingga :

$$\tau = \frac{38.009,7665}{120} = 316,7481 \text{ lb/ft}^2 = 0,1267 \text{ ton/ft}^2$$

$$\text{Untuk 3 pondasi} = 3 \times 0,1267 = 0,3801 \text{ ton/ft}^2$$

- **Menentukan slope atau sudut pondasi yang diijinkan pada tegangan**

- Lebar permukaan atas pondasi = 7 ft

- Lebar permukaan bawah pondasi = 8 ft

$$d = \frac{a}{57} \times \sqrt{P} \quad (\text{Hesse, hal. 334})$$

$$\tan \theta = \frac{a}{d} \quad (\text{Hesse, hal. 335})$$

dimana :

P = tegangan tanah karena beban

maka :

$$d = \frac{a}{57} \times \sqrt{316,7481} = 0,3122 a$$

$$\tan \theta = \frac{a}{0,3122 a} = 3,2027$$

Letak titik kekuatan pondasi terletak pada jarak 2 in diatas permukaan tanah. (Hesse, hal. 336)

$$\text{tinggi pondasi} = 2 \text{ ft} = 24 \text{ in} - 2 \text{ in} = 22 \text{ in}$$

$$\text{actual slope} = \tan \theta = \frac{(10 - 7) \times 12}{22 \times 2} = 0,8182$$

Dari hasil perhitungan diatas, ternyata sudut pondasi memenuhi syarat, dimana $\tan \theta$ terjadi $< \tan \theta$ perhitungan.

• **Ketahanan pondasi terhadap momen akibat gaya horizontal dan vertikal yang terjadi pada bearing**

- Beban horizontal (P_1) = $W \text{ total} \times \cos 3,8844$
 $= 56.944,5518 \times 0,9977 = 56.813,5794 \text{ lb}$
- Beban vertikal (P_2) = $W \text{ total} \times \sin 3,8844$
 $= 56.944,5518 \times 0,0677 = 3.855,1462 \text{ lb}$
- Momen akibat gaya horizontal (M_H) = $P_1 \times h$
 $= 56.813,5794 \text{ lb} \times (2 \times 12) \text{ in}$
 $= 1.363.525,9049 \text{ lb.in}$
- Momen akibat gaya vertikal (M_V) = $\Sigma P \times h$
 $= 3.855,1462 \text{ lb} \times (7 \times 12) \text{ in}$
 $= 323.832,2774 \text{ lb.in}$

Jadi ketahanan terhadap momen akibat gaya horizontal cukup kuat (tidak terangkat), karena momen horizontal lebih besar dari momen vertikal, sehingga ukuran pondasi memenuhi syarat.

DIMENSI ALAT :**a. Silinder (Shell)**

Jenis	: silinder horisontal
Diameter	: 6,8483 ft = 2,0874 m = 82 in
Panjang	: 85,2968 ft = 25,9985 m = 1.023 in
Tebal	: 7/16 in = 0,01 m
Kecepatan putar	: 5 rpm
Waktu tinggal	: 90 menit
Tenaga putar	: 29 Hp
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA 212 grade B
Sudut	: 3,9°
Jumlah	: 1

b. Corong Pemasukan (Hopper)

Bentuk	: kerucut terpancung
Diameter luar	: 24 in
Diameter dalam	: 6 in
Tinggi	: 3,7064 ft = 44,4769 in = 1,1 m
Jumlah	: 1 buah

c. Sudu – sudu (Flight)

Jenis	: flight 45° lip flight
Jarak antar flight	: 53,5379 in = 1,36 m
Tinggi	: 6,3105 in = 0,16 m
Jumlah	: 4 buah

d. Roda Gigi (Gear)

Jumlah gigi : 157 buah
Diameter : 100 in
Kecepatan putar : 5,0498 rpm
Bahan konstruksi : cast iron
Safe strenght : 58.295,5771 lb
Pitch line velocity : 132,1353 ft/menit
Daya motor : 233,4213 Hp

e. Gigi Penggerak (Pinion)

Jumlah gigi : 32 buah
Diameter : 20,4 in
Bahan konstruksi : cast iron
Safe strength : 49.407,4430 lb
Pitch line velocity : 129,6578 ft/menit
Daya motor : 194,1230 Hp

f. Poros Penyangga

Diameter : 1,6685 in = 0,04 m
Panjang : 25 in
Bahan konstruksi : forged or hor-roller steel (20% carbon content)
Berat poros : 15,4608 lb
Jumlah : 4 buah

g. Roll Suporting

Diameter : 5 in

Lebar : 8 in

Bahan konstruksi : cast iron

Berat roll : 5,8746 lb

Jumlah : 4 buah

h. Bearing

Tipe : roller bearing pillow block

Diameter : 1 11/16 in

Panjang : 3 7/8 in

Jumlah : 2 buah

i. Pondasi

Bentuk : limas terpancung

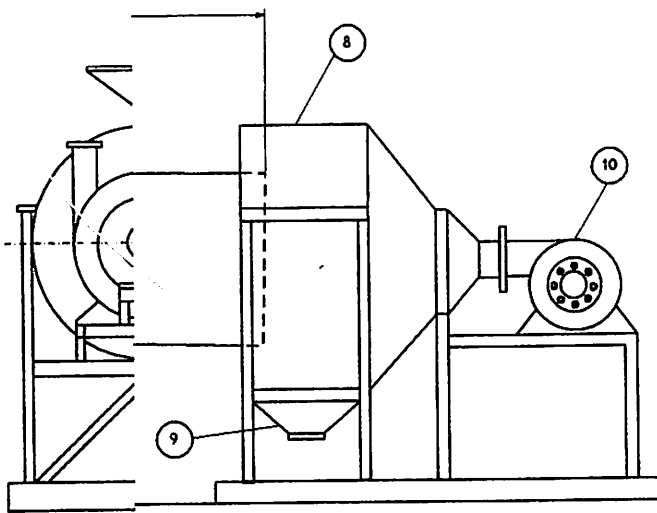
Bahan konstruksi : beton

Luas alas atas : (84 x 96) in

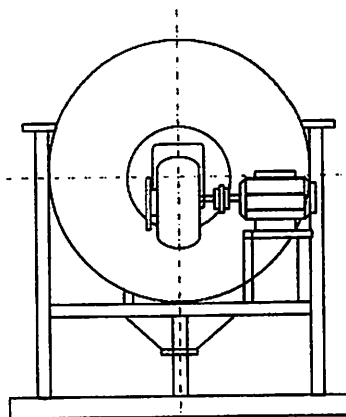
Luas alas bawah : (120 x 144) in

Tinggi : 24 in

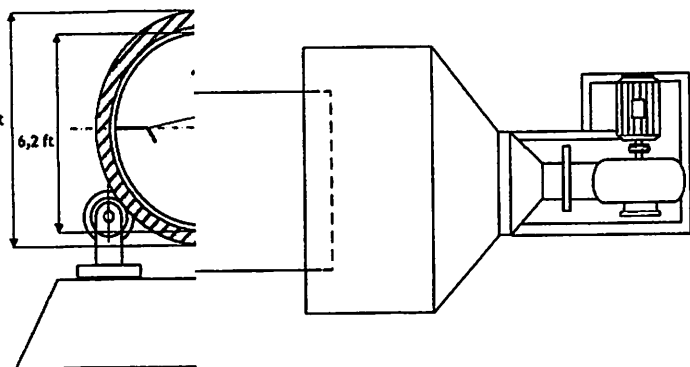
Jumlah : 3 buah



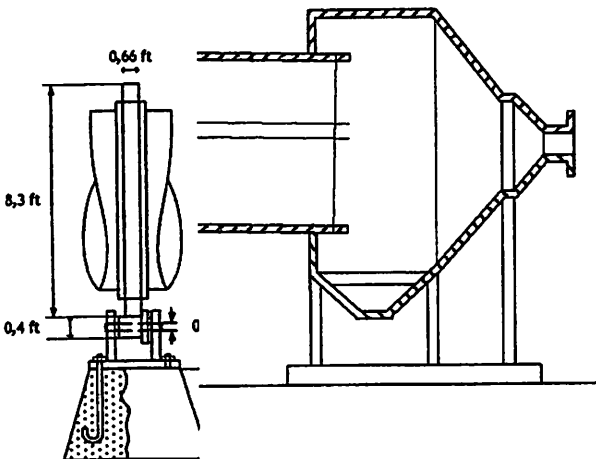
TAMPAK



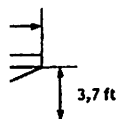
TAMPAK BELAKANG



POTONGAN



DETAIL ROLL



No.	KETERANGAN	BAHAN
1.	MOTOR EXCHAUSTIFAN	ALLUMUNTUM
2.	EXCHAUSTIFAN	CARBON STEEL
3.	HOPPER	CARBON STEEL
4.	FEED CUTE	CARBON STEEL
5.	RIDING RING	CAST STAINLESS STEEL
6.	GIGI PENGGERAK	CAST IRON
7.	SILINDER ROTARY DRYER	CARBON STEEL
8.	BREECHING	CARBON STEEL
9.	PRODUK OUTLET	CARBON STEEL
10.	BLOWER UDARA PANAS	CARBON STEEL
11.	MOTOR ROTARY DRYER	ALLUMUNTUM
12.	GEAR BOCK	CAST IRON
13.	FINION	CAST IRON
14.	TRUNION ROLL	CAST STAINLESS STEEL
15.	BEARING HOUSION	CAST IRON
16.	FLIGHT	CARBON STEEL
17.	FONDASI	CEMENT, SAND & GRAVEL

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA
 ROTARY KILN

DIRANCANG OLEH

DOSEN PEMBIMBING

NICODEMUS DAVIDZ

04.14.051

Ir. BAMBANG SUSILA
 NIP. 103 900 0210

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat-alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi ini merupakan suatu petunjuk atau indikator, suatu perekam atau suatu pengontrol atau controller. Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur ataupun dikontrol seperti suhu, tekanan, ketinggian cairan dan kecepatan aliran.

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik. Pengendalian proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat proses ini sangat penting karena harga peralatan itu sendiri cukup mahal.

Instrumentasi dipasang untuk memonitor variabel-variabel proses yang penting selama proses berlangsung. Selain itu instrumentasi juga berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan harga-harga variabel proses baik secara manual, semi otomatis maupun secara otomatis. Variabel-variabel yang dikendalikan adalah tekanan, suhu, laju alir dan tinggi permukaan cairan.

Tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi secara spesifik adalah :

- a. Untuk menjaga keamanan operasi suatu proses, dengan jalan :
 - Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi aman

- Mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutuskan hubungan secara otomatis.
- b. Untuk mendapatkan rate produksi yang diinginkan
- c. Untuk menjaga kualitas produk
- d. Agar biaya produksi rendah

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

- a. Jenis instrumentasi
- b. Batas yang diperhitungkan untuk pengukuran
- c. Ketelitian yang diperlukan
- d. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan pada kondisi operasi
- e. Faktor ekonomi

Macam-macam alat kontrol yang umum digunakan dalam industri kimia antara lain :

- a. Pressure control : alat pengendali tekanan
- b. Level control : alat pengendali tinggi permukaan liquida
- c. Flow control : alat pengendali laju alir
- d. Temperature control : alat pengendali suhu

Jenis-jenis pengontrolan yang dilakukan meliputi :

- a. Indikator

Yaitu alat yang dapat menunjukkan kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.

- b. Recorder

Yaitu alat yang dapat menunjukkan kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.

c. Controller

Yaitu alat yang dapat mengendalikan kondisi operasi sehingga sesuai dengan yang diinginkan.

Instrumen yang digunakan dalam pabrik ini adalah :

a. Untuk mengatur suhu

- TC (temperature controller)

Fungsi : mengendalikan suhu fluida dalam aliran proses, agar sesuai dengan nilai yang telah ditentukan.

b. Untuk mengukur tekanan

- PIC (pressure indicator controller)

Fungsi : mengatur tekanan dan menunjukkan dalam suatu alat proses secara kontinu agar sesuai dengan nilai yang telah ditentukan.

- PC (pressure controller)

Fungsi : mengatur tekanan didalam suatu proses

c. Untuk mengukur laju alir

- FC (flow controller)

Fungsi : mengendalikan aliran fluida dalam pipa

d. Untuk mengukur tinggi permukaan liquida

- LI (level indicator)

Fungsi : mengetahui secara langsung ketinggian fluida dalam suatu peralatan

- LC (level controller)

Fungsi : mengatur ketinggian liquida dalam tangki agar tidak melebihi batas tertinggi dan terendah yang ditentukan

e. Pengatur berat

- WIC (weight indicator controller)

Fungsi : mengatur berat bahan dalam suatu sistem agar sesuai dengan nilai yang diinginkan

Tabel 7.1. Instrumentasi Pabrik Natrium Heksametafosfat

NO.	Kode Alat	Nama Alat	Instrumentasi	Jumlah
1	M – 110	Tangki Pencampur	FC, TC	3
2	V – 130	Evaporator	TC	1
3	S – 140	Kristalizer	TC	1
4	B – 150	Spray Dryer	TC	1
5	B – 160	Rotary Kiln	TC	1
6	B – 170	Rotary Cooler	TC	1
7	F – 113	Bin Na ₂ CO ₃	WIC	1
8	E – 114	Preheater Air Proses	TC	1
9	M – 115	Tangki Pelarut Na ₂ CO ₃	TC	1
10	E – 117	Cooler Na ₂ CO ₃	TC	1
11	F – 118	Tangki Storage H ₃ PO ₄	LC	1
12	E – 121	Preheater H ₃ PO ₄	TC	1
13	F – 142	Bin Produk Samping	WIC	1
14	H – 153	Filter Udara	FC	3
15	F – 183	Bin Produk	WIC	1
TOTAL				19

7.2. Keselamatan kerja

Dalam suatu pabrik, keselamatan kerja harus mendapatkan perhatian yang besar, karena bila masalah ini diabaikan, akan mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis juga akan membuat para pekerja merasa aman dan senang, sehingga akan lebih berkonsentrasi pada pekerjaannya dengan demikian produktifitas akan meningkat.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditunjukkan pada faktor manusianya saja, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada di pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan dengan baik, maka peralatan akan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Secara umum ada 3 macam bahaya yang bisa terjadi dalam pabrik, yang harus diperhatikan dalam perencanaan yaitu :

- a. Bahaya kebakaran
- b. Bahaya mekanik
- c. Bahaya terhadap kesehatan

7.2.1. Bahaya kebakaran dan peledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan memperkecil kemungkinan adanya kecelakaan yang mengakibatkan terjadinya kematian, kerusakan pada peralatan, serta terhentinya proses produksi. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam mengatasi bahaya ini adalah pencegahan, penanganan jika terjadi kebakaran dan pemadaman kebakaran.

Kebakaran biasanya disebabkan oleh adanya korsleting pada unit utilitas, pada panel-panel stop kontak, saklar atau instrumen lainnya.

Beberapa cara mencegah terjadinya bahaya dari peledakan antara lain :

- a. Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak ditempat yang tertutup dan jauh dari sumber api.
- b. Larangan merokok di lingkungan pabrik.
- c. Pemasangan pipa air yang melingkari seluruh lokasi pabrik.
- d. Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat yang panas.
- e. Pemasangan alat pemadam kebakaran di setiap tempat yang paling rawan, dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau.

7.2.2. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh pengerjaan konstruksi yang tidak sesuai standar. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena panas dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian meterial, juga dapat mengakibatkan cacat atau meninggalnya pekerja. Secara umum tindakan pencegahan yang dilakukan untuk menghindari bahaya mekanik adalah :

- a. Pemasangan tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di tempat-tempat yang dianggap berbahaya.
- b. Pengaturan peralatan sedemikian rupa sehingga para pekerja dapat mengoperasikannya dengan aman.
- c. Sistem keamanan yang baik.

Beberapa kemungkinan kecelakaan mekanik :

- a. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku, termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor-faktor korosi, dan lain-lain.
- Penempatan boiler pada tempat yang jauh dari kerumunan pekerja.
- Pemasangan alat kontrol yang benar dan sesuai fungsi.

b. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan aturan yang berlaku, termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor-faktor korosi, dan lain-lain.
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi.
- Pemasangan alat kontrol yang benar dan sesuai fungsi.

c. Burner

Bahaya yang umum terjadi karena kebocoran. Cara pencegahannya adalah sebagai berikut :

- Pengendalian setiap aliran selama proses
- Perencanaan burner harus memperhitungkan perpindahan panas yang terjadi
- Pemeliharaan yang baik dan teratur

d. Perpipaan

Kecelakaan yang terjadi karena perpipaan antara lain karena kebocoran zat-zat yang berbahaya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Pemasangan pipa hendaknya pada tempat yang tinggi atau di tempat-tempat yang jarang dilalui pekerja, dan diusahakan pemasangan pipa tidak di dalam tanah karena dapat menimbulkan kesulitan jika terjadi kebocoran.
- Sebelum dipakai hendaknya dicoba kekuatana tekanan dan ketahanan terhadap perubahan suhu, terutama pada daerah sambungan dan flange.
- Pemasangan valve yang mudah dijangkau.
- Pemasangan isolasi yang baik untuk mencegah kecelakaan luka bakar karena tersentuh, juga untuk mencegah kebocoran panas dalam proses.

7.2.3. Bahaya terhadap kesehatan

Bahaya yang terjadi umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses dan produk yang beracun, sehingga pekerja yang menangani hal ini perlu menggunakan sarung tangan dan masker pelindung.

Tabel 7.2. Alat-alat pelindung keselamatan kerja pada Pabrik Natrium Heksametfosfat.

No.	Alat Pelindung	Lokasi Penggunaan
1	Masker	Semua unit
2	Topi	Semua unit
3	Sarung tangan	Semua unit
4	Sepatu karet	Semua unit
5	Isolasi panas	Furnace, Spray dryer, Rotary kiln, perpipaan
6	Pemadam kebakaran	Semua unit

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat ini yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar

A. UNIT PENYEDIAAN AIR

Air di dalam pabrik Natrium Heksametafosfat digunakan untuk :

1. Air Proses

Untuk air proses ada beberapa faktor yang harus diperhatikan :

- Alkalinitas
- Kadar amonia
- Ca dan Mg
- Minyak dan lain-lain

Kebutuhan air untuk proses yaitu untuk pelarutan Natrium Karbonat adalah sebanyak 5,0703 m³/jam

2. Air Pendingin

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas.

Menggunakan air sebagai media pendingin ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Selain sebagai media pendingin air harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung :

- Besi penyebab korosi
- Silika penyebab kerak
- Hardness yang memberikan efek pada pembuatan kerak

- Minyak penyebab menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Kebutuhan air pendingin untuk proses pendinginan (cooler) dan proses kristalisasi adalah sebanyak $0,4860 \text{ m}^3/\text{jam}$

3. Air umpan boiler

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's edisi 6, hal 976* didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid)	= 3500 ppm
- Alkanitas	= 700 ppm
- Padatan terlarut	= 300 ppm
- Silika	= 60 – 100 ppm
- Besi	= 0,1 ppm
- Tembaga	= 0,5 ppm
- Oksigen	= 0,007 ppm
- Kesadahan	= 0
- Kekeruhan	= 175 ppm
- Minyak	= 7 ppm
- Residu fosfat	= 140 ppm

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut diatas, air umpan boiler harus bebas dari :

1. Zat – zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .

2. Zat – zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat – zat terlarut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion – ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas – gas terlarut.

Jumlah steam yang dibutuhkan untuk pembuatan Natrium Heksametafosfat adalah sebanyak $0,5443 \text{ m}^3/\text{jam}$

4. Air sanitasi

Air ini digunakan untuk karyawan, laboratorium, taman dan lain-lain.

Kebutuhan air sanitasi dapat diperinci seagai berikut :

- Mencakup air untuk kebutuhan karyawan, laboratorium dan air untuk cuci. Kebutuhan air untuk karyawan = 100 liter/hari (Standard WHO)
- Untuk laboratorium dan taman diperkirakan 50% dari kebutuhan karyawan.

Maka air sanitasi yang dibutuhkan pabrik Natrium Heksametafosfat adalah sebanyak $0,6 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air} &= 5,0703 + 0,4860 + 0,5443 + 0,4 + 0,2 + 3,8761 \\ &= 9,0458 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

B. UNIT PENYEDIAAN STEAM

Dalam pabrik Natrium Heksametafosfat, steam dibutuhkan pada proses pemanasan pada preheater yakni preheater air proses dan preheater H_3PO_4 , proses pembentukan Larutan Ortofosfat serta proses evaporasi, dengan total sebesar 5.419,4870 kg/jam. Dengan pertimbangan faktor keamanan maka steam yang dihasilkan oleh boiler dibuat 20% excess sehingga jumlah steam yang dihasilkan adalah sebanyak 14.337,5834 lb/jam

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organik matter)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas air umpan boiler.

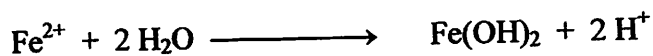
- b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler.

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

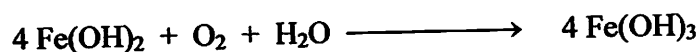
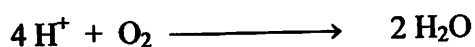
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

- c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa.

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂, yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



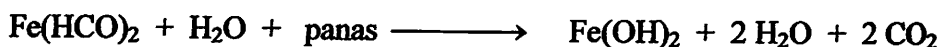
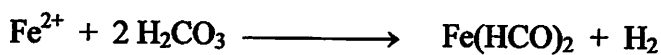
Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO₂, karena pemanasan dan adanya tekanan. CO₂ yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal

dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO₂ lagi.

Reaksi yang terjadi :



C. UNIT PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Kebutuhan listrik dari pabrik Natrium Heksametrafosfat diperoleh dari listrik negara dan generator. Distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah sebagai berikut :

- a. Untuk keperluan proses : 450,1136 kW
- b. Untuk penerangan : 85,78 kW

Untuk keperluan proses digunakan dari generator set, sedangkan untuk penerangan digunakan PLN. Tetapi bila terjadi kerusakan pada generator set yang berkekuatan 714,5248 kW. Kebutuhan listrik bisa diperoleh dari PLN, demikian pula apabila ada gangguan pada PLN kebutuhan listrik dapat diperoleh dari generator set.

D. UNIT PENYEDIAAN BAHAN BAKAR

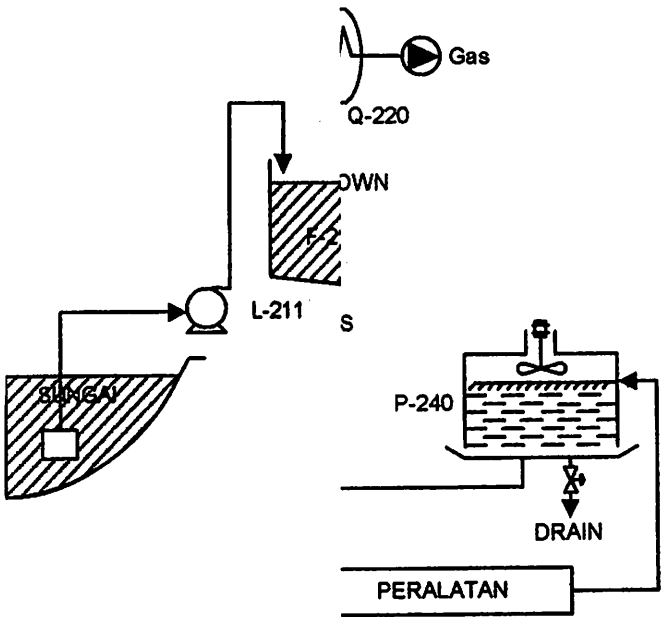
Bahan bakar yang digunakan pada pabrik yaitu pada boiler dan generator sebesar 63,9381 L/jam. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil (solar). Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- a. Harganya relatif murah

- b. Mudah didapat
- c. Viskositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- d. *Heating value* relatif tinggi
- e. Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6th ed, spesifikasi bahan bakar didapat :

- *Flash point* = 38°C (100°F)
- *Pour point* = -6°C (21,2°F)
- Densitas = 56,238 lb/ft³
- *Heating value* = 19.200 BTU/lb



25	L-243	POMPA AIR PENDINGIN
24	F-242	BAK AIR PENDINGIN
23	L-241	POMPA KE BAK AIR PENDINGIN
22	P-240	COOLING TOWER
21	L-232	POMPA AIR SANITASI
20	L-231	POMPA KE BAK Klorinasi
19	F-230	BAK Klorinasi
18	L-225	POMPA AIR PROSES
17	L-224	POMPA KE BOILER
16	D-223	DEAERATOR
15	L-222	POMPA KE DEAERATOR
14	F-221	BAK AIR LUNAK
13	Q-220	BOILER
12	L-219	POMPA AIR BERSIH
11	F-218	BAK AIR BERSIH
10	F-217	SAND FILTER
9	L-216	POMPA CLARIFIER
8	F-215	BAK AIR CLARIFIER
7	H-214	TANGKI CLARIFIER
6	L-213	POMPA SKIMMER
5	F-212B	SKIMMER
4	F-212A	BAK SEDIMENTASI
3	L-211	POMPA AIR SUNGAI
2	D-210B	ANION EXCHANGER
1	D-210A	KATION EXCHANGER
NO	KODE	NAMA ALAT

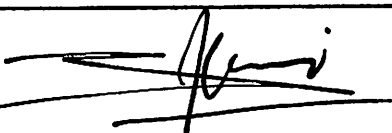
**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**UNIT PENGOLAHAN AIR
PRA RENCANA PABRIK Natrium heksametafosfat**

DIRANCANG OLEH :

IRON FREDRIK RUMANGUN 04.14.049
ICODEMUS DAVIDZ 04.14.051

**DISETUJUI
DOSEN PEMBIMBING :**


Ir. BAMBANG SUSILA HADI
NIP. 103 900 0210

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Dasar pemilihan lokasi pabrik dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Oleh karena itu, perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua :

1. Faktor utama

- a. Penyediaan bahan baku
- b. Pemasaran (*marketing*)
- c. Utilitas (bahan bakar, sumber air dan listrik)
- d. Keadaan geografis masyarakat.

2. Faktor khusus

- a. Transportasi
- b. Tenaga kerja
- c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah
- d. Perpajakan dan asuransi

e. Karakteristik dari lokasi

f. Peraturan perundang-undangan

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Vilbrant and Dryden, hal . 266)

(Coulson and Richardson's, hal : 797-794)

9.1.1. Faktor utama

a. Penyediaan bahan baku

Ditinjau dari tersedianya bahan baku dan harga bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya
- Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan

b. Pemasaran (*Marketing*)

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana produksi akan dipasarkan (*marketing area*)
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang

- Pengaruh persaingan yang ada
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk sampai ke daerah pemasaran

c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari :

1. Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini air diambil dari sungai.

Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air sungai (sumber) akan lebih ekonomis. Hal-hal yang diperhatikan dalam pemilihan sumber air :

- Kemampuan sumber air untuk melayani pabrik
- Kualitas air yang disediakan
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air
- Memperkirakan kebutuhan air yang mendukung industri termasuk untuk air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air yang tersedia untuk mencegah kebakaran.
- Memperhatikan efek pembuangan limbah dari aktivitas industri terhadap lingkungan sekitar terutama yang dapat menyebabkan kontaminasi terhadap air

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dari dua sumber : air aungai dan air PDAM. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan. Apabila dalam masa kemarau air sungai surut maka ditambahkan air PDAM untuk memenuhi kebutuhan pabrik. Jadi air PDAM hanya bersifat cadangan.

2. Listrik dan bahan bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan penting terutama sebagai motor penggerak selain penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang harus diperhatikan :

- a. Ada tidaknya jumlah tenaga listrik yang tersedia di daerah itu
- b. Harga tenaga listrik di daerah tersebut
- c. Harga tenaga listrik dan bahan bakar dimasa yang akan datang
- d. Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar

Sumber listrik diperoleh dari PLN, walaupun demikian tenaga generator diperlukan sebagai cadangan yang harus siap bila setiap saat mengalami pemadaman listrik oleh PLN. Bahan bakar digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler dan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan *generator* adalah *diesel oil (solar)*.

3. Keadaan geografis dan masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat harus mendukung iklim industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Kesiapan masyarakat untuk menjadi masyarakat industri
- Keadaan alamnya, keadaan alam yang menyulitkan akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan
- Keadaan angin (kecepatan dan arah angin) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut
- Gempa bumi, banjir, angin topan dan lain-lain
- Keadaan tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses
- Pengaruh produk yang dihasilkan maupun proses yang digunakan terhadap masyarakat lingkungan sekitar terutama untuk industri yang menghasilkan bahan berbahaya
- Kemungkinan untuk perluasan di masa yang akan datang

Dengan memperhatikan beberapa faktor tersebut maka sebelum pendirian pabrik harus dilakukan survey area terlebih dahulu sehingga keberlangsungan dan masa depan pabrik dapat terjamin.

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

9.1.2. Faktor Khusus

a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran pembekalan (supply) bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan faktor-faktor yang ada, seperti :

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor
- Jalur kereta api
- Adanya pelabuhan laut dan lapangan udara
- Sungai atau laut yang dapat dilalui perahu atau kapal
- Jarak sumber bahan baku maupun dengan daerah pemasaran

(Bernasconi, hal. 4)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

b. Tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja juga mendukung pendirian pabrik ini. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam hal ini adalah :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut
- Karakteristik dari lokasi

c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah

Apabila buangan pabrik (waste disposal) berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka yang harus diperhatikan adalah :

- Cara menentukan bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah polusi atau efek samping dari polusi yang mungkin timbul.

Untuk pembuangan limbah industri harus memperhatikan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padatan dengan memperhatikan ketentuan dari pemerintah.

d. Perpajakan dan asuransi

Masalah ini berkaitan dengan pemberian ijin dan sistem perpajakan di daerah pendirian pabrik tersebut. Hal-hal yang mempengaruhi antara lain :

- Pendapatan daerah tersebut
- Asuransi untuk pengangguran
- Monopoli perusahaan

e. Karakteristik dari lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dsb.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

f. Faktor lingkungan (komunitas)

- Adat istiadat atau kebudayaan didaerah sekitar lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan,sekolah,poliklinik dan tempat ibadah

- Apakah merupakan daerah pedesaan atau perkotaan

g. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada bagi industri di daerah tersebut.

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

Berdasarkan pertimbangan diatas dapat ditentukan bahwa pendirian pabrik Natrium Heksametfosfat ini layak didirikan di Tangerang, Banten.

Adapun pertimbangannya karena :

1. Tersedianya bahan baku

Guna mendapatkan kemudahan dalam penyediaan bahan baku, maka lokasi pabrik diusahakan dekat lokasi tempat bahan baku tersedia. Bahan baku dari pabrik Natrium Heksametfosfat adalah Asam Fosfat dan Natrium Karbonat. Asam Fosfat diperoleh dari PT. Worldwide Resins & Chemicals Tangerang, Banten. Sedangkan Natrium Karbonat didapatkan dari PT.Sree International Indonesia Jakarta. Sehingga dengan pertimbangan tersebut maka pabrik Natrium Heksametfosfat akan didirikan di daerah Tangerang, Banten.

2. Pemasaran

Produk Natrium Heksametfosfat ini banyak dibutuhkan oleh industri kimia yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri.

Lokasi pabrik di Tangerang sangat strategis karena dekat dengan kawasan industri dan pemasaran industri lain yang tersebar di Indonesia.

3. Sarana Transportasi

Telah tersedia jalan raya yang memadai sehingga pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

4. Penyediaan utilitas

Daerah Tangerang banyak dilalui sungai-sungai besar untuk keperluan penyediaan utilitas terutama air.

5. Tersedianya Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik untuk pengoperasian alat – alat industri perlu dipertimbangkan. Pulau Jawa jumlah penduduknya banyak sehingga untuk keperluan tenaga kerja yang terdidik maupun tidak terdidik dapat terpenuhi.

6. Iklim.

Keadaan iklim dan cuaca di daerah Tangerang umumnya baik, dan tidak terjadi angin topan.

Lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar 9.1.1.



Gambar 9.1.1.

9.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah pengaturan atau peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material sedemikian rupa sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien.

Tujuan utama dari tata letak pabrik adalah :

- Untuk mengatur alat-alat serta fasilitas produksi
- Untuk menjaga keselamatan
- Supaya pemeliharaan dapat diatur dengan mudah
- Pembiayaan dapat ditekan seminimal mungkin
- Fungsi dari peralatan dan bangunan dapat dipakai seefisien mungkin

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

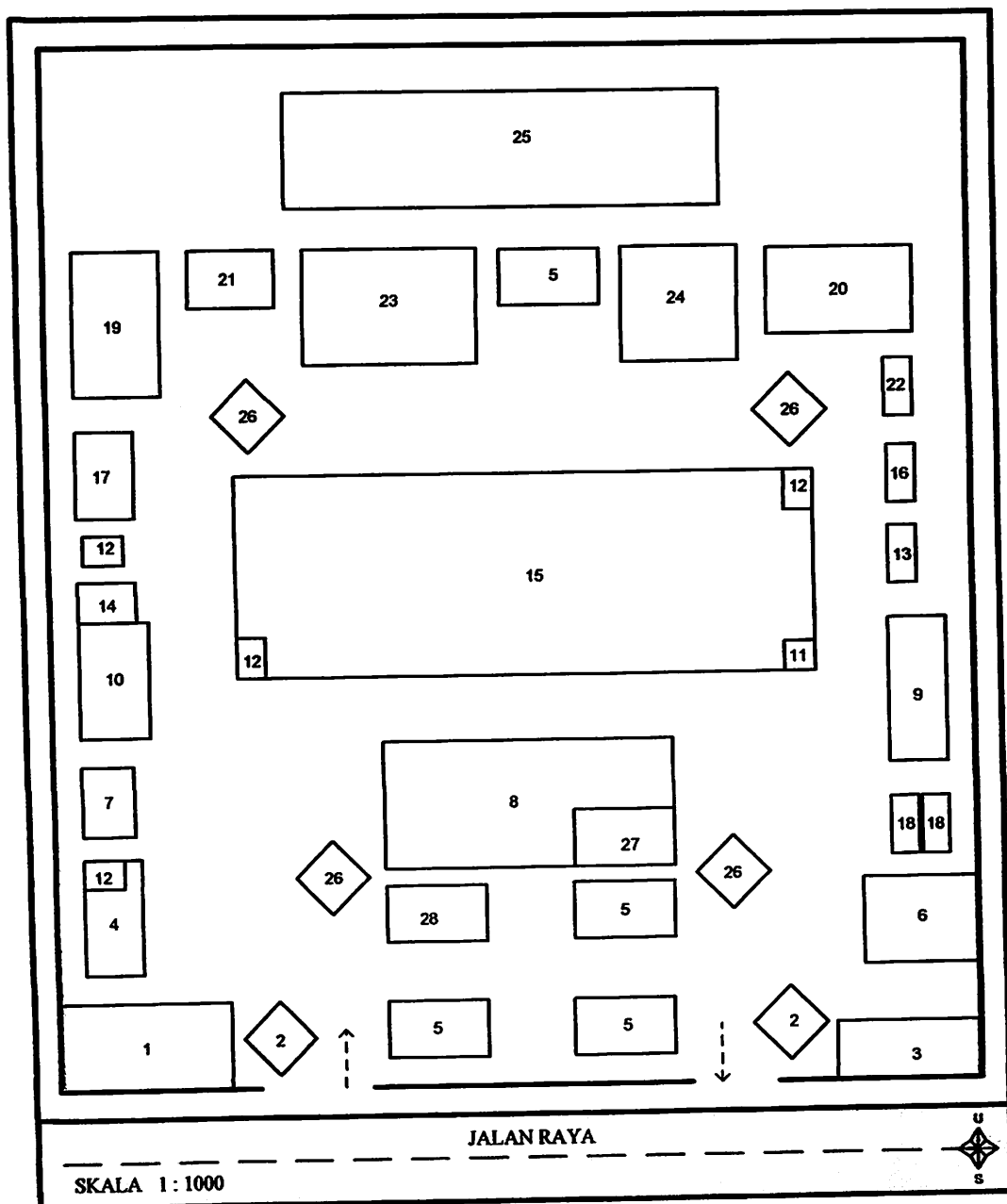
9.2.1. Tata letak bangunan pabrik

Pengaturan tata letak ruangan daripada unit-unit bangunan dalam suatu pabrik dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga :

- a. Pemakaian areal tanah sekecil mungkin.
- b. Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- c. Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang mungkin timbul
- d. Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- e. Terjadinya areal tanah jalan maupun perluasan pabrik
- f. Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik.

Tabel 9.2.1. Perincian Luas Daerah Pabrik

No	Lokasi	Ukuran (m × m)	Luas (m ²)
1	Parkir tamu	40 × 17,5	700
2	Pos keamanan	9 × 8	72
3	Parkir pegawai	30 × 10	300
4	Musholla	20 × 10	200
5	Taman	15 × 10	150
6	Aula	20 × 15	300
7	Poliklinik	12,5 × 8	100
8	Kantor pusat	50 × 21	1.050
9	Garasi	26 × 10	260
10	Kantin	20 × 12,5	250
11	Ruang kepala pabrik	10 × 8	80
12	Toilet	22,5 × 10	225
13	Bengkel	10 × 5	50
14	Perpustakaan	10 × 6	60
15	Ruang proses produksi	100 × 34	3.400
16	Areal tangki bahan bakar	10 × 5	50
17	Laboratorium	15 × 10	150
18	Pemeriksaan bahan	10 × 5	50
19	Ruang bahan baku	25 × 15	375
20	Ruang generator	10 × 5	50
21	Areal waste treatment	14,5 × 10	145
22	Pemadam kebakaran	50 × 10	200
23	Gudang produk	30 × 20	600
24	Utilitas	40 × 10	400
25	Perluasan pabrik	75 × 20	1.500
26	Tanah sisa dan jalan	470 × 20	9.413
27	Kantor sumber daya manusia (SDM)	15 × 10	150
28	Litbang / R&D	15 × 10	150
			20.430



Gambar 9.2.1. Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat

Keterangan :

1. Parkir tamu
2. Pos keamanan
3. Parkir pegawai
4. Musholla
5. Taman
6. Aula
7. Poliklinik
8. Kantor pusat
9. Garasi
10. Kantin
11. Ruang kepala pabrik
12. Toilet
13. Bengkel
14. Perpustakaan
15. Ruang proses produksi
16. Areal tangki bahan bakar
17. Laboratorium
18. Pemeriksaan bahan
19. Ruang bahan baku
20. Ruang generator
21. Areal waste treatment
22. Pemadam kebakaran

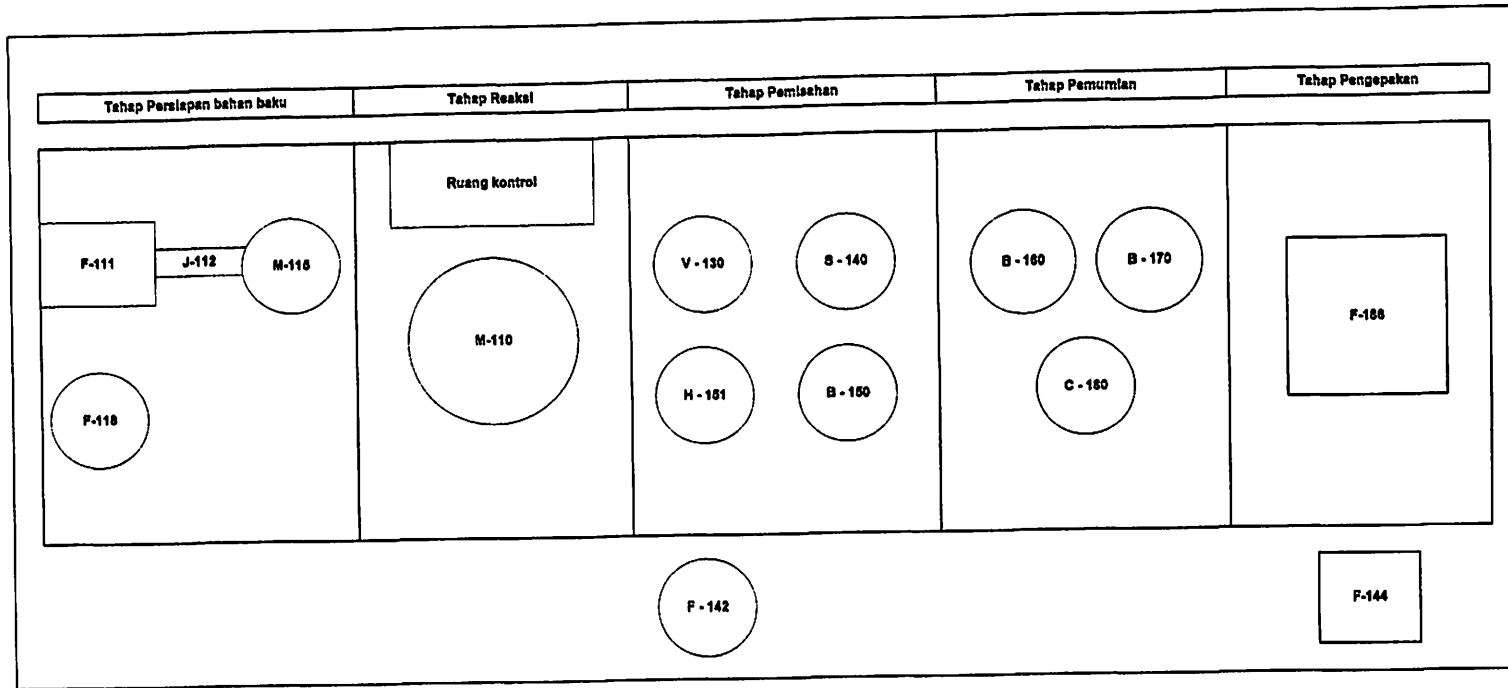
- 23. Gudang produk
- 24. Utilitas
- 25. Perluasan pabrik
- 26. Tanah sisa dan jalan
- 27. Kantor sumber daya manusia (SDM)
- 28. Ruang Litbang / R&D.

9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan didalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan maka perlu diperhatikan beberapa faktor :

- a. Pengaturan jarak antara peralatan proses yang satu dengan yang lain sehingga mempermudah pengontrolan peralatan
- b. Pengaturan sistem yang ada pada tempat yang tepat agar tidak mengganggu aktifitas kerja serta pemberian warna yang jelas pada aliran proses
- c. Peletakkan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau
- d. Peletakkan alat control sehingga mudah diawasi oleh operator
- e. Peralatan diusahakan tersusun berurutan sehingga memudahkan pemeriksaan dan pengawasan
- g. Ruangan harus cukup untuk peralatan, bila sekiranya ada alat yang diletakkan diatas maka dapat disusun sesuai dengan prosesnya.

Rencana tata letak peralatan Pabrik Natrium Heksametfosfat terlihat pada gambar 9.3. berikut :



Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik Natrium Heksametfosfat

Keterangan gambar 9.3.**1. Tahap Persiapan Bahan Baku**

- a. Storage Na_2CO_3 (F-111)
- b. Storage H_3PO_4 (F-118)
- c. Belt Conveyor (J-112)
- d. Tangki Pelarut Na_2CO_3 (M-115)

2. Tahap Reaksi

Tangki Pencampur (M-110)

3. Tahap Pemisahan

- a. Evaporator (V – 130)
- b. Kristalizer (S – 140)
- c. Centrifuge (H – 151)
- d. Spray Dryer (B – 150)

4. Tahap Pemurnian

- a. Rotary Kiln (B – 160)
- b. Rotary Cooler (B – 170)
- c. Ball Mill (C – 180)

5. Tahap Pengepakan

Gudang Produk Natrium Heksametafosfat (F-186)

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang-orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

10.1 Dasar Perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Tangerang - Banten
Kapasitas produksi	: 30.000 ton/tahun
Status investasi	: Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

10.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik *Natrium Heksametafosfat* ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.

2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.
5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

10.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus.
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal.

4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, betapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan “the right man in the right place” lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik *Natrium Heksametafosfat* ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan departementasi. Pada setiap departemen dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap departemen dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.

10.4 Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya tergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanamkan modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam mengambil keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- a. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
- b. Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

3. **Direktur Utama**

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- a. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- b. Mengurus harta kekayaan perusahaan.
- c. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- d. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- e. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- f. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- g. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial

seperti peminjaman uang ke Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll).

4. Penelitian dan Pengembangan (R&D)

Divisi LITBANG bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi LITBANG bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

5. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

6. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

7. Departemen Quality Control (Pengendalian Mutu)

Departemen QC bertugas mengawasi mutu bahan baku yang diterima dan produk yang dihasilkan. Selama mengawasi mutu produk, tidak hanya produk jadi saja yang di analisis tapi juga pada setiap tahapan proses.

a. Divisi Jaminan Mutu

Divisi Jaminan Mutu bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control yang bertugas untuk melakukan penganalisaan, pengujian dan pengawasan terhadap bahan mentah yang dipasok dan produk/Kuprisulfatpentahidrat yang sudah jadi agar sesuai standar yang telah ditentukan.

b. Divisi Pengendalian proses

Divisi Pengendalian Proses bertanggung jawab kepada Departemen Quality Control untuk mengendalikan kualitas bahan selama proses produksi yang sedang berlangsung, yaitu mengatur komponen bahan baku (raw mix design) sehingga didapat produk dengan kualitas yang diinginkan.

8. Departemen Produksi

Kepala Dept. Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

a. Divisi Produksi

Divisi produksi bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan

kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

b. Divisi Bahan baku

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai banyaknya produksi yang diinginkan sehingga tidak terjadi kekurangan atau kelebihan, mengatur aliran distribusi bahan baku dari storage ke dalam proses.

9. Departemen Teknik

Kepala Dept. Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka dept. teknik langsung mengatasi masalahnya.

a. Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

b. Divisi Bengkel & Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

10. Departemen Pemasaran

Kepala Dept. Pemasaran bertanggung jawab dalam mengatur masalah pemasaran produk, termasuk juga melakukan research marketing agar

penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah dsitribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen.

a. Divisi Pembelian

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Pemasaran mengenai pembelian bahan baku, alat-alat yang menunjang proses.

b. Divisi Penjualan

Bertanggung jawab kepada kepala Dept. Pemasaran mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat.

c. Divisi Promosi dan Periklanan

Melakukan promosi ke berbagai sumber tentang kelebihan produk perusahaan minimal masyarakat konsumen mengetahui produk yang diproduksi perusahaan.

d. Divisi Research Marketing

Melakukan analisis pasar untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dan selalu membuat strategi pemasaran setiap saat sesuai perkembangan di lapangan.

11. Departemen Keuangan dan Akuntansi

Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga

membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Dept. Keuangan dan Akuntansi membawahi 2 divisi yaitu :

- a. Divisi Pembukuan
- b. Divisi Keuangan

12. Departemen Umum

Kepala Dept. umum bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Departemen ini mengatur masalah administrasi, Keamanan dan keselamatan, lingkungan serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 4 divisi :

- a. Divisi Humas

Divisi Humas bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat ataupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik kelangsungan dan kelancaran perusahaan dapat berjalan dengan baik.

- b. Divisi Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya.

c. **Divisi Administrasi**

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

c. **Divisi Keamanan dan Keselamatan**

Divisi keamanan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

d. **Divisi Kebersihan**

Divisi Kebersihan bertugas menjaga kenyamanan, keindahan, perusahaan dari mulai keindahan taman, toilet sampai kebersihan gudang dan produksi.

e. **Divisi Transportasi.**

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan.

B Departemen Sumber Daya Manusia (SDM)

Kepala Dept. SDM bertugas merencanakan, mengelola, dan mendayagunakan SDM, baik yang telah bekerja ataupun yang akan dipekerjakan. Selain itu Dept. SDM mengatur masalah jenjang karier dan masalah penempatan karyawan, atau pemindahan karyawan antar departemen atau antar divisi sesuai dengan tingkat prestasinya.

a. Divisi Kesehatan

Bertugas memperhatikan kesehatan karyawan. Apabila poliklinik yang tersedia tidak dapat mengatasi masalah kesehatan karyawan maka dapat diintensifkan di rumah sakit langganan perusahaan sesuai kebutuhan pengobatan.

b. Divisi Ketenagakerjaan

Mengatur kesejahteraan karyawan seperti pemberian fasilitas atau bonus perusahaan untuk karyawan yang berprestasi. Divisi ketenagakerjaan juga perlu memperhatikan prestasi-prestasi yang dibuat oleh karyawan guna meningkatkan jenjang karier dan kebijakan lainnya.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.1.

10.5 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. **Cuti**

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

10.6 Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik *Natrium Heksametafosfat* ini direncanakan akan beroperasi selama 300 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan atau dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)

- Sabtu : 08.00 – 12.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam 4 minggu dan 4 kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

Regu	Minggu			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
I	Pagi	Siang	Malam	-
II	Siang	Malam	-	Pagi
III	Malam	-	Pagi	Siang
IV	-	Pagi	Siang	Malam

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.7 Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik *Natrium Heksametfosfat* (gambar 10.1) yaitu :

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia atau min. Strata 2
2. Manager
 - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
 - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA).
3. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)
4. Kepala Departemen
 - a. Departemen QC : Sarjana Kimia (MIPA)
 - b. Departemen produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Departemen teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - d. Departemen pemasaran : Sarjana Ekonomi
 - e. Departemen keuangan dan Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 - f. Departemen Sumber Daya Manusia : Sarjana Psikologi Industri
 - g. Departemen Umum : Sarjana Teknik Industri
5. Kepala divisi
 - a. Divisi produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin
 - d. Divisi bengkel& perawatan : Sarjana Teknik Mesin
 - e. Divisi Jaminan Mutu (Quality Control) : Sarjana Kimia (MIPA)

- f. Divisi Pengendalian Proses : Sarjana Teknik Kimia
 - g. Divisi Kesehatan : Sarjana Kedokteran
 - h. Divisi Ketenagakerjaan : Sarjana Teknik Industri
 - i. Divisi Pembelian : Sarjana Ekonomi
 - j. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
 - k. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
 - l. Divisi research marketing : Sarjana Ekonomi
 - m. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
 - n. Divisi Akuntansi : Sarjana Ekonomi
 - o. Divisi Humas : Diploma Public Relation & Promotion
 - p. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
 - q. Divisi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
 - r. Divisi Keamanan dan Keselamatan : Diploma / SMU / SMK
 - s. Divisi Kebersihan : Diploma / SMU / SMK
 - t. Divisi Transportasi : Sarjana / Diploma Teknik Mesin
6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK.

10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional dilakukan berdasarkan pembagian proses yang dilakukan. Pada pabrik *Natrium Heksametafosfat* proses yang dilakukan terbagi dalam 5 tahap. Berdasarkan *Vilbrant, fig. 6.35, hal. 235* diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi = 30.000 ton/th adalah 49 orang Jam/hari.

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 5 tahap, maka :

Karyawan proses = 49 orang Jam/hari. tahapan \times 5 tahap = 245 orang jam/hari

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja, maka :

$$\text{Karyawan Proses} = \frac{245 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}} = 82 \text{ orang jam/shift}$$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka :

$$\text{Karyawan proses} = \frac{82 \text{ orang jam/shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 11 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

Jumlah karyawan proses keseluruhan = 11 orang hari/shift \times 4 regu = 44 orang setiap hari (untuk 4 regu).

Jumlah karyawan harian = 143 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik *Natrium Heksametafosfat* adalah 187 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.2. Jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja.

No.	Jabatan (Tugas)	SLTP	SMU	D3	S1	S2
1.	Direktur Utama					1
2.	Manager Produksi dan Teknik				1*	
3.	Manager Administrasi dan Keuangan				1*	
4.	Sekretaris			2*		
5.	Kepala LITBANG (R&D)				1*	
6.	Karyawan LITBANG (R&D)		4*	3*	2	
7.	Kepala Dept. QC				1*	
8.	Kepala Dept. Produksi				1*	
9.	Kepala Dept. Teknik				1*	
10.	Kepala Dept. Pemasaran				1*	
11.	Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi				1*	
12.	Kepala Dept. SDM				1*	
13.	Kepala Dept. Umum				1*	
14.	Kepala Divisi Produksi				1*	
15.	Karyawan Divisi Produksi			44	4*	
16.	Kepala Divisi Bahan Baku				1	
17.	Karyawan Divisi Bahan baku		8	2		
18.	Kepala Divisi Utilitas				1*	
19.	Karyawan Divisi Utilitas		5	3		
20.	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan				1	
21.	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan			8*		
22.	Kepala Divisi Quality Control				1	
23.	Karyawan Divisi Quality Control			5*		
24.	Kepala Divisi Pengendalian Proses				1	
25.	Karyawan Divisi Pengendalian Proses			5*		
26.	Kepala Divisi Kesehatan				1	
27.	Karyawan Divisi Kesehatan			3*		
28.	Kepala Divisi Ketenagakerjaan				1	
29.	Karyawan Divisi Ketenagakerjaan			3*		
30.	Kepala Divisi Pembelian				1	
31.	Karyawan Divisi Pembelian			2*		
32.	Kepala Divisi Penjualan				1	
33.	Karyawan Divisi Penjualan			2*		
34.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan				1	
35.	Staff Divisi Promosi dan Periklanan			3*		

36.	Kepala Divisi Research Marketing				1	
37.	Staff Research Marketing			3*		
38.	Kepala Divisi Keuangan				1	
39.	Staff Divisi Keuangan			3*		
40.	Kepala Divisi Akuntansi				1	
41.	Staff Divisi Akuntansi			3*		
42.	Kepala Divisi Humas				1	
43.	Staff Divisi Humas			3*		
44.	Kepala Divisi Personalia				1	
45.	Staff Divisi Personalia			3*		
46.	Kepala Divisi Administrasi				1	
47.	Staff Divisi Administrasi			3*		
48.	Kepala Divisi Transportasi				1	
49.	Staff Transportasi		3*	2		
50.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan		1*			
51.	Staff Keamanan		10*			
52.	Kepala Divisi Kebersihan		1*			
53.	Staff Kebersihan	6*				
JUMLAH		6	32	105	43	1
TOTAL TENAGA KERJA		187				

Catatan :

* Pendidikan minimal

Pendidikan SMU dan yang sederajat.

10.9 Status Karyawan dan Sistem Pengupahan (Gaji)

Pabrik *Natrium Heksametafosfat* ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Dengan didasarkan atas kebutuhan dan perbedaan status, maka system pengupahan pada Pra Rencana Pabrik *Natrium Heksametafosfat* ini dibedakan menjadi :

a. Upah bulanan

Upah bulanan diberikan kepada karyawan tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada setiap akhir bulan.

b. Upah mingguan

Upah mingguan diberikan kepada karyawan harian tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan setiap akhir pekan.

c. Upah borongan

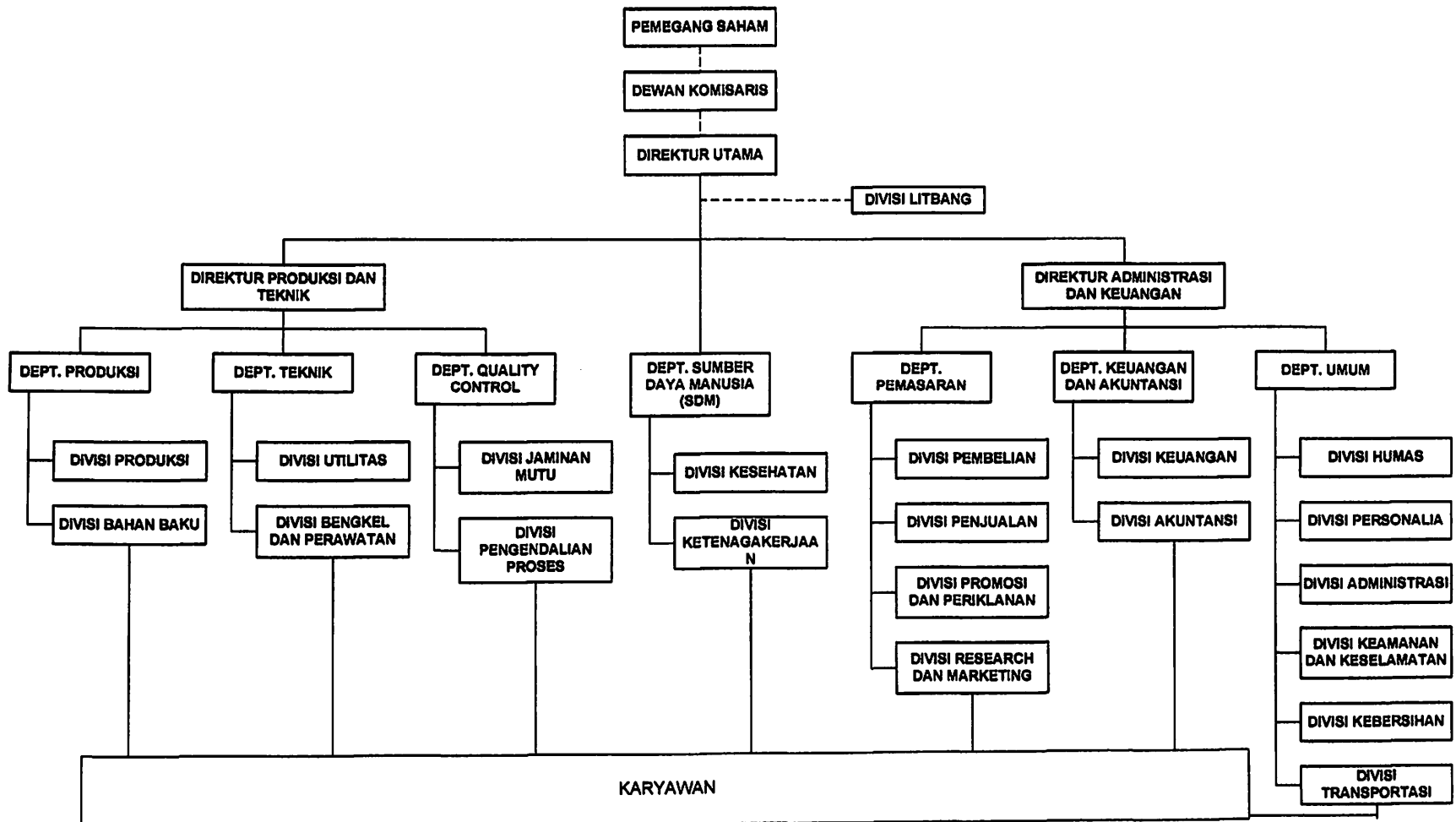
Upah borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau karyawan borongan yang besarnya tidak tetap, tergantung pada macam pekerjaan yang dilakukan dan diberikan setelah pekerjaan itu selesai.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total (Rp)
1.	Direktur utama	1	10.000.000	10.000.000
2.	Direktur Produksi	1	8.000.000	8.000.000
3.	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
4.	Sekretaris	2	1.500.000	3.000.000
5.	Kepala LITBANG (R&D)	1	6.000.000	6.000.000
6.	Staff LITBANG (R&D)	2	2.000.000	2.000.000
		3	1.500.000	4.500.000
		4	1.000.000	4.000.000
7.	Kepala Dept. QC	1	4.000.000	4.000.000
8	Kepala Dept. Produksi	1	4.000.000	4.000.000
9.	Kepala Dept. Teknik	1	4.000.000	4.000.000
10.	Kepala Dept. Pemasaran	1	4.000.000	4.000.000
11.	Kepala Dept. Keuangan dan Akuntansi	1	4.000.000	4.000.000

12.	Kepala Dept. SDM	1	4.000.000	4.000.000
13.	Kepala Dept. Umum	1	4.000.000	4.000.000
14.	Kepala Divisi Produksi	1	2.500.000	2.500.000
15.	Karyawan Divisi Produksi	4	1.500.000	6.000.000
		44	800.000	35.200.000
16.	Kepala Divisi Bahan baku	1	1.500.000	1.500.000
17.	Karyawan Divisi Bahan Baku	2	1.000.000	2.000.000
		8	600.000	4.800.000
18.	Kepala Divisi Utilitas	1	1.500.000	1.500.000
19.	Karyawan Divisi Utilitas	3	1.000.000	3.000.000
		5	700.000	3.500.000
20.	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan	1	1.500.000	1.500.000
21.	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan	8	700.000	5.600.000
22.	Kepala Divisi Jaminan Mutu	1	1.500.000	1.500.000
23.	Karyawan Divisi Jaminan Mutu	5	1.000.000	5.000.000
		5	800.000	4.000.000
24.	Kepala Divisi Pengendalian Proses	1	1.500.000	1.500.000
25.	Karyawan Pengendalian Proses	5	1.000.000	5.000.000
26.	Kepala Divisi Kesehatan	1	2.000.000	2.000.000
27.	Karyawan Kesehatan	3	1.000.000	3.000.000
28.	Kepala Divisi Ketenagakerjaan	1	1.500.000	1.500.000
29.	Karyawan Ketenagakerjaan	3	800.000	2.400.000
30.	Kepala Divisi Pembelian	1	1.500.000	1.500.000
31.	Karyawan Divisi Pembelian	2	800.000	1.600.000
32.	Kepala Divisi Penjualan	1	1.500.000	1.500.000
33.	Karyawan Divisi Penjualan	2	800.000	1.600.000
34.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan	1	1.500.000	1.500.000
35.	Karyawan Divisi Periklanan	3	800.000	2.400.000
36.	Kepala Divisi Research Marketing	1	2.500.000	2.500.000
37.	Karyawan Research Marketing	3	1.000.000	3.000.000
38.	Kepala Divisi Keuangan	1	2.000.000	2.000.000
39.	Karyawan Divisi Keuangan	3	1.000.000	3.000.000
40.	Kepala Divisi Akuntansi	1	2.000.000	2.000.000
41.	Karyawan Divisi Akuntansi	3	1.000.000	3.000.000
42.	Kepala Divisi Humas	1	1.500.000	1.500.000
43.	Karyawan Divisi Humas	3	800.000	2.400.000
44.	Kepala Divisi Personalialia	1	1.500.000	1.500.000
45.	Karyawan Divisi Personalialia	3	800.000	2.400.000

46.	Kepala Divisi Administrasi	1	1.500.000	1.500.000
47.	Karyawan Divisi Administrasi	3	800.000	2.400.000
48.	Kepala Divisi Transportasi	1	1.500.000	1.500.000
49.	Karyawan Divisi Transportasi	2	800.000	1.600.000
		3	650.000	1.950.000
50.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan	1	1.000.000	1.000.000
51.	Karyawan Keamanan dan Keselamatan	10	650.000	6.500.000
52.	Kepala Divisi Kebersihan	1	800.000	800.000
53.	Staff Kebersihan	6	500.000	3.000.000
JUMLAH				222.150.000



Gambar 10.1 Struktur Organisasi Pabrik Natrium Heksametaphosphate

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik Natrium Heksametafosfat adalah sebagai berikut :

- *Return on Investment (ROI)*
- *Break Even Point (BEP)*
- *Pay Out Time (POT)*
- *Net Present Value (NPV)*
- *Internal Rate of Return (IRR)*

Sedangkan untuk menghitung faktor-faktor di atas perlu diadakan penaksiran beberapa hal yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

11.1. Faktor-faktor penentu :

a. *Total Capital Investment (TCI)*

Yaitu modal yang diperlukan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi.

TCI ini terdiri atas :

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*

1.1. Biaya Langsung (*Direct Cost*), meliputi :

- Peralatan :
 - Peralatan sesuai diagram alir

- Suku cadang
- Peralatan tambahan
- Biaya inflasi
- Pajak dan asuransi
- Modifikasi selama “*start up*”
- Instalasi peralatan :
 - Instalasi sesuai diagram alir
 - Pondasi, isolasi, cat
- Instrumen dan kontrol
- Perpipaan
- Peralatan listrik
 - Motor, kabel, bahan listrik, dll
- Bangunan
 - Proses, perawatan pelayanan.
- Lahan pengembangan
- Fasilitas pelayanan
 - Utilitas (steam, listrik, air)
 - U P L (Unit Pengolahan Limbah)
 - Distribusi dan pengemasan
- Tanah

1.2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor

- Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Yaitu modal untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Gaji dalam waktu tertentu
- Supervisi
- Utilitas dalam waktu tertentu
- Laboratorium
- Pemeliharaan
- Uang tunai
- Patent* dan *royalty*
- Pengemasan produk dalam waktu tertentu.

Maka: $TCI = FCI + WCI$

b. Total Biaya Produksi

Yaitu biaya yang digunakan untuk operasi pabrik dan biaya perjalanan produk, meliputi :

1. Biaya pembuatan, terdiri atas :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FC)
- Biaya *overhead* pabrik

2. Biaya umum (*general expenses*)

- Administrasi
- Distribusi dan pemasaran

- Penelitian dan pengembangan
- Biaya tak terduga

Biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (VC), yaitu semua biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi yang meliputi :

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

b. Biaya Semi Variabel (SCV), yaitu biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi, meliputi :

- Upah karyawan
- *Plant Over Head*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Laboratorium
- Operating supplies
- General expenses

c. Biaya Tetap (FC)

- Depresiasi
- Asuransi
- Pajak
- Bunga

c. Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Untuk itu digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap

harga alat pada beberapa tahun lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam pra rencana pabrik Natrium Heksametfosfat ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat dalam literatur :

- Peter & Timmerhaus
- Ulrich

Dan www.matche.com sebagai pembandingan.

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2013 digunakan persamaan :

$$H_A = H_B \left(\frac{C_A}{C_B} \right)^n \quad (\text{Peter \& Timmerhaus edisi IV, hal 169})$$

Di mana :

H_A : harga alat A

H_B : harga alat B

C_A : kapasitas alat A

C_B : kapasitas alat B

n : eksponen harga alat

11.2. Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)

a. Biaya Langsung (Direct Cost / DC) :

- Luas tanah = 28.993 m²
- Luas bangunan pabrik = 20.427 m²
- Harga tanah = Rp 500.000,-/m²
- Harga bangunan = Rp.800.000,-/m²
- Jumlah total = Rp.30.838.100.000,-

Harga peralatan	E	Rp	204.210.281.961
Tanah dan bangunan		Rp	30.838.100.000
Pemasangan alat	47%E	Rp	95.978.832.522
Instrumentasi dan kontrol	18%E	Rp	36.757.850.753
Perpipaan terpasang	66%E	Rp	134.778.786.094
Listrik terpasang	11%E	Rp	22.463.131.016
Pengembangan lahan	10%E	Rp	20.421.028.196
Fasilitas pelayanan	70%E	Rp	142.947.197.373
Total direct cost (DC)		Rp	688.395.207.914

b. Biaya tak langsung (*Indirect Cost / IC*)

<i>Engineering</i> dan supervisi	33%DC	Rp	227.170.418.612
Konstruksi	41%DC	Rp	282.242.035.245
Total Indirect Cost (IC)		Rp	509.412.453.857

c. Total plant cost (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{Total Plant Cost} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp } 688.395.207.914 + \text{Rp } 509.412.453.857 \\
 &= \text{Rp. } 1.197.807.661.771,-
 \end{aligned}$$

d. Fixed capital investment (FCI)

Kontraktor fee	5%TPC	Rp	59.890.383.089
Biaya tak terduga	10%TPC	Rp	119.780.766.177
Total plant cost		Rp.	1.197.807.661.771
Total FCI		Rp	1.377.478.811.037

e. Modal Kerja (WCI)

$$\text{Work Capital Investation (WCI)} = 15 \% \text{ FCI}$$

$$\text{WCI} = 0,15 \times \text{Rp } 1.377.478.811.037$$

$$= \text{Rp. } 206.621.821.655,-$$

f. Total capital investment (TCI)

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$= \text{Rp } 1.377.478.811.037 + \text{Rp } 206.621.821.655$$

$$= \text{Rp. } 1.584.100.632.692,-$$

Modal yang digunakan terdiri dari :

a. 60 % modal sendiri (TCI) = Rp 950.460.379.615,-

b. 40 % pinjaman (TCI) = Rp 633.640.253.077,-

11.3. Penentuan Total production cost (TPC) :

A. Biaya Manufacturing (Pembuatan)

Biaya Produksi Langsung (DPC) :

Gaji karyawan	TK	Rp	222.150.000
Bahan baku 1 tahun		Rp	281.544.227.346
Biaya utilitas 1 tahun		Rp	32.180.610.106
Biaya pengemasan 1 tahun		Rp	1.080.000.000
Biaya laboratorium	8%TK	Rp	17.772.000
Pemeliharaan dan perawatan	10%FCI	Rp	137.747.881.104
<i>Patent and royalties</i>	1% TPC	Rp	11.978.076.618
Supervisi	15%TK	Rp	33.322.500
Penyediaan operasi	20% FCI	Rp	275.495.762.207
Total DPC		Rp	740.299.801.881

Biaya Produksi Tetap (FPC) :

Biaya Produksi Tetap (FPC)		
Depresiasi alat	10%E	Rp 20.421.028.196
Depresiasi bangunan	1% bangunan	Rp 163.416.000
Pajak Kekayaan	2%FCI	Rp 27.549.576.221
Asuransi	1%FCI	Rp 13.774.788.110
Bunga bank	12% modal pinjaman	Rp 82.373.232.900
Total FPC		Rp 193.531.592.171

B. Biaya overhead Pabrik

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya overhead Pabrik} &= 60\% \text{ TK} \\
 &= 60\% \times \text{Rp } 222.150.000 \\
 &= \text{Rp } 133.290.000
 \end{aligned}$$

Total biaya *manufacture* (pembuatan)

COM = DPC + FPC + Biaya *overhead*

$$\begin{aligned}
 \text{COM} &= \text{Rp.}(740.299.801.881 + 0,01\text{TPC} + 144.282.041.427 + 133.290.000) \\
 &= \text{Rp. } 884.715.133.308,- + 0,01 \text{ TPC}
 \end{aligned}$$

C. Biaya pengeluaran Umum (GE)

Biaya umum (<i>General Expenses</i>)		
Biaya Administrasi	15%TK	Rp 33.322.500
Biaya dist. & pemasaran	10%TPC	0,1 TPC
Biaya litbang	3%TPC	0,03 TPC
Total GE		Rp 33.322.500 + 0,13 TPC

D. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\text{TPC} = \text{GE} + \text{COM}$$

$$= \text{Rp. } 33.322.500 + 0,14 \text{ TPC} + 884.715.133.308$$

$$0,84 \text{ TPC} = \text{Rp } 884.748.455.808,-$$

$$\text{TPC} = \text{Rp } 1.053.271.971.200,-$$

$$\text{GE} = \text{Rp } 136.958.678.756,-$$

11.4. Analisa Profitabilitas

Asumsi yang diambil adalah :

a. Modal :

$$60 \% \text{ modal sendiri} = \text{Rp } 950.460.379.615,-$$

$$40 \% \text{ pinjaman} = \text{Rp } 633.640.253.077,-$$

b. Bunga kredit sebesar 13 % per tahun

c. Masa konstruksi :

Tahun I : 60 % modal sendiri + 40 % modal pinjaman

Tahun II : 60 % modal sendiri + 40 % modal pinjaman

d. Pengembalian pinjaman dalam waktu 2 tahun

e. Umur pabrik 11 tahun

f. Kapasitas produksi :

Tahun I : 90 % dari produksi total

Tahun II : 100 % dari produksi total

h. Pajak penghasilan : 35 % per tahun

❖ **Menghitung Biaya Variabel (VC) :**

$$\text{Bahan baku} = \text{Rp } 281.544.227.346$$

$$\text{Pengemasan} = \text{Rp } 1.080.000.000$$

Utilitas = Rp 32.180.610.106

Total VC = Rp 314.804.837.452

❖ **Menghitung Biaya Semi Variabel (SVC) :**

Gaji karyawan = Rp 222.150.000

Biaya Over head = Rp 133.290.000

Pemeliharaan dan perbaikan = Rp 137.747.881.104

Laboratorium = Rp 17.772.000

Biaya umum = Rp 136.958.678.756

Penyediaan operasi = Rp 275.495.762.207

Supervisi = Rp 33.322.500

Total SVC = Rp 550.608.856.567

❖ **Laba untuk kapasitas pabrik 100 % :**

Laba kotor = Total penjualan – Biaya produksi total

= Rp 686.728.028.800,-

Laba bersih = laba kotor – pajak

= Rp 446.373.218.720,-

Menghitung cash flow :

Cash flow = laba bersih + depresiasi

Kapasitas 100 % = Rp 466.794.246.916,-

Menghitung Penilaian Investasi :

A. Metode Laju Pengembalian modal (*Pay Out Time = POT*)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

Data : FCI = Rp 1.377.478.811.037,-

Perhitungan POT :

$$POT = \frac{FCI}{\text{cash flow}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Kapasitas } 100\% = \frac{\text{Rp.1.377.478.811.037}}{\text{Rp.408.294.246.916}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 3,37 \text{ tahun} = 3 \text{ tahun, } 4 \text{ bulan, } 26 \text{ hari}$$

(Vilbrant and Dryden, hal 254, 1959)

B. Metode Laju Kembalinya Modal (*Return Of Investment = ROI*)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

Pajak = 35 %

Laba kotor = Rp 596.728.028.800,-

Laba bersih = Rp 387.873.218.720,-

Modal tetap = Rp 1.377.478.811.037

$$\begin{aligned} ROI_{AT} &= \frac{\text{laba bersih}}{\text{modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp.387.873.218.720}}{\text{Rp.1.377.478.811.037}} \\ &= 28,16\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{laba kotor}}{\text{modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp.596.728.028.800}}{\text{Rp.1.377.478.811.037}} \times 100\% = 43,32\% \end{aligned}$$

(Vilbrant and Dryden, hal 253, 1959)

C. Menghitung Titik Impas (*Break Even Point = BEP*)

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik itu tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

Data :

FPC (biaya produksi tetap) = Rp 144.282.041.427

SVC (biaya semi variabel) = Rp 550.608.856.567

VC (biaya variabel) = Rp 314.804.837.452

S (harga jual) = Rp 1.650.000.000.000

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FPC} + 0,3\text{SVC}}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 33\% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi :

$$= 33\% \times 30.000 \text{ ton / tahun} = 977.494,666 \text{ ton / tahun.}$$

Nilai BEP untuk pabrik Natrium Heksametfosfat berada di antara nilai 30 – 60 %, maka nilai BEP memadai.

Untuk produksi tahun pertama kapasitas pabrik 90 % dari kapasitas sebenarnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{\text{PB}_i}{\text{PB}} = \frac{(100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{ kapasitas})}{(100 - \text{BEP})}$$

Dimana :

PB_i = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (di bawah 100 %)

PB = keuntungan pada kapasitas 100 %

% kap = % kapasitas yang tercapai

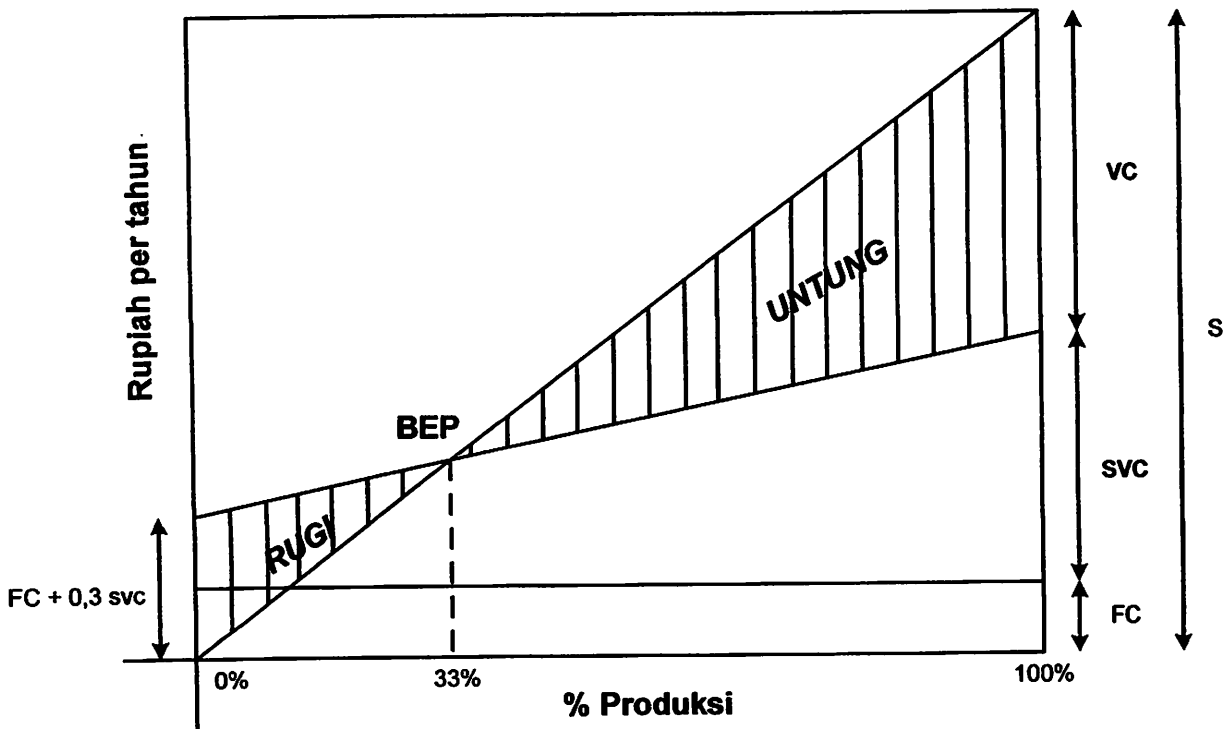
$$\frac{PB_i}{387.873.218.720} = \frac{(100 - 30) - (100 - 90)}{(100 - 30)}$$

$$PB_i = \text{Rp } 325.313.022.152,-$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

C_A = laba bersih tahun pertama + depresiasi

$$= \text{Rp } 345.734.050.348,-$$



Gambar 11.1. Break Even Point (BEP) Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat

D. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3\text{SVC}}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 17,39\% \end{aligned}$$

Titik *shut down point* terjadi pada kapasitas :

$$\begin{aligned} &= 17,39\% \times 30.000 \text{ ton / tahun} \\ &= 521.756,33 \text{ ton / tahun.} \end{aligned}$$

E. *Net Present Value (NPV)*

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah-langkah menghitung NPV :

- a. Menghitung C_{A0} (tahun ke - 0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 703.561.077.525 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1 \\ &= 933.930.633.883 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A0} &= C_{A2} - C_{A-1} \\ &= - \text{Rp } 230.369.556.358 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun :

$$\text{NPV} = C_A \cdot F_d$$

Dimana :

$$F_d = \text{faktor diskon} = 1 / (1 + i)^n$$

$$i = \text{tingkat bunga}$$

$$C_A = \text{cash flow setelah pajak}$$

$$n = \text{tahun ke-n}$$

Tabel 11.1. Cash flow untuk NPV selama 11 tahun dengan nilai sisa = 0

Tahun	Cash Flow / CA (Rp)	Fd (i = 12%)	NPV
0	-Rp230.369.556.358	1	-230.369.556.358
1	Rp933.930.633.883	0,88	826.487.286.622
2	Rp703.561.077.525	0,78	550.991.524.415
3	Rp774.103.420.413	0,69	536.492.501.137
4	Rp2.167.489.577.156	0,61	1.329.361.949.719
5	Rp2.427.588.326.414	0,54	1.317.597.684.678
6	Rp2.718.898.925.584	0,48	1.305.937.528.176
7	Rp3.045.166.796.654	0,43	1.294.380.558.900
8	Rp3.410.586.812.253	0,38	1.282.925.863.689
9	Rp3.819.857.229.723	0,33	1.271.572.537.461
10	Rp4.278.240.097.290	0,29	1.260.319.683.148
11	Rp4.791.628.908.965	0,26	1.249.166.411.615
TCI	Rp1.584.100.632.692	-	-
Jumlah	Rp30.424.782.882.194		11.994.863.973.202

Karena harga NPV = (+) maka pabrik Natrium Heksametafosfat layak untuk didirikan.

F. Internal Rate of Return (IRR)

IRR memiliki pengertian yang sama dengan ROI namun memperhitungkan nilai waktu dan uang yang lebih akurat

Tabel 11.2. Cash flow untuk IRR

Tahun	CA	Fd(i=13%)	NPV ₁	Fd(i=30%)	NPV ₂
0	-Rp230.369.556.358	1	-230.369.556.358	1	-Rp230.369.556.358
1	Rp933.930.633.883	0,88	826.487.286.622	0,77	Rp718.408.179.910
2	Rp703.561.077.525	0,78	550.991.524.415	0,59	Rp416.308.329.896
3	Rp774.103.420.413	0,69	536.492.501.137	0,46	Rp352.345.662.455
4	Rp2.167.489.577.156	0,61	1.329.361.949.719	0,35	Rp758.898.349.902
5	Rp2.427.588.326.414	0,54	1.317.597.684.678	0,27	Rp653.820.116.839
6	Rp2.718.898.925.584	0,48	1.305.937.528.176	0,21	Rp563.291.177.584
7	Rp3.045.166.796.654	0,43	1.294.380.558.900	0,16	Rp485.297.014.534
8	Rp3.410.586.812.253	0,38	1.282.925.863.689	0,12	Rp418.102.043.291
9	Rp3.819.857.229.723	0,33	1.271.572.537.461	0,09	Rp360.210.991.143
10	Rp4.278.240.097.290	0,29	1.260.319.683.148	0,07	Rp310.335.623.139
11	Rp4.791.628.908.965	0,26	1.249.166.411.615	0,06	Rp267.366.075.319
TCI	Rp1.584.100.632.692	-	-	-	-
Jumlah	Rp30.424.782.882.194		11.994.863.973.202		Rp5.074.014.007.654

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 + \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\ &= 13 + \frac{11.994.863.973.202}{11.994.863.973.202 + 5.074.014.007.654} \times (30 - 13) \\ &= 15,59 \% > 13 \% \end{aligned}$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (13%), maka pabrik Natrium Heksametafosfat layak untuk didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat dari asam fosfat dan soda abu direncanakan akan didirikan di Tangerang, Banten dengan kapasitas 30.000 ton / tahun.

Dari segi rancang bangun peralatan, secara keseluruhan peralatan yang diperlukan baik jenis maupun ukurannya sangat memungkinkan untuk diperoleh dan diadakan serta mudah dalam pemeliharaannya.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi maka Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat ini layak didirikan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- ROI sebelum pajak = 43,32 %
- ROI setelah pajak = 28,16 %
- Pay Out Time (POT) = 3,37 tahun
- Break Event Point (BEP) = 33 %
- Internal Rate Of Return (IRR) = 15,59 %

Dari segi manajemen dengan jumlah karyawan yang ada serta bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi garis dan staf, maka pembagian tugas dan tanggung jawab dari karyawan akan lebih jelas.

Dengan memperhatikan tinjauan dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa "Pra Rencana Pabrik Natrium Heksametafosfat" dapat dilanjutkan dalam tahap perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, <http://www.bps.go.id/exim.php>
2. Anonymous, <http://www.chemicaland21.com/industrialchem/inorganic/SODIUM%20HEXAMETAPHOSPHATE.htm>
3. Anonymous, <http://www.chemicaland21.com/industrialchem/inorganic/SODIUM%20CARBONATE.htm>
4. Anonymous, http://www.innophos.com/_sitedocs/innophos-phosphoric-acid-table-11-and-12.pdf
5. Anonymous, <http://www.ronasgroup.com/tetra-sodium-pyrophosphate.asp>
6. Anonymous, <http://www.thermphos.com>
7. Anonymous, http://www.google.com/patents?id=xckdAAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&source=gb_s_overview_r&cad=0#=onepage&q=&f=false
8. Anonymous, <http://www.solvaychemicals.us/services/resourcelibrary/tronaproducts/0,,40510-2-0,00.html>
9. Badger, W.L and Banchemo, J.T, 1985, **"Introduction to Chemical Engineering"**, 1st edition, Mc Graw hill Book Company, Singapore
10. Bernasconi, 1985, **"Teknologi Kimia Bagian I"**, PT Prandya Paramita, Jakarta.
11. Brownell E. Lloyd, 1959. **"Process Equipment Design"**, Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India
12. Brown G.G, 1961. **"Unit Operation"**, Charles E. Tuttle Co. Tokyo, Japan.
13. Coulson and Richardson's, 1994. **"Chemical Engineering"**, Volume 6, Pergamon Press, New York.
14. Geankoplis, Christie, 1997. **"Transport Process dan Unit Operation"**, 3rd Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India
15. Hesse, H.C. and Rushton, J.H., 1981. **"Process Equipment Design"**, D. Van Nostrand Co. New Jersey.

16. Himmelblau, D.M, 1989. ***“Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering”***, 5th edition, Prentice-Hall International, Singapore.
17. Hougen, A. Olaf and Watson, K.M., 1954. ***“Chemical Process Principle”***, 2nd Edition John Willey and Sons Inc. New York.
18. Kern D.Q, 1988. ***“Process Heat Transfer”***, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore.
19. Kirk R.F and Othmer D.F, 1954. ***“Encyclopedya Of Chemical Technology”***, Volume 17, John Willey and Sons Inc, New York.
20. Ludwig E.E, 1964. ***“Design for Chemical and Petrochemical Plant”***, Gulf Publishing Company, Houston.
21. McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, 1994. ***“Operasi Teknik Kimia”***, Jilid I, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia.
22. McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, 1994. ***“Operasi Teknik Kimia”***, Jilid II, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia.
23. Perry, Robert H, 19xx. ***“Perry’s Chemical Engineering Handbook”***, 3th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA.
24. Perry, Robert H, 19xx. ***“Perry’s Chemical Engineering Handbook”***, 5th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA.
25. Perry, Robert H ,1998. ***“Perry’s Chemical Engineering Handbook”***, 6th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA.
26. Perry, Robert H, 2000. ***“Perry’s Chemical Engineering Handbook”***, 7th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA.
27. Peter S. and Timmerhause, 1991. ***“Plant Design and Economic to Chemical Engineering”***, 4th Edition, McGraw Hill, Singapore.
28. Smith, J.M, and Van Ness H.C, 1959. ***“Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics”***, 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York.
29. Ulrich D. Gael, 1984. ***“A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic”***, John Willey and Sons Inc, New York, USA.
30. Vilbandt and Dryden, 1959. ***“Chemical Engineering Plant Design”***, 4th Edition, McGraw Hill Book Company, New York, USA.