

PRA RENCANA PABRIK

**NATRIUM HEKSAMETAFOSFAT DARI ASAM FOSFAT
DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES GRAHAM'S
DENGAN KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

RUDI SURANI 1214902



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

RESEARCH AND DEVELOPMENT

THE RESEARCH AND DEVELOPMENT PROGRAM
OF THE NATIONAL INSTITUTE OF
TECHNOLOGY SURABAYA

RESEARCH AND DEVELOPMENT
PROGRAM

RESEARCH

RESEARCH

RESEARCH AND DEVELOPMENT

RESEARCH AND DEVELOPMENT
PROGRAM
OF THE NATIONAL INSTITUTE OF
TECHNOLOGY SURABAYA

LEMBAR PERSETUJUAN



PRA RENCANA PABRIK

**NATRIUM HEKSAMETAFOSFAT DARI ASAM FOSFAT
DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES GRAHAM'S
DENGAN KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

RUDI SURANI 1214902


Malang, Agustus 2014

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330



Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Ir. Muyassaroh, MT
NIP Y 1039700306

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : RUDI SURANI
NIM : 1214902
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**NATRIUM HEKSAMETAFOSEFAT DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM
KARBONAT DENGAN PROSES GRAHAM'S DENGAN KAPASITAS 24.000
TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

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

Malang, Agustus 2014

Yang membuat pernyataan,



RUDI SURANI

PRA RENCANA PABRIK
NATRIUM HEKSAMETHAPHOSPAT DARI ASAM PHOSPAT
DAN NATRIUM KARBON DENGAN PROSES GRAHAM'S

Disusun oleh :

1. Rudi Surani : 1214902

Dosen pembimbing :

Ir. Muyassaroh,MT

ABSTRAK

Perkembangan produksi natrium hexametfosfat dimulai dari tahun 1816, sejak pertama kali ditemukan garam fosfat oleh Berzelius. Pada tahun 1833, oleh Thomas Graham. Natrium fosfat merupakan garam dari unsur alkali (natrium) dan senyawa asam fosfat. Natrium fosfat terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu : berfungsi sebagai bahan tambahan agar tidak terjadi proses pemisahan minyak dari makanan.

Pada pra perancangan pabrik ini menggunakan proses Graham's dengan kapasitas produksi 24000 ton/th. Dengan melihat berbagai pertimbangan serta perhitungan yang telah dilakukan, maka pendirian pabrik sodium hexametaphosphate di daerah industri Manyar, Gresik, secara teknis dan ekonomis layak untuk didirikan. Adapun rincian pra rencana pabrik sodium hexametaphosphate yang dimaksud Kapasitas: 24.000 ton/tahun, Bentuk Perusahaan: Perseroan Terbatas, Sistem Organisasi : Garis dan Staff, Jumlah Karyawan : 250 orang, Sistem Operasi : Continuous, Waktu Operasi : 330 hari/tahun ; 24 jam/hari, Total Investasi : Rp. 40.849.701.000, Pay Out Periode: 3,3 tahun, Bunga bank: 13,5%, Internal Rate of Return : 29,03%, Rate on Investment: 27,00%, Break Even Point : 32%

Kata kunci: natrium hexametfosfat, proses Graham's, ROI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas hikmat dan karuniaNya sehingga Skripsi yang berjudul "*NATRIUM HEKSAMETAFOFAT DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES GRAHAM'S DENGAN KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN*" dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata I (S-1) di Jurusan Teknik Kimia ITN Malang. Dengan terselesainya Skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Jimmy, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
3. Ibu Ir, Muyassaroh, MT , selaku dosen pembimbing Skripsi.
4. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya Skripsi ini.

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

Malang, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|--------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR TABEL | x |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| BAB III NERACA MASSA | III-1 |
| BAB IV NERACA PANAS | IV-1 |
| BAB V SPEKSIFIKASI PERALATAN..... | V-1 |
| BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA | VI-1 |
| BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA | VII-1 |
| VII.1. Instrumentasi..... | VII-1 |
| VII.2. Keselamatan Kerja | VII-3 |
| BAB VIII UTILITAS | VIII-1 |
| VIII.1. Unit Pengolahan Air | VIII-1 |
| VIII.2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik..... | VIII-7 |
| VIII.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar | VIII-8 |
| BAB IX TATA LETAK PABRIK | IX-1 |
| IX.1. Tata Letak Pabrik..... | IX |
| IX.2. Tata Letak Peralatan Proses | IX |
| IX.3. Perkiraan Luas Pabrik | IX |
| BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN | X-1 |
| X.1. Bentuk Perusahaan..... | X-1 |
| X.2. Struktur Organisasi | X-2 |
| X.3. Pembagian tugas dan Tanggung Jawab Organisasi | X-4 |

| | | |
|---------|--|-------|
| X.4. | Jadwal dan Jam Kerja | X-8 |
| X.5. | Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan | X-10 |
| X.6. | Perencanaan Jumlah Karyawan | X-11 |
| X.7. | Sistem Pengupahan Karyawan..... | X-12 |
| X.8. | Jaminan Sosial | X-13 |
| BAB XI | ANALISA EKONOMI | XI-1 |
| BAB XII | KESIMPULAN..... | XII-1 |

DAFTAR PUSTAKA

APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA

APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS

APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS

APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|------|
| Gambar 1.1. Peta Lokasi Pabrik Glukosa..... | I-8 |
| Gambar 2.1. Blok Diagram Proses Hidrolisis Asam – Enzim | II-1 |
| Gambar 2.2. Blok Blok Diagram Proses Hidrolisis Enzim – Enzim..... | II-2 |
| Gambar 9.1. Tata Letak Bangunan Pabrik Glukosa | IX-2 |
| Gambar 9.2. Tata Letak Peralatan Proses..... | IX-4 |
| Gambar 10.1 Struktur Organisasi..... | X-3 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------|
| Tabel 1.1.Data Impor Glukosa | I-3 |
| Tabel 1.2. Perhitungan Analisa Pasar | I-8 |
| Tabel 2.1. Perbandingan Proses Pembuatan Glukosa | II-2 |
| Tabel 7.1. Alat Kontrol di Pabrik | VII-2 |
| Tabel 7.2. Alat Keselamatan Kerja..... | VII-6 |
| Tabel 9.2. Perkiraan Luas Pabrik | IX-5 |
| Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik | X-9 |
| Tabel 10.2 Daftar Jumlah Karyawan..... | X-11 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan produksi natrium hexametafosfat dimulai dari tahun 1816, sejak pertama kali ditemukan garam fosfat oleh Berzelius. Pada tahun 1833, Thomas Graham telah menerbitkan hasil penelitiannya tentang natrium fosfat, yaitu apabila senyawa natrium fosfat dipanaskan, maka molekul air yang terikat pada kristal akan terpisah dan dihasilkan endapan kristal yang kemudian disebut garam natrium hexametafosfat atau dikenal dengan nama Graham's Salt.

Natrium fosfat merupakan garam dari unsur alkali (natrium) dan senyawa asam fosfat. Natrium fosfat terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu : mono-natrium fosfat (NaH_2PO_4) , di-natrium fosfat (Na_2HPO_4), dan tri-natrium fosfat (Na_3PO_4). Natrium fosfat secara umum digunakan pada industri makanan , dimana natrium fosfat berfungsi sebagai bahan tambahan agar tidak terjadi proses pemisahan minyak dari makanan.

Natrium hexametafosfat merupakan salah satu turunan dari natrium fosfat yang terbentuk dengan proses perengkahan natrium fosfat sehingga terpisahnya ikatan atom hydrogen (H^+) dan gugus hydroxyl (OH^-). Proses perengkahan natrium fosfat menjadi natrium hexametafosfat memerlukan energi yang tinggi dengan disertai pendinginan mendadak agar tidak terjadi penguraian dari produk natrium hexametafosfat yang terbentuk.

Industri natrium hexametafosfat di Indonesia mempunyai perkembangan yang stabil, hal ini dapat dilihat dengan kegunaan natrium hexametafosfat pada industri makanan, tekstil, kertas, pelunak air, dan lain sebagainya. Pendirian pabrik natrium hexametafosfat di Indonesia mempunyai peluang investasi yang menjanjikan dan mempunyai profitabilitas yang tinggi.

Manfaat lebih lanjut dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi impor natrium hexametafosfat, sehingga Indonesia tidak mengimpor natrium hexametafosfat. Dengan demikian dapat mendorong pertumbuhan industri-industri kimia, menciptakan lapangan pekerjaan, mengurangi pengangguran dan yang terakhir diharapkan dapat menumbuhkan serta memperkuat perekonomian di Indonesia. Kebutuhan natrium hexametafosfat di Indonesia dipenuhi oleh beberapa negara pengimpor. Beberapa tahun ini, Indonesia masih membutuhkan natrium hexametafosfat dari negara-negara penghasil natrium hexametafosfat.

1.2 Bahan Baku dan Produk

Bahan Baku :

Natrium Karbonat (Perry 6^{ed} 1984)

| | |
|-----------------------|--|
| Nama Lain | : soda ash |
| Rumus Molekul | : Na_2CO_3 (komponen utama) |
| Berat Molekul | : 106 g/mol |
| Warna | : putih |
| Bau | : tidak berbau |
| Bentuk | : serbuk 100 mesh |
| Specific gravity | : 2,533 |
| Titik leleh | : 851°C (1 atm) |
| Titik didih | : terdekomposisi diatas 851°C |
| Kelarutan, air dingin | : 7,1 kg / 100 kg H_2O ($\text{H}_2\text{O}=0^\circ\text{C}$) |
| Kelarutan, air panas | : 48,5 kg / 100 kg H_2O ($\text{H}_2\text{O}=104^\circ\text{C}$) |

Komposisi soda ash :

| Komponen | % Berat |
|---------------------------------|---------|
| Na ₂ CO ₃ | 99,70% |
| Impuritis | 0,20% |
| H ₂ O | 0,10% |
| Jumlah | 100,00% |

Asam fosfat (Perry 6^{ed} 1984)

| | |
|-----------------------|---|
| Nama Lain | : Phosphoric acid |
| Rumus Molekul | : H ₃ PO ₄ (komponen utama) |
| Berat Molekul | : 98 g/mol |
| Warna | : tidak berwarna |
| Bau | : berbau posfat |
| Bentuk | : liquida pekat |
| Specific gravity | : 1.685 |
| Titik leleh | : 42,35°C (1 atm) |
| Titik didih | : terdekomposisi diatas 213°C |
| Kelarutan, air dingin | : sangat larut |
| Kelarutan, air panas | : sangat larut |

Komposisi asam fosfat :

| Komponen | % Berat |
|--------------------------------|---------|
| H ₃ PO ₄ | 85,00% |
| H ₂ O | 15,00% |
| Jumlah | 100,00% |

Produk :**Natrium hexametfosfat (Perry 6^{ed} 1984)**

| | |
|-----------------------|---|
| Nama Lain | : Graham's Salt, SHMP |
| Rumus Molekul | : $(\text{NaPO}_3)_6$ (komponen utama) |
| Berat Molekul | : 612 g/mol |
| Warna | : putih |
| Bau | : tidak berbau |
| Bentuk | : serbuk 100 mesh |
| Specific gravity | : 2,45 |
| Titik leleh | : 988°C |
| Titik didih | : - |
| Kelarutan, air dingin | : 2,26 kg/100 kg H ₂ O (H ₂ O=0°C) |
| Kelarutan, air panas | : 45,0 kg/100 kg H ₂ O (H ₂ O=96°C) |

Kadar produk : (Chemicaland21)

Kadar fosfat = minimum 68%

Kadar air dalam produk = maksimum 0,05%

1.3 Analisa Pasar

Natrium hexametfosfat sangat penting dalam industri makanan dimana natrium hexametfosfat merupakan bahan tambahan yang mampu mengurangi kehilangan minyak dalam proses pengawetan makanan. Data kebutuhan dari BPS Surabaya tahun 2004-2008 terlihat pada table I.1, sehingga kebutuhan pada tahun 2014 ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat juga untuk orientasi ekspor, sehingga penentuan prediksi kapasitas produksi dapat direncanakan.

Tabel I.1. Data impor Natrium hexametafosfat

| Tahun | Import (kg/th) | Kenaikan |
|-----------|----------------|-------------|
| 2004 | 1,472,283.00 | - |
| 2005 | 1,329,224.00 | (9,716.00) |
| 2006 | 1,099,663.00 | (17,270.00) |
| 2007 | 6,340,758.00 | 82,657.00 |
| 2008 | 6,488,489.00 | 2,330.00 |
| 2009 | 6,546,490.00 | 58,001.00 |
| 2010 | 6,604,491.00 | 58,001.00 |
| 2011 | 6,662,492.00 | 58,001.00 |
| 2012 | 6,720,493.00 | 58,001.00 |
| Rata-rata | 43,264,383.00 | |

Sumber : BPS

- Untuk kenaikan rata-rata impor 14,499 % maka perkiraan impor barium karbonat pada tahun 2014 adalah:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= P (1+i)^n \\
 &= 6.488.489 (1+0.14499)^6 \\
 &= 14.620.214 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Eksport (30 – 60 %) = 14.620.489 +(60% x 14.620.489) = 23.392.507 kg/th

Kapasitas pabrik 24.000 ton/tahun

1 tahun 330 hari kerja dan 1 hari 24 jam proses.

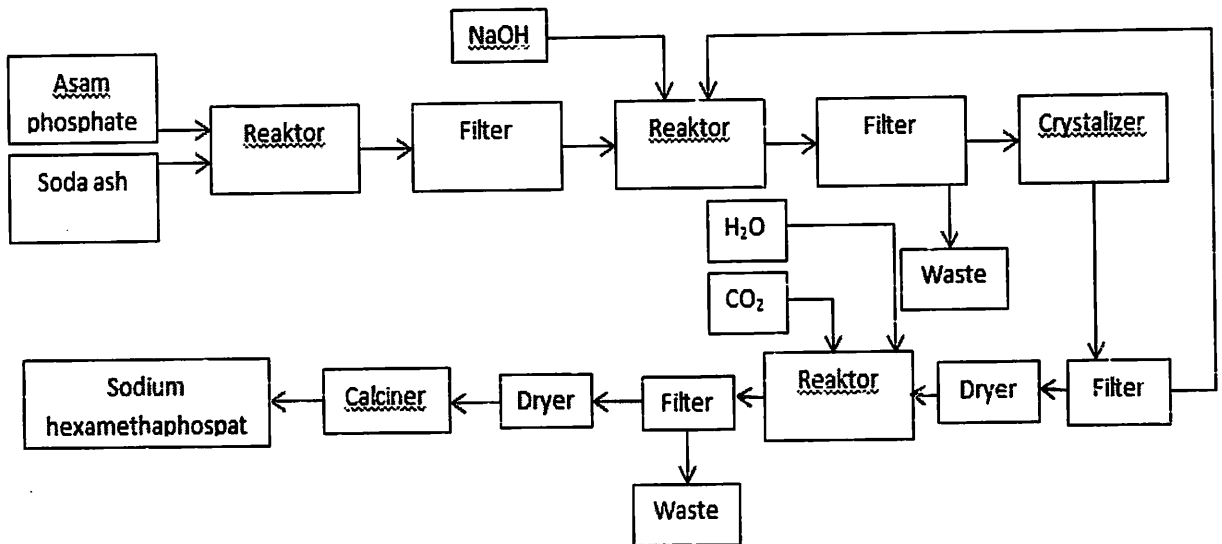
Dengan demikian, maka penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik natrium hexametafosfat di Indonesia.

BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam Proses

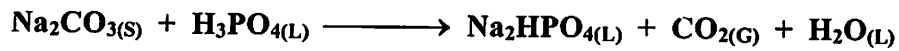
Secara umum pembuatan natrium hexametaphosfat dapat dilakukan dengan cara pemanasan senyawa natrium fosfat. Natrium fosfat dapat dibuat dengan 2 proses, yaitu proses alkali (karbonilasi trinatrium fosfat) dan proses Graham's (kalsinasi dinatrium fosfat). trinatrium fosfat dan dinatrium fosfat dapat dibuat dari senyawa natrium karbonat dan asam fosfat.

II.1.1. Proses Alkali



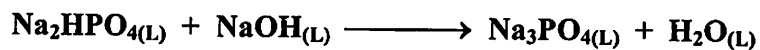
Pada proses ini bahan baku untuk pembuatan natrium hexametaphosfat adalah **tri-natrium fosfat**, dimana tri-natrium fosfat dibuat dengan cara : natrium karbonat berlebih direaksikan dengan asam fosfat (60% - 65%) membentuk dinatrium fosfat dengan suhu antara 85°C - 100°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



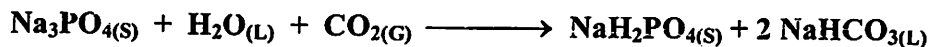
Campuran produk reaksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan, sedangkan larutan terpisah kemudian direaksikan dengan NaOH 50% membentuk trinitrium fosfat dengan suhu operasi 90°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



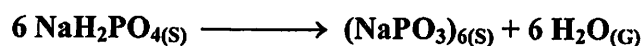
Campuran produk reaksi berupa larutan trinitrium fosfat kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan, dan larutan terpisah kemudian dikristalisasi membentuk $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Kristal kemudian difiltrasi. Kristal basah kemudian dikeringkan pada dryer dengan suhu diatas 100°C untuk melepaskan molekul H_2O sehingga terbentuk kristal Na_3PO_4 . kristal Na_3PO_4 kemudian dilarutkan dalam air, dan dikarbonilasi dengan penambahan gas CO_2 sehingga membentuk mono natrium fosfat.

Reaksi yang terjadi :

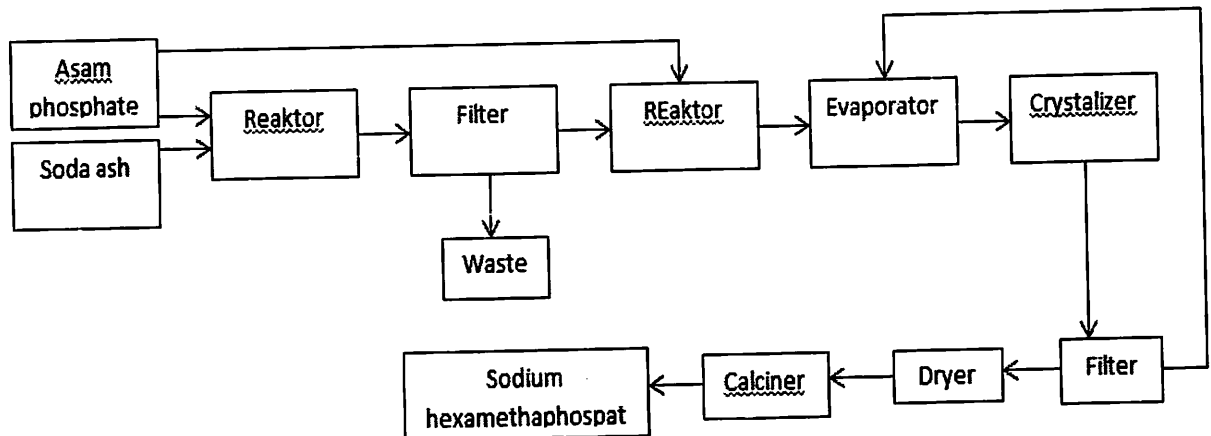


Campuran larutan kemudian difiltrasi untuk memisahkan liquid, sedangkan padatan mono natrium fosfat kemudian dikeringkan pada dryer dengan suhu 350°C - 400°C. Produk mono natrium fosfat kemudian dikalsinasi pada calciner membentuk natrium hexametrafosfat dengan suhu operasi 760°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)

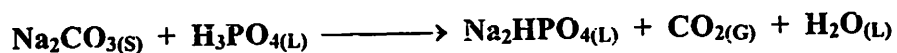


II.1.2. Proses Graham's



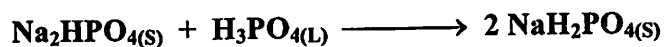
Pada proses ini bahan baku untuk pembuatan natrium hexametafosfat adalah di-natrium fosfat, dimana di-natrium fosfat dibuat dengan cara : natrium karbonat berlebih direaksikan dengan asam fosfat (60% - 65%) membentuk dinatrium fosfat dengan suhu antara 85°C - 100°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Campuran produk reaksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan, sedangkan larutan terpisah ditambahkan asam fosfat sehingga menghasilkan mono natrium fosfat dengan suhu operasi 90°C.

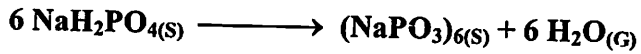
Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)



Larutan kemudian dipekatkan sampai 60% pada evaporator dan kemudian dikristalisasi membentuk $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Kristal kemudian difiltrasi untuk memisahkan mother liquor, dimana mother liquor dikembalikan untuk dikristalisasi kembali. Kristal basah kemudian dikeringkan pada dryer dengan suhu diatas 100°C untuk melepaskan molekul H_2O sehingga terbentuk kristal NaH_2PO_4 .

Produk mono natrium fosfat kemudian dikalsinasi pada calciner membentuk natrium hexametafosfat dengan suhu operasi 760°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)



II.2. Seleksi Proses

| Parameter | Macam Proses | |
|----------------|---|---|
| | Alkali | Graham's |
| Bahan Baku | Na ₂ CO ₃ H ₃ PO ₄ | Na ₂ CO ₃ H ₃ PO ₄ |
| Bahan pembantu | NaOH | - |
| Tekanan | vacuum | atmospheric |
| Proses | Kompleks | Sederhana |
| Yields produk | 95% | 95% |
| Investasi | Tinggi | Rendah |

Dari uraian cara pembuatan natrium hexametafosfat yang telah dijelaskan bahwa proses Graham's lebih efisien dari pada proses alkali. Hal ini dapat dilihat bahwa pada proses alkali dibutuhkan NaOH sebagai bahan pembantu untuk membentuk trisodium fosfat, selain itu untuk proses kristalisasi diperlukan tekanan atmosfer bukanlah vacuum, dan yang terakhir peralatan yang digunakan lebih sederhana dibandingkan proses alkali. Maka proses yang paling efisien adalah pembuatan natrium hexametafosfat dengan proses Graham's. Keuntungan dari proses ini adalah :

1. Bahan baku tersedia di Indonesia dengan cadangan melimpah.
2. Alat utama lebih sederhana dibandingkan proses lainnya.
3. Alat crystallizer lebih ekonomis dengan tekanan 1 atm.

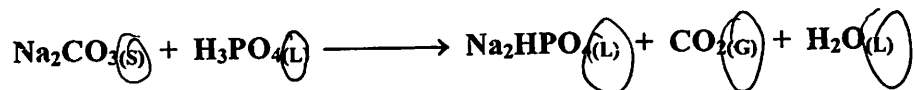
4. Investasi lebih ekonomis, dengan menggunakan instalasi sederhana.

II.3. Uraian Proses

Adapun uraian proses pembuatan natrium hexametafosfat dengan proses Graham's adalah sebagai berikut :

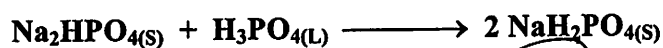
Pertama-tama natrium karbonat 99,7% dari supplier SREE International Indonesia ditampung dalam tanki. Natrium karbonat kemudian diumpankan untuk proses pelarutan dengan penambahan air proses dari utilitas sampai dengan kadar Na_2CO_3 42% (Keyes : 747). Larutan natrium karbonat kemudian diumpankan ke dalam tanki untuk direaksikan dengan asam fosfat 65%. Pada reaktor terjadi reaksi antara natrium karbonat dengan asam fosfat membentuk dinatrium fosfat dengan suhu 85°C . (Keyes : 747)

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Produk gas berupa limbah gas kemudian dibuang ke pengolahan limbah gas, sedangkan produk bawah berupa campuran dinatrium fosfat diumpankan ke filter untuk proses pemisahan solid dan liquid. Solid berupa impuritis kemudian dibuang ke pengolahan limbah padat, sedangkan liquid berupa larutan dinatrium fosfat dimasukkan ke dalam reaktor untuk direaksikan dengan asam fosfat.

Pada reactor terjadi reaksi antara dinatrium phosphat dengan asam fosfat menjadi mono natrium fosfat dengan suhu operasi 90°C . (Keyes : 747) Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)

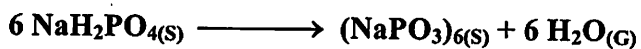


Larutan kemudian dipekatan sampai 60% pada evaporator dengan tekanan vacuum dan kemudian dikristalisasi pada pada crystallizer membentuk kristal

NaH_2PO_4 . Kristal kemudian difiltrasi pada centrifuge untuk memisahkan mother liquor, dimana mother liquor dibuang ke pengolahan limbah cair. Kristal basah kemudian dikeringkan pada rotary dengan suhu 105°C .

Produk mono natrium fosfat kemudian dikalsinasi membentuk natrium hexametafosfat dengan suhu operasi 760°C .

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 747)



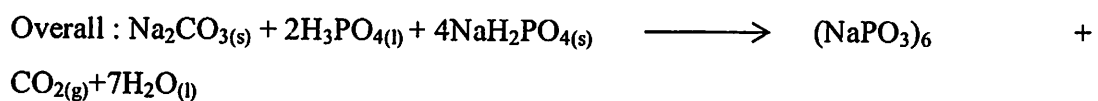
Yields yang didapat dengan proses ini 90% - 95%.

Produk natrium hexametafosfat kemudian didinginkan sampai dengan suhu kamar (32°C) dengan bantuan udara bebas. Produk natrium hexametafosfat dihaluskan sampai 100 mesh. Produk kemudian diayak, dimana produk oversize direcycle kembali sedangkan produk yang lolos ayak ditampung pada penampung.

II.4 Analisa Ekonomi

Reaksi yang terjadi adalah :

1. $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{l}) \longrightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
2. $\text{Na}_2\text{HPO}_4(\text{s}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{l}) \longrightarrow 2 \text{NaH}_2\text{PO}_4(\text{s})$
3. $6 \text{NaH}_2\text{PO}_4(\text{s}) \longrightarrow (\text{NaPO}_3)_6(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$



| Komponen | BM | Harga/kg | Harga/kgmol |
|---------------------------|-----|----------|-------------|
| Na_2CO_3 | 106 | 1.760 | 186.560 |
| H_3PO_4 | 98 | 18.571 | 1.819.958 |
| Na_2HPO_4 | 142 | 0 | 0 |
| NaH_2PO_4 | 89 | 5.500 | 489.500 |
| $(\text{NaPO}_3)_6$ | 612 | 14.300 | 1.458.600 |

$$\begin{aligned}\text{Total EP} &= (612 \times 14.300) - \{186.560 + (2 \times 98 \times 18.571) + (4 \times 89 \times 5.500)\} \\ &= 8.751.600 - (186.560 + 3.639.916 + 1.958.000) \\ &= 2.967.124 \text{ /kgmol}\end{aligned}$$

Dapat disimpulkan bahwa natrium hexametafosfat dapat dibuat dengan skala komersial karena hasil produksinya lebih besar dibandingkan dengan ongkos bahan baku yang digunakan

BAB III
NERACA MASSA

Kapasitas produksi = 24.000 ton/tahun
 Waktu operasi = 24 jam / hari ; 330 hari / tahun
 Satuan massa = kilogram / jam
 Satuan panas = kilokalori / jam

1. TANGKI PELARUT (M-110)

| Masuk | | Keluar | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| Dari tangki penampung | | Ke reactor | |
| Na ₂ CO ₃ | 3334.97504 | Na ₂ CO ₃ | 3334.9750 |
| Impuritis | 26.89496 | Impuritis | 26.8949 |
| H ₂ O ditambahkan | 1795.76 | H ₂ O | 1795.76 |
| Total | 5157.63 | Total | 5157.63 |

2. TANGKI PENGECER (F-111)

| Masuk | kg/ jam | Keluar | kg/ jam | 53% (reactor 1) | 47% (reactor 2) |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Dari tangki penampung | | Ke reaktor | | | |
| H ₃ PO ₄ | 2857.5895 | H ₃ PO ₄ | 2857.5895 | 1514.5224 | 1343.0671 |
| H ₂ O | 504.2805 | H ₂ O | 1538.7020 | 815.5121 | 723.1900 |
| H ₂ O ditambah | 1034.4215 | | | | |
| Total | 4396.2915 | Total | 4396.2915 | 2330.0345 | 2066.2570 |

3. REAKTOR - 1 (R - 120)

| Komponen masuk dari tangki pelarut | kg/j | Komponen keluar | kg/j |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| Na ₂ CO ₃ | 3334.9750 | Na ₂ HPO ₄ | 2084.7865 |
| Impuritis | 26.8950 | Na ₂ CO ₃ | 1778.7260 |
| H ₂ O | 1795.7558 | Impuritis | 26.8950 |
| | 5157.6258 | H ₂ O | 2875.5366 |
| | | h ₃ po ₄ | 75.7261 |
| | | | 6841.6701 |
| dari tangki pengenceran | | gas | |
| H ₃ PO ₄ | 1514.5224 | CO ₂ | 645.9902 |
| H ₂ O | 815.5121 | | |
| Total | 7487.6603 | Total | 7487.6603 |

4. ROTARY VACUUM FILTER (H-122)

| Komponen | Masuk kg/j | Komponen | keluar kg/j |
|----------------------------------|------------|----------------------------------|-------------|
| | | | |
| Na ₂ HPO ₄ | 2084.7865 | Na ₂ HPO ₄ | 2043.0908 |
| Na ₂ CO ₃ | 1778.7260 | H ₂ O | 2818.0259 |
| Impuritis | 26.8950 | H ₃ PO ₄ | 74.2116 |
| H ₂ O | 2875.5366 | total | 4935.3282 |
| H ₃ PO ₄ | 75.7261 | | |
| Total | 6841.6701 | padat | |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 41.6957 |
| | | Na ₂ CO ₃ | 1778.7260 |
| | | H ₃ PO ₄ | 1.5145 |
| | | Impuritis | 26.8950 |
| | | H ₂ O | 57.5107 |
| Total | 6841.6701 | Total | 6841.6701 |

5. REAKTOR - 2 (R - 124)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------|
| Dari filter press | | Ke Evaporator | |
| NaH ₂ PO ₄ | 2043.09 | NaH ₂ PO ₄ | 3280.46 |
| H ₂ O | 2818.03 | Na ₂ HPO ₄ | 102.15 |
| | 4861.12 | H ₂ O | 3541.22 |
| H ₃ PO ₄ dari | | | |
| H ₃ PO ₄ | 1417.28 | H ₃ PO ₄ | 77.76 |
| H ₂ O | 723.19 | | |
| impuritis | 0.00 | Total | |
| Total | 7001.59 | | 7001.59 |

6. EVAPORATOR (V - 130)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------|
| NaH ₂ PO ₄ | 3280.4556 | NaH ₂ PO ₄ | 3280.4556 |
| Na ₂ HPO ₄ | 102.1545 | Na ₂ HPO ₄ | 102.1545 |
| H ₂ O | 3541.2158 | H ₂ O | 2007.0566 |
| Total | 6923.8259 | total | 5389.6667 |
| | | Uap air | |
| | | H ₂ O | 1534.1592 |
| Total | 6923.8259 | Total | 6923.8259 |

7. CRYSTALLIZER (S - 135)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|----------------------------------|--------------|--------------------------------------|---------------|
| NaH ₂ PO ₄ | 3280.4556 | NaH ₂ PO ₄ © | 3266.5382 |
| Na ₂ HPO ₄ | 102.1545 | NaH ₂ PO ₄ (l) | 13.9174 |
| H ₂ O | 2007.0566 | Na ₂ HPO ₄ | 102.1545 |
| | | H ₂ O | 2007.0566 |
| Total | 5389.6667 | Total | 5389.6667 |



8. CENTRIFUGE (H-136)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|---|--------------|----------------------------------|---------------|
| NaH ₂ PO ₄ (camp) | 3266.5382 | NaH ₂ PO ₄ | 3267.2340 |
| NaH ₂ PO ₄ (l) | 13.9174 | Na ₂ HPO ₄ | 5.1077 |
| Na ₂ HPO ₄ | 102.1545 | H ₂ O | 100.3528 |
| H ₂ O | 2007.0566 | total | 3372.6946 |
| | | Limbah cair | |
| | | NaH ₂ PO ₄ | 13.2216 |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 97.0468 |
| | | H ₂ O | 1906.7037 |
| | 5389.6667 | Total | 5389.6667 |

9. ROTARY DRYER (B - 140)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------|
| Kristal basah dari | | Kristal kering ke | |
| NaH ₂ PO ₄ | 3267.2340 | NaH ₂ PO ₄ | 3234.5617 |
| Na ₂ HPO ₄ | 5.1077 | Na ₂ HPO ₄ | 5.0566 |
| H ₂ O | 100.3528 | H ₂ O | 100.3528 |
| | | Total | 3339.9712 |
| | | Campuran ke | |
| | | NaH ₂ PO ₄ | 32.6723 |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 0.0511 |
| Total | 3372.6946 | total | 3372.6946 |

10. CYCLONE (E - 146)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|---------------|
| campuran dari | | kristal kering ke | |
| NaH ₂ PO ₄ | 32.6723 | NaH ₂ PO ₄ | 32.3456 |
| Na ₂ HPO ₄ | 0.0511 | Na ₂ HPO ₄ | 0.0506 |
| | | Total | 32.3962 |
| | | Limbah gas | |
| | | NaH ₂ PO ₄ | 0.3267 |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 0.0005 |
| Total | 32.7234 | Total | 32.7234 |



11. ROTARY KILN (B - 144)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|----------------------------------|--------------|--|---------------|
| Krisal dari rotary dryer | | (NaPO ₃) ₆ ke Rotary cooler | |
| NaH ₂ PO ₄ | 3234.5617 | (NaPO ₃) ₆ | 2718.6125 |
| Na ₂ HPO ₄ | 5.0566 | NaH ₂ PO ₄ | 65.2728 |
| H ₂ O | 100.3528 | H ₂ O | 100.3528 |
| Total | 3339.9712 | Total | 2884.2381 |
| | | | |
| Krital dari cyclone | | Campuran ke cyclone | |
| NaH ₂ PO ₄ | 32.3456 | (NaPO ₃) ₆ | 2.7213 |
| Na ₂ HPO ₄ | 0.0506 | NaH ₂ PO ₄ | 0.0653 |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 5.1072 |
| | | H ₂ O | 480.2354 |
| total | 3372.3674 | Total | 3372.3674 |

12. CYCLONE (H-146)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|-----------------------------------|--------------|--|---------------|
| Campuran dari Rotary kiln | | (NaPO ₃) ₆ ke Rotary cooler | |
| (NaPO ₃) ₆ | 2.7213 | (NaPO ₃) ₆ | 2.6941 |
| NaH ₂ PO ₄ | 0.0653 | NaH ₂ PO ₄ | 0.0007 |
| Na ₂ HPO ₄ | 5.1072 | | |
| H ₂ O | 480.2354 | Gas | |
| Toal | 488.1293 | (NaPO ₃) ₆ | 0.0272 |
| | | NaH ₂ PO ₄ | 0.0647 |
| | | Na ₂ HPO ₄ | 5.1072 |
| | | H ₂ O | 480.2354 |
| Total | 488.1293 | Total | 488.1293 |

13. ROTARY COOLER (E-151)

| Komponen | Masuk | Komponen | Keluar (kg/j) |
|---------------------------|-----------|-----------------------|---------------|
| Komponen dari Rotary kiln | | Komponen ke Ball Mill | |
| (NaPO3)6 | 2718.6125 | (NaPO3)6 | 2694.0935 |
| NaH2PO4 | 65.2728 | NaH2PO4 | 0.6527 |
| H2O | 100.3528 | H2O | 100.3528 |
| | 2884.2381 | | 2795.10 |
| | | Komponen ke cyclone | |
| (NaPO3)6 | 2.6941 | (NaPO3)6 | 27.2131 |
| NaH2PO4 | 0.0007 | NaH2PO4 | 64.6207 |
| | 2886.9329 | | 2886.93 |

14. CYCLONE (H-153)

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|-----------------------------|--------------|-----------------------|---------------|
| Campuran dari Rotary cooler | | Campuran ke Ball Mill | |
| (NaPO3)6 | 27.2131 | (NaPO3)6 | 26.9409 |
| NaH2PO4 | 64.6207 | NaH2PO4 | 63.9745 |
| Total | 91.8338 | Total | 90.9155 |
| | | gas | |
| | | (NaPO3)6 | 0.2721 |
| | | NaH2PO4 | 0.6462 |
| Total | 91.8338 | Total | 91.8338 |

15. BALL MILL (C-155)

Neraca massa

| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|
| Dari cooler | | ke screen | |
| (NaPO ₃) ₆ | 2694.0935 | (NaPO ₃) ₆ | 2857.0862 |
| NaH ₂ PO ₄ | 0.6527 | NaH ₂ PO ₄ | 67.8586 |
| H ₂ O | 100.3528 | H ₂ O | 105.3705 |
| | 2795.0991 | | |
| Dari cyclone | | | |
| (NaPO ₃) ₆ | 26.9409 | | |
| NaH ₂ PO ₄ | 63.9745 | | |
| | 90.9155 | | |
| Dari recycle | | | |
| (NaPO ₃) ₆ | 136.0517 | | |
| NaH ₂ PO ₄ | 3.2314 | | |
| H ₂ O | 5.0176 | | |
| | 144.3007 | | |
| Total | 3030.3153 | Total | 3030.3153 |

16. SCREEN (H-156)

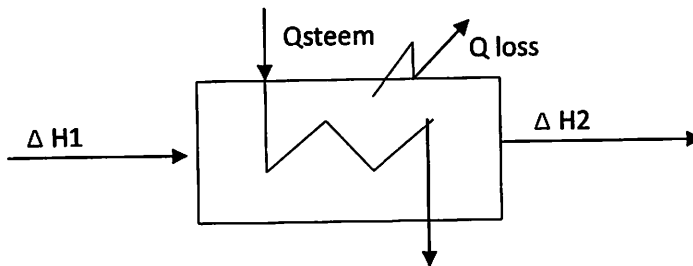
| Komponen | Masuk (kg/j) | Komponen | Keluar (kg/j) |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|
| (NaPO ₃) ₆ | 2857.0862 | (NaPO ₃) ₆ | 2721.0344 |
| NaH ₂ PO ₄ | 67.8586 | NaH ₂ PO ₄ | 64.6273 |
| H ₂ O | 105.3705 | H ₂ O | 100.3528 |
| Total | 3030.3153 | | 2886.0145 |
| | | Ke ball mill | |
| | | (NaPO ₃) ₆ | 136.0517 |
| | | NaH ₂ PO ₄ | 3.2314 |
| | | H ₂ O | 5.0176 |
| | 3030.3153 | | 3030.3153 |

BAB IV NERACA PANAS

Basis operasi : 24 jam
Suhu referensi : 25 C
Kapasitas produksi : 3361,87 kg/jam

4.1 Heater 1(E-117)

Fungsi : untuk memanaskan natrium karbonat dari suhu 30⁰C menjadi 85⁰C.



Neraca Panas Total :

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

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan masuk

ΔH_2 : Panas bahan keluar

Q : Panas yang terkandung dalam steam

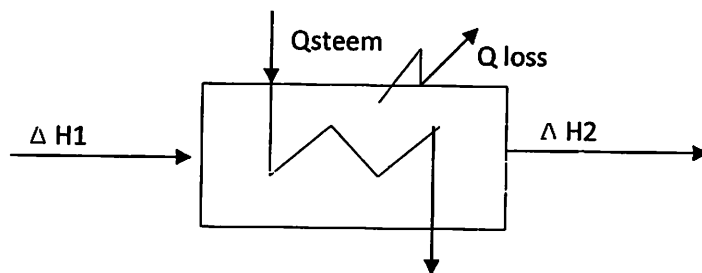
Q_{loss} : Panas yang hilang

Neraca Panas Total pada Heater Natrium Karbonat

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| ΔH_1 | 8471.6117 | ΔH_2 | 156653.8139 |
| Q | 148605.7828 | Qloss | 423.580585 |
| Total | 157077.3945 | Total | 157077.3945 |

4.1 Heater 2 (E-118)

Fungsi : untuk memanaskan asam fosfat dari suhu 30°C menjadi 85°C.



Neraca Panas Total :

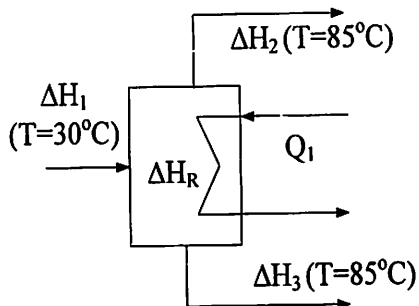
$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Neraca Panas Total :

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| ΔH_1 | 5792.8889 | ΔH_2 | 56057.1492 |
| Q | 50553.90475 | Qloss | 289.644445 |
| Total | 56346.79365 | Total | 56346.79365 |

4.2 Reaktor 1 (R-120)

Fungsi : untuk mereaksikan natrium karbonat dan asam fosfat membentuk disodium fosfat.



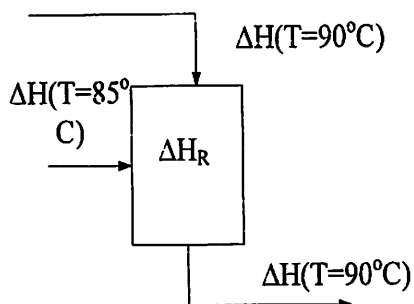
Neraca Panas Total :

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

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------|-------------|--------------------|---------------------|
| ΔH_1 | 14264.5006 | ΔH_2 | 18596187315808.6000 |
| ΔH_R | 1.85962E+13 | Q_{serap} | -17570840.9961 |
| Total | 1.85962E+13 | Total | 1.85962E+13 |

4.3 Reaktor 2 (R-124)

Fungsi : mereaksikan disodium fosfat dengan asam fosfat menjadi monosodium fosfat.



Neraca Panas Total :

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

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------|-------------|--------------------|-------------|
| ΔH_1 | 188248.9153 | ΔH_2 | 263092.475 |
| ΔH_R | 196908.0116 | Q_{serap} | 122064.4519 |
| Total | 385156.9269 | Total | 385156.9269 |

4.4 Evaporator

Fungsi : memekatkan larutan monosodium fosfat.

Neraca Panas Total :

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

Dimana :

ΔH_1 : panas bahan masuk

ΔH_2 : panas bahan keluar

Q_{steam} : panas yang terkandung dalam steam

Q_{loss} : panas yang hilang

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------------|-------------|-------------------|-------------|
| ΔH_1 | 260101.1225 | ΔH_2 | 814371.2202 |
| Q_{steam} | 583442.2081 | Q_{loss} | 29172.1104 |
| Total | 843543.3306 | Total | 843543.3306 |

4.5 Crystallizer

Fungsi : mengkristalisasi monosodium fosfat dengan bantuan pendingin

Neraca Panas Total :

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

Dimana :

ΔH_1 : panas bahan masuk

ΔH_2 : panas bahan keluar

$Q_{\text{kristalisasi}}$: panas yang terkandung dalam crystallizer

Q_{serap} : panas yang terserap

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|---------------------------|-------------|--------------------|-------------|
| ΔH_1 | 914839.4982 | ΔH_2 | 23342.02224 |
| $Q_{\text{kristalisasi}}$ | 24499.03619 | Q_{serap} | 915996.5121 |
| Total | 939338.5344 | Total | 939338.5344 |

4.7 Rotary Dryer

Fungsi : mengeringkan Kristal monosodium fosfat dengan udara panas.

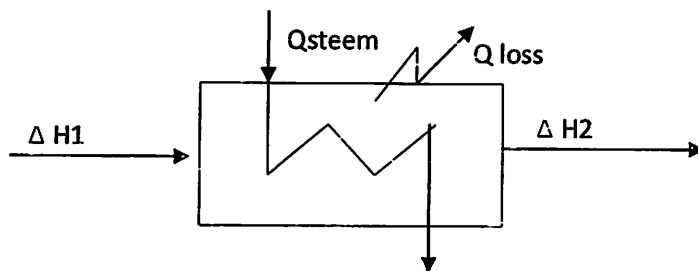
Neraca Panas Total :

$$\Delta H_{\text{bahan masuk}} + \Delta H_{\text{udara masuk}} = \Delta H_{\text{bahan keluar}} + \Delta H_{\text{udara keluar}}$$

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| $\Delta H_{\text{bahan masuk}}$ | 16843.48995 | $\Delta H_{\text{bahan keluar}}$ | 256485.7681 |
| $\Delta H_{\text{udara masuk}}$ | 549294.2265 | $\Delta H_{\text{udara keluar}}$ | 309651.9484 |
| Total | 566137.7164 | Total | 566137.7164 |

4.8 Heater

Fungsi : memanaskan udara bebas menjadi udara panas pada suhu 120°C.



Neraca Panas Total :

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

Dimana :

ΔH_1 : panas bahan masuk

ΔH_2 : panas bahan keluar

Q_{steam} : panas yang terkandung dalam steam

Q_{loss} : panas yang hilang

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| ΔH_1 | 20376.00046 | ΔH_2 | 429725.7785 |
| Qsteam | 430894.5032 | Qloss | 21544.72516 |
| Total | 451270.5036 | Total | 451270.5036 |

4.9 Rotary Kiln

Fungsi : mengkalsinasi monosodium fosfat menjadi sodium poly fosfat.

Neraca Panas Total :

$$\Delta H_{\text{bahan masuk}} + \Delta H_{\text{udara masuk}} = \Delta H_R + \Delta H_{\text{bahan keluar}} + \Delta H_{\text{udara keluar}}$$

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| $\Delta H_{\text{bahan masuk}}$ | 245832.3271 | $\Delta H_{\text{bahan keluar}}$ | 521200.9422 |
| $\Delta H_{\text{udara masuk}}$ | 184207248.7 | $\Delta H_{\text{udarakeluar}}$ | 169862026.4 |
| | | ΔH_R | 14069853.72 |
| Total | 184453081.1 | Total | 184453081.1 |

4.10 Rotary Cooler

Fungsi : mendinginkan sodium poly fosfat dengan udara bebas.

Neraca Panas Total :

$$\Delta H_{\text{bahan masuk}} + \Delta H_{\text{udara masuk}} = \Delta H_{\text{bahan keluar}} + \Delta H_{\text{udara keluar}}$$

| Masuk | Kkal/jam | Keluar | Kkal/jam |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| $\Delta H_{\text{bahan masuk}}$ | 240961.7388 | $\Delta H_{\text{bahan keluar}}$ | 233723.3472 |
| $\Delta H_{\text{udara masuk}}$ | 51.5597 | $\Delta H_{\text{udara keluar}}$ | 7289.9514 |
| Total | 241013.2986 | Total | 241013.2986 |

BAB V
SPEKIFIKASI ALAT

Kapasitas produksi = 24.000 ton/tahun
Waktu operasi = 24 jam / hari ; 330 hari / tahun
Satuan massa = kilogram / jam
Satuan panas = kilokalori / jam

1. TANGKI PENGECER (M - 113)

Fungsi : Mengencerkan sodium carbonate dengan penambahan air proses.
Type : Silinder tegak , tutup atas dished, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk.
Kondisi operasi : * Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
* Suhu operasi = 30°C (suhu kamar)
* Waktu tinggal = 60 menit (US.Patent : 5,302,363)

Spesifikasi :

Dimensi Shell :

Diameter Shell , inside : 4 ft
Tinggi Shell : 8 ft
Tebal Shell : 3/16 in

Sistem Pengaduk Turbin 6-flat blade

Diameter impeler : 1,334 ft
Panjang blade : 0,334 ft
Lebar blade : 0,267 ft
Power motor : 7 hp

Dimensi tutup :

Tebal tutup atas (dished) : ¼ in
Tinggi Tutup atas : 0,55 ft
Tebal tutup bawah (conis) : 3/16 in
Tinggi Tutup bawah : 0,40 ft
Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C (Brownell : 253)
Jumlah tangki : 1 buah

2. POMPA - 1 (L - 115)

Fungsi : Memindahkan bahan dari M-112 ke R-210
Type : Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan : sesuai untuk viskositas < 10 cP dan tekanan yang rendah.

Spesifikasi :

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Bahan konstruksi | : Commercial Steel |
| Rate Volumetrik | : 12,20 gpm |
| Total Dynamic Head | : 29,77 ft.lbf/lb _m |
| Effisiensi motor | : 80% |
| Power | : 1,5 hp = 1,2 kW |
| Jumlah | : 1 buah |

3. TANGKI ASAM PHOSPHATE (F - 111)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : menampung larutan asam phosphate dari supplier |
| Type | : silinder tegak , tutup bawah datar dan tutup atas dish |
| Dasar Pemilihan | : Umum digunakan untuk liquid pada tekanan atmospheric |
| Kondisi Operasi | : <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan = 1 atm (atmospheric pressure) - Suhu = 30°C (suhu kamar) - Waktu penyimpanan = 7 hari |

Spesifikasi :

| | |
|-------------------|---|
| Volume | : 6930 cuft = 197 M ³ |
| Diameter | : 21 ft |
| Tinggi | : 21 ft |
| Tebal shell | : 3/8 in |
| Tebal tutup atas | : 3/8 in |
| Tebal tutup bawah | : ¼ in |
| Bahan konstruksi | : Stainless Steel 316 (Perry 7 ^{ed} , T.28-11) |
| Jumlah | : 2 buah |

4. REAKTOR - 1 (R - 210)

Perhitungan dan penjelasan pada Bab VI Perencanaan Alat Utama

5. ROTARY VACUM FILTER (H - 122)

| | |
|--------|-------------------------------|
| Fungsi | : memisahkan filtrat dan cake |
| Type | : Horizontal Rotary drum |

Spesifikasi :

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Kapasitas | : 136 cuft |
| Ukuran | : 30 in x 30 in |
| Tebal frame | : 2 ½ in |
| Jumlah frame | : 8 buah |
| Panjang Filter press | : 3 ft |
| Tekanan | : 40 psi (Foust, hal. 671) |
| Bahan konstruksi | : Rubber – covered cast iron |
| Jumlah alat | : 2 buah (1 standby running) |

6. REAKTOR - 2 (R - 124)

Fungsi : Mereaksikan disodium phosphate dengan asam phosphate membentuk mono sodium phosphate.

Type : Silinder tegak , tutup atas dished, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk, jaket pendingin.

Kondisi operasi : * Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)

* Suhu operasi = 90°C (Keyes : 747)

* Waktu tinggal = 60 menit (US.Patent : 5,302,363)

Spesifikasi :**Dimensi Shell :**

| | |
|-------------------------|-----------|
| Diameter Shell , inside | : 5 ft |
| Tinggi Shell | : 10 ft |
| Tebal Shell | : 3/16 in |

Dimensi tutup :

| | |
|---------------------------|---|
| Tebal tutup atas (dished) | : 3/16 in |
| Tinggi Tutup atas | : 0,68 ft |
| Tebal tutup bawah (conis) | : 3/16 in |
| Tinggi Tutup bawah | : 0,50 ft |
| Bahan konstruksi | : Stainless steel 316 (Perry 7 ^{ed} , T.28-11) |

Sistem Pengaduk

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah flat blade dengan 2 buah impeller.

| | |
|------------------|------------|
| Diameter impeler | : 1,667 ft |
| Panjang blade | : 0,417 ft |
| Lebar blade | : 0,334 ft |

Power motor : 12 hp

Sistem Pendingin

Diameter jaket : 5,05 ft

Tinggi jaket : 8 ft

Jaket spacing : 3/16 in

Tebal Jaket : 3/16 in

Jumlah reaktor : 2 buah (1 buah stand-by running)

7. EVAPORATOR (V - 130)

Fungsi : Memekatkan larutan mono sodium phosphate.

Type : Standard Vertical Tube Evaporator (calandria)

Dasar Pemilihan : sesuai untuk proses pemekatan larutan.

Spesifikasi :

Bagian Shell :

Diameter evaporator = 11,8 ft

Tinggi shell = 23,6 ft

Tebal shell = ¼ in

Tebal tutup = ¼ in

Tube Calandria :

Ukuran = 4 in sch. 40 standard IPS

OD = 4,500 in

ID = 4,026 in

Jumlah Tube = 1233 buah

Bahan konstruksi = Carbon steel SA – 203 Grade C (2 ½ Ni)

Jumlah evaporator = 1 buah

8. BAROMETRIC CONDENSER (E - 132)

Fungsi : mengkondensasi uap dan menjaga tekanan evaporator

Type : Multi jet spray

Dasar pemilihan : sesuai dengan kondisi tekanan yang vacuum

Spesifikasi :

Bahan konstruksi : Carbon steel

Volumetrik uap : 361 cuft/mnt

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Diameter pipa | : 12 in (asumsi aliran turbulent) |
| Panjang total pipa | : 33,5 ft |
| Tekanan | : 1,9076 psia |
| Air pendingin | : 341 kg/jam |
| Jumlah alat | : 1 buah |



9. STEAM JET EJECTOR (G - 242)

| | |
|-----------------|---|
| Fungsi | : memvacuumkan evaporator |
| Type | : Single stage steam-jet ejector |
| Dasar Pemilihan | : sesuai untuk penjagaan tekanan vacuum |

Spesifikasi :

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Bahan konstruksi | : Carbon steel |
| Inlet (suction) | : 1,11 in |
| Outlet (discharge) | : 0,83 in |
| Panjang | : 9,99 in |
| Kapasitas design | : 8,82 lb/jam |
| Kebutuhan Steam | : 1107 lb/jam (503 kg/jam) |
| Jumlah alat | : 1 buah |

10. HOT WELL (F - 243)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : Menampung condensate selama 1 jam |
| Dasar Pemilihan | : sesuai dengan bahan |
| Kondisi Operasi | : - Tekanan = 1 atm (atmospheric pressure) - Suhu = 45°C (suhu barometric condenser) - Waktu penyimpanan = 1 jam |

Hotwell berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Spesifikasi :

| | |
|-----------|------------------------------------|
| Kapasitas | : 2 m ³ |
| Bentuk | : empat persegi panjang |
| Ukuran | : Panjang = 1,6 m Lebar = 1,6 m |



Tinggi = 0,8 m
 Bahan konstruksi : Beton
 Jumlah : 1 buah

11. CRYSTALLIZER (S - 250)

Fungsi : Kristalisasi mono sodium phosphate dengan bantuan pendinginan.
 Type : Swenson-Walker Crystallizer
 Dasar pemilihan : Umum digunakan untuk kristalisasi dengan pendinginan

Spesifikasi :

Kapasitas : 172 cuft
 Diameter : 5,5 ft
 Panjang : 18,4 ft
 Luas Cooling Area : 143,9 ft²/ft³
 Power : 2 hp
 Jumlah : 2 buah (1 buah standby running)

12. CENTRIFUGE (H - 260)

Fungsi : Memisahkan cake dan filtrat
 Type : Disk-Bowls Centrifuge (automatic continuous discharge cake)
 Dasar Pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan , efisiensi tinggi.

Spesifikasi :

Bahan : Carbon Steel
 Kapasitas maksimum : 50 gpm
 Diameter Bowl : 13 in
 Speed : 7500 rpm
 Maximum Centrifugal Force : 10400 lbf/ft²
 Power Motor : 6 Hp
 Jumlah : 1 buah (automatic continuous discharge cake)

13. SCREW CONVEYOR (J - 261)

| | |
|-----------------|---|
| Fungsi | : memindahkan bahan dari H-260 ke B-270 |
| Type | : Plain spouts or chutes |
| Dasar pemilihan | : Umum digunakan untuk padatan dengan sistem tertutup |

Spesifikasi :

| | |
|-------------------|---------------|
| Kapasitas | : 55 cuft/jam |
| Panjang | : 30 ft |
| Diameter | : 9 in |
| Kecepatan putaran | : 12 rpm |
| Power | : 1 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

14. ROTARY DRYER (B - 270)

| | |
|-----------------|---|
| Fungsi | : mengeringkan bahan dengan bantuan udara panas |
| Dasar pemilihan | : sesuai untuk pengeringan padatan |
| Kondisi Operasi | : <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan = 1 atm (atmospheric pressure) - Suhu = 105°C (berdasarkan titik didih air) - Waktu proses= Waktu melewati (time of passes) |

Gambar alat :**Spesifikasi :**

| | |
|----------------|--------------------|
| Kapasitas | : 3060,5722 kg/jam |
| Isolasi | : Batu isolasi |
| Diameter | : 1,1 m |
| Panjang | : 5 m |
| Tebal isolasi | : 4 in |
| Tebal shell | : 3/16 in |
| Tinggi bahan | : 0,542 ft |
| Sudut rotary | : 1° |
| Time of passes | : 10 menit |

Jumlah flight : 9 buah
Power : 13 hp
Jumlah : 1 buah

15. CYCLONE - 1 (H - 271)

Fungsi : untuk memisahkan padatan yang terikut udara
Type : Van Tongeren Cyclone
Dasar pemilihan : efektif dan sesuai dengan jenis bahan

Spesifikasi :

Kapasitas : 3364,542 cuft/dt
Diameter partikel : 0,000026 ft
Tebal shell : 3/16 in
Tebal Tutup atas : 3/16 in
Tebal Tutup bawah : 3/16 in
Jumlah : 1 buah

16. BLOWER - 1 (G - 272)

Fungsi : memindahkan udara dari udara bebas ke B-270
Type : Centrifugal Blower
Dasar Pemilihan : Sesuai dengan jenis bahan , efisiensi tinggi.

Spesifikasi :

Bahan : Commercial Steel
Rate Volumetrik : 3937 cuft/menit
Adiabatic Head : 15000 ft.lbf/lbm gas
Effisiensi motor : 80%
Power : 77 hp
Jumlah : 2 buah - multistage

17. HEATER (E - 273)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : Memanaskan udara dari 30°C menjadi 120°C |
| Type | : 1 – 2 Shell and Tube Heat Exchanger (Fixed Tube) |
| Dasar Pemilihan | : Umum digunakan dan mempunyai range perpindahan panas yang besar. |
| Kondisi Operasi | : - Tekanan = 1 atm (atmospheric pressure) - Suhu = 120°C (suhu dryer=100°C) - Waktu proses = continuous |

Spesifikasi :

| | | |
|-------------------------|------------------|---|
| Tube : | OD | = ¾ in ; 16 BWG |
| | Panjang | = 16 ft . |
| | Pitch | = 1 in square |
| | Jumlah Tube , Nt | = 640 |
| | Passes | = 2 |
| Shell : | ID | = 31,0 in |
| | Passes | = 1 |
| Bahan konstruksi shell | | = Carbon steel |
| Heat Exchanger Area , A | | = 2010,1 ft ² = 187 m ² |
| Jumlah exchanger | | = 1 buah |

18. ROTARY KILN (B - 280)

Fungsi : Kalsinasi mono sodium phosphate menjadi sodium hexametaphosphate.

| | |
|-------------------|--|
| Kondisi operasi : | * Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer) |
| | * Suhu operasi = 760°C (US.Patent : 2,898,189) |

Spesifikasi :

| | |
|---------------|--------------------|
| Kapasitas | : 2969,8472 kg/jam |
| Isolasi | : Batu isolasi |
| Diameter | : 1,7 m |
| Panjang | : 19 m |
| Tebal isolasi | : 4 in |

| | |
|----------------|------------|
| Tebal shell | : 3/16 in |
| Tinggi bahan | : 0,836 ft |
| Sudut rotary | : 1° |
| Time of passes | : 20 menit |
| Jumlah flight | : 50 buah |
| Power | : 20 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

19. ROTARY COOLER (E - 290)

Fungsi : Mendinginkan sodium hexametaphosphate dengan udara bebas.

| | |
|-------------------|--|
| Kondisi operasi : | * Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer) |
| | * Suhu operasi = 40°C (suhu kamar) |
| | * Sistem kerja = kontinyu |

Spesifikasi :

| | |
|----------------|--------------------|
| Kapasitas | : 2525,8331 kg/jam |
| Isolasi | : Batu isolasi |
| Diameter | : 0,9 m |
| Panjang | : 8 m |
| Tebal isolasi | : 4 in |
| Tebal shell | : 3/16 in |
| Tinggi bahan | : 0,443 ft |
| Sudut rotary | : 1° |
| Time of passes | : 20 menit |
| Jumlah flight | : 12 buah |
| Power | : 9 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

20. BUCKET ELEVATOR (J - 293)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : memindahkan bahan dari E-290 ke silo F-310 |
| Type | : Continuous Discharge Bucket Elevator |
| Dasar pemilihan | : untuk memindahkan bahan dengan ketinggian tertentu |

Spesifikasi :

| | |
|-----------------------|---|
| Kapasitas maksimum | = 14 ton/jam |
| Ukuran | = 6 in x 4 in x 4 ¼ in |
| Bucket Spacing | = 12 in |
| Tinggi Elevator | = 51 ft |
| Ukuran Feed (maximum) | = ¾ in |
| Bucket Speed | = (2,6 / 14) x 225 ft/mnt = 42 ft/menit |
| Putaran Head Shaft | = (2,6 / 14) x 43 rpm = 8 rpm |
| Lebar Belt | = 7 in |
| Power total | = 4 hp |
| Alat pembantu | = Hopper Chute (pengumpan) |
| Jumlah | = 1 buah |

21. BALL MILL (C - 294)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : Menghaluskan kristal sampai 100 mesh |
| Type | : Ball Mill Grinding System, Air-Lift Type |
| Dasar pemilihan | : dipilih jenis ini karena sesuai dengan bahan |

Spesifikasi :

| | |
|--------------------|---------------------------------------|
| Sieve number | : No. 100 |
| Kapasitas maksimum | : 105 ton/hari |
| Ukuran ball mill | : 6 ft x 4 ½ ft |
| Mill Speed | : 24 rpm |
| Power | : 85 hp |
| Bola Baja | : - Ball charge : 8,9 ton |
| | - Ukuran bola baja : 5", 3 ½ ", 2 ½ " |
| | - Jumlah bola 5" : 577 buah |
| | - Jumlah bola 3½" : 1682 buah |
| | - Jumlah bola 2½" : 4615 buah |
| Jumlah ball mill | : 1 buah |

22. SCREEN (H - 295)

Fungsi : Menyaring produk sodium hexametaphosphate.
 Type : Vibrating Screen
 Dasar pemilihan : sesuai dengan ukuran, kapasitas dan jenis bahan.

Spesifikasi :

Kapasitas : 2,7 ton/jam
 Speed : 50 vibration/dt
 Power : 3 Hp (Peter's 4^{ed};p.567)
 Ty Equivalent design : 100 mesh
 Sieve No. : 100
 Sieve design : standard 149 micron
 Sieve opening : 0,149 mm
 Ukuran kawat : 0,110 mm
 Effisiensi : 99,73 %
 Jumlah : 1 buah

23. SILO SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE (F - 310)

Fungsi : Menampung produk sodium hexametaphosphate
 Type : silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah conis
 Dasar pemilihan : umum digunakan untuk menampung padatan
 Kondisi Operasi :
 - Tekanan = 1 atm (tekanan atmosfer)
 - Suhu = 30°C (suhu kamar)
 - Waktu penyimpanan = 7 hari

Spesifikasi :

Volume : 3885 cuft = 110 m³
 Diameter : 12 ft
 Tinggi : 36 ft
 Tebal shell : 3/8 in
 Tebal tutup atas : 3/8 in
 Tebal tutup bawah : 3/8 in
 Bahan konstruksi : Stainless Steel 316 (Perry 7^{ed},T.28-11)
 Jumlah : 2 buah

BAB VI

PERENCANAAN ALAT UTAMA

REAKTOR - 1 (R - 120)

Fungsi : Mereaksikan sodium carbonate dengan asam phosphate membentuk disodium phosphate.

Type : Silinder tegak , tutup atas dished, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk , jaket pendingin.

Kondisi operasi : * Tekanan operasi = 1 atm (tekanan atmosfer)
* Suhu operasi = 85°C (Keyes : 747)
* Waktu tinggal = 60 menit (US.Patent : 5,302,363)

Berdasarkan pertimbangan atas fase zat yang tercampur, dan kapasitas produksi, maka tangki proses dapat dibedakan jenisnya yaitu : tangki berpengaduk (*mixed flow*) dan tangki pipa alir (*plug flow*). Pada reaktor ini bahan baku sodium carbonate merupakan fase liquid, sedangkan asam phosphate merupakan liquid, maka dipilih jenis tangki berpengaduk (*mixed flow*) untuk memudahkan dan mempercepat kontak.

Kondisi feed :

1. Feed sodium carbonate dari tangki pengencer M-112 :

Komposisi bahan :

| Komponen | Berat (kg) | Fraksi berat | ρ (gr/cc) [Perry 7 ^{ed} ;T.2-1] |
|---------------------------------|------------|--------------|---|
| Na ₂ CO ₃ | 3334.975 | 0.64661 | 2,533 |
| Impuritis | 26.89496 | 0.005215 | 2,163 |
| H ₂ O | 1795.76 | 0.348175 | 1,000 |
| | 5157.63 | 1 | |

Rate massa = 5157.63 kg/jam = 11370,51 lb/jam

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} = \frac{1}{\frac{0.6466}{2,533} + \frac{0,0052}{2,163} + \frac{0,3482}{1}} = 1,65 \text{ gr/cc}$$

$$= 1,65 \text{ gr/cc} \times 62,43 = 103 \text{ lb/cuft} \quad (1 \text{ gr/cc} = 62,43 \text{ lb/cuft})$$

$$\text{rate volumetrik} = \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} = \frac{11370.51 \text{ lb/ jam}}{103 \text{ lb/ cuft}} = 110 \text{ cuft/jam}$$

2. Feed asam phosphate dari tangki F-120 :

| Komponen | Berat (kg) | Fraksi berat | ρ (gr/cc) [Perry 7 ^{ed} ;T.2-1] |
|--------------------------------|------------|--------------|---|
| H ₃ PO ₄ | 1514.5224 | 0,65 | 1,834 |
| H ₂ O | 815.5121 | 0,35 | 1,000 |
| | 2330.0345 | 1,0000 | |

$$\text{Rate massa} = 2330.0345 \text{ kg/jam} = 5136.794 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\sum \frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,43 = 88.6 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{rate volumetrik} = \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}} = \frac{2330.0345 \text{ lb/ jam}}{88.6 \text{ lb/ cuft}} = 26 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Total rate volumetrik} = 110 + 26 = 136 \text{ cuft/jam}$$

1. PERENCANAAN DIMENSI REAKTOR

$$\text{Total rate volumetrik} = 136 \text{ cuft/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 76,2 \text{ lb/cuft (produk bawah)}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 60 \text{ menit (US.Patent : 5,302,363)}$$

Direncanakan digunakan 1 tangki, sehingga volume tangki

$$= 136 \text{ cuft/jam} \times (60/60) \text{ jam} = 136 \text{ cuft}$$

Asumsi volume bahan (larutan) mengisi 80 % volume tangki sehingga volume ruang kosong sebesar 20% dan digunakan 1 buah tangki.

$$\text{Volume tangki} = 136 / 80\% = 170 \text{ cuft}$$

Menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

Diambil dimension ratio $\frac{H}{D} = 1.5$ (Ulrich ; T.4-27 : 248)

Volume tangki = Volume shell + Volume dished + Volume conical

Volume tangki = $\frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot H + 0,000346 D^3 + 0,000263 D^3$

170 = $\frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot 2 D + 0,000346 D^3 + 0,000263 D^3$

D = 5 ft = 60 in = 1,53 m ($D_{\text{maksimum}} = 4$ m; Ulrich; T.4-18)

H = 7.5 ft = 90 in

Penentuan tebal shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank :

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + C \quad [\text{Brownell \& Young, pers.13-1, hal.254}]$$

dengan : t_{\min} = tebal shell minimum; in

P = tekanan tangki ; psi

r_i = jari-jari tangki ; in ($\frac{1}{2} D$)

C = faktor korosi ; in (diambil $\frac{1}{8}$ in)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded butt joint.
faktor pengelasan, E = 0,8

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

maka f = 36000 psi [Perry 7^{ed}, T.28-11]

P operasi = P hydrostatis + P atmosfer = $\rho H + 1$ atm

P hydrostatis = $\frac{76,2 \times (80\% \times 10)}{144} = 4,2$ psi

P operasi = 4,2 + 14,7 psi = 18,9 psi

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan.

$$P_{\text{design}} = 1,1 \times 18,9 = 21 \text{ psi}$$

$$r = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 60 \text{ in} = 30 \text{ in}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{21 \times 30}{(36000 \times 0,8) - (0,6 \times 21)} + 0,125 = 0,147 \text{ in} \text{ digunakan } t = 3/16 \text{ in}$$

Dimensi tutup atas, standard dished :

Untuk $D = 60 \text{ in}$, didapat $r_c = 60 \text{ in}$ (Brownell & Young, T-5.7)

digunakan persamaan 13.12 dari Brownell & Young.

Tebal standard torispherical dished (atas) :

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{fE - 0,1P} + C \text{ [Brownell \& Young; pers.13.12]}$$

dengan : t_h = tebal dished minimum ; in

P = tekanan tangki ; psi

r_c = crown radius ; in [B&Y,T-5.7]

C = faktor korosi ; in (diambil 1/8 in)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded butt joint.

faktor pengelasan, $E = 0,8$

f = stress allowable, bahan konstruksi stainless steel 316

maka $f = 36000 \text{ psi}$ [Perry 7^{ed},T.28-11]

$$t_h = \frac{0,885 \times 21 \times 60}{(36000 \times 0,8) - (0,1 \times 21)} + 0,125 = 0,164 \text{ in} \text{ , digunakan } t = 3/16 \text{ in}$$

$$h = rc - \sqrt{rc^2 - \frac{D^2}{4}} = 0,68 \text{ ft}$$

Tutup bawah, conis :

$$\text{Tebal conical} = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C \quad [\text{Brownell, hal.118; ASME Code}]$$

dengan $\alpha = \frac{1}{2}$ sudut conis $= 30^\circ/2 = 15^\circ$

$$t_c = \frac{21 \times 6 \times 12}{2 \times \cos 15^\circ ((36000 \times 0,8) - (0,6 \times 21))} + \frac{1}{8} \approx 0,148 \text{ in} = 3/16 \text{ in}$$

Tinggi conical :

$$h = \frac{\text{tg} \alpha \times (D - m)}{2} \quad [\text{Hesse, pers.4-17}]$$

Keterangan : α = $\frac{1}{2}$ sudut conis ; 15°

D = diameter tangki ; ft

m = flat spot center ; 12 in = 1 ft

$$\begin{aligned} \text{maka } h &= \frac{\text{tg} 15^\circ \times (D - 1)}{2} \\ &= \frac{0,268 \times 4}{2} = 0,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

2. PERENCANAAN SISTEM PENGADUK

Dipakai impeler jenis turbin dengan 6 buah flat blade. Dari (Perry^{6ed}; p.19-9) :

$$\text{Diameter impeler (Da)} = 1/3 \text{ diameter shell} = 1/3 \times 5 = 1,667 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar blade (w)} = 0,2 \text{ diameter impeller} = 0,20 \times 1,667 = 0,334 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang blade} = 0,25 \times \text{diameter impeller} = 0,25 \times 1,667 = 0,417 \text{ ft}$$

Penentuan putaran pengaduk :

$$V = \pi \times Da \times N \quad (\text{Joshi; hal.389})$$

Dengan : V = peripheral speed ; m/menit

Untuk pengaduk jenis turbin :

$$\text{peripheral speed} = 200 - 250 \text{ m/menit (Joshi; hal.389)}$$

Da = diameter pengaduk ; m

N = putaran pengaduk ; rpm

Diambil putaran pengaduk , $N = 130 \text{ rpm} = 2,2 \text{ rps}$

$$Da = 1,667 \text{ ft} = 0,509 \text{ m}$$

$$V = \pi \times 0,509 \times 130 = 207,7738 \text{ m/mnt (memenuhi range } 200 - 250 \text{ m/mnt)}$$

Karena peripheral speed memenuhi range, maka asumsi putaran pengaduk memenuhi syarat.

Penentuan Jumlah Pengaduk :

$$\text{Jumlah Impeller} = \frac{\text{tinggi liquid} \times \text{sg}}{\text{Diameter tan gki}} \quad (\text{Joshi; hal.389})$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference(H}_2\text{O)}} = \frac{76,2 \text{ lb/cuft}}{62,43 \text{ lb/cuft}} = 1,221$$

$$\text{Jumlah Impeller} = \frac{80\% \times 10 \times 1,221}{5} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak pengaduk} = 1,5 Da = 1,5 \times 1,667 \text{ ft} = 2,501 \text{ ft}$$

Bilangan Reynolds ; N_{Re} :

$$\text{Putaran pengaduk , } N = 130 \text{ rpm} = 2,2 \text{ rps}$$



$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} = \frac{1,221}{0,996} \times 0,00085$$

$$= 0,00105 \text{ lb/ft dt} \quad (\text{berdasarkan sg bahan})$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \approx 443670$$

Karena $N_{Re} > 10000$, maka digunakan baffle. [Perry 6^{ed}; hal 19-8]

Untuk $N_{Re} > 10000$ diperlukan 4 buah baffle, sudut 90° (Perry, 6^{ed}, hal. 19-8)

Lebar baffle, $J = J/Dt = 1/12$

Lebar baffle, $J = 1/12 \times Dt = 1/12 \times 5 = 0,417 \text{ ft}$

Power pengaduk :

Untuk $N_{Re} > 10000$ perhitungan digunakan persamaan 5.5 Ludwig, halaman 190 :

$$P = \frac{K_3}{g} \times \rho \times (N)^3 \times (D)^5 \quad [\text{Ludwig, Vol-1, pers. 5.5, hal. 190}]$$

dengan: P = power ; hp

K_3 = faktor mixer (turbin) = 6,3 [Ludwig, Vol-1, T.5.1, hal. 192]

g = konstanta gravitasi ; $32,2 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lb}_f$

ρ = densitas ; lb/cuft

N = kecepatan putaran impeller ; rps

D = diameter impeller ; ft

$$P = \frac{6,3}{32,2} \times 76,2 \times (2,2)^3 \times (1,667)^5 = 2056,4 \text{ lb.ft/dt} = 3,8 \text{ hp} \quad (1 \text{ lb.ft/dt} = 1/550 \text{ hp})$$

Untuk 2 buah impeller, maka power input = $2 \times 3,8 \text{ hp} = 7,6 \text{ hp}$

Perhitungan losses pengaduk :

Gland losses (kebocoran tenaga akibat poros dan bearing) = 10 %(Joshi:399)

Gland losses 10 % = 10 % x 7,6 ≈ 0,76 hp (minimum=0,5)

Power input dengan gland losses = 7,6 + 0,76 = 8,36 hp

Transmission system losses = 20 %(Joshi:399)

Transmission system losses 20 % = 20 % x 8,36 ≈ 1,67 hp

Power input dengan transmission system losses = 8,36 + 1,67 = 10,03 hp

Digunakan power motor = 11 hp

3. PERENCANAAN SISTEM PENDINGIN

Perhitungan Jacket :

Perhitungan sistem penjaga suhu : (Kern , hal 719)

Dari neraca panas : suhu yang dijaga = 85°C

Q = 485224,1481 kkal/jam = 1925493 Btu/jam

Suhu masuk rata-rata = 30°C = 86°F

Suhu keluar rata-rata = 85°C = 185°F

ΔT = 185 - 86 = 99°F

Kebutuhan media = 6470 kg/jam = 14264 lb/jam

Densitas media = 62,43 lb/cuft (densitas air)

Rate volumetrik = $\frac{\text{rate bahan lb/jam}}{\rho \text{ bahan lb/cuft}} = 229 \text{ cuft/jam} = 0,07 \text{ cuft/dt}$

Asumsi kecepatan aliran = 10 ft/dt [Kern, T.12, hal. 845]

Luas penampang = $\frac{\text{rate volumetrik cuft/dt}}{\text{kecepatan aliran ft/dt}} = 0,07 / 10 = 0,01 \text{ ft}^2$

Luas penampang = $\pi/4 (D_2^2 - D_1^2)$

dengan : D_2 = diameter dalam jaket

D_1 = diameter luar bejana = Di bejana + (2 x tebal)

$$= 5 + 2 (3/16 \text{ in} \approx 0,02 \text{ ft}) = 5,04 \text{ ft}$$

Luas penampang = $\pi/4 (D_2^2 - D_1^2)$

$$0,01 = \pi/4 (D_2^2 - 5,04^2)$$

$$D_2 = 5,05 \text{ ft}$$

$$\text{Spasi} = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{5,05 - 5,04}{2} = 0,005 \text{ ft} = 0,06 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

Perhitungan Tinggi Jaket :

$$U_D = 120 \text{ (Kern, Tabel 8)}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta t} = \frac{1925493}{120 \times 99} = 163 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{conis}} = 0,785 (D \times m) \sqrt{4h^2 + (D - m)} + 0,785 d^2 \text{ (Hesse : pers. 4-16)}$$

$$m = 12 \text{ in} = 1 \text{ ft} \quad \text{(Hesse : 85)}$$

$$h : \text{tinggi conical} = 0,5 \text{ ft}$$

$$d : \text{Indise Diameter Jaket} = 5,05 \text{ ft}$$

$$D : \text{Outside Diameter Jaket} = OD + (2 \times \text{tebal jaket}) = 5,092 \text{ ft}$$

$$A_{\text{conis}} = 0,785 (D \times m) \sqrt{4h^2 + (D - m)} + 0,785 d^2 = 36,2 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{jaket}} = A_{\text{shell}} + A_{\text{conis}}$$

$$163 = (\pi \cdot (5,05) \cdot h) + 36,2$$

$$h_{\text{jaket}} = 8 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tangki} = 10 \text{ ft}$$

Perhitungan Sistem Penyangga

a. Berat Shell Reaktor

$$W_s = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_s^2)H.\rho$$

dimana :

W_s : berat shell reaktor, lb

d_o : diameter luar shell = 54 in = 5 ft

d_i : diameter dalam shell = 53,625 in = 4,469 ft

H : tinggi shell reaktor (L_s) = 6,654 ft = 79,859 in

ρ : densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³

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

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W_s &= \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (5^2 - 4,469^2) \times 6,654 \times 489 \\ &= 12842,80682 \text{ lb} \\ &= 5731,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Berat tutup atas standar dished

$$W_d = A.t.\rho \quad (\text{walas, pers 17.36 hal 570})$$

$$A = 6,28.l.h \quad (\text{Hesse, pers 4.16 hal 92})$$

Dimana :

W_d = berat tutup atas reaktor, lb

A = luas tutup atas standard disved, ft²

t = tebal tutup atas (t_{ha}) = 3/16 = 0,1875 in

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³ (steal)

L = Crown radius (r) = 54 in = (perry, edisi tab. 3.18 hal 3-95)

h = tinggi tutup atas reaktor (ha) = 10,739 in

luas tutup atas :

$$A = 6,28 \times (54 \text{ in}) \times 10,739 \text{ in}$$

$$= 3641,8097 \text{ in}^2$$

$$= 25,29 \text{ ft}^2$$

Berat tutup atas :

$$W_d = A.t.\rho$$

$$= 25,29 \times \left(\frac{0,1875}{12} \right) \times 489$$

$$= 193,23 \text{ lb}$$

$$= 87,649 \text{ kg}$$

c. Berat tutup bawah canical

$$W_d = A.t.\rho$$

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

(Hesse, pers 4-16 hal 92)

Dimana :

W_d = berat tutup bawah reaktor, lb

A = luas tutup bawah canical, ft²

t = tebal tutup bawah (thb) = 3/16 in = 0,1875 in = 0,0156 ft

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³

D = diameter dalam silinder = 53,625 in = 4,469 ft

h = tinggi tutup bawah reaktor (hb) = 16,9802 in = 1,415 ft

$$m = \text{flat spot diameter} = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \cdot 53,625 = 26,8125 \text{ in} = 2,234 \text{ ft}$$

luas tutup bawah :

$$\begin{aligned} A &= 0,785 (D + m) \sqrt{4h^2 + (D - m)^2 + 0,78d^2} \\ &= 0,785(4,469 + 2,234) \sqrt{4 \cdot (1,415)^2 + (4,469 - 2,234)^2 + 0,78 \cdot (4,469)^2} \\ &= 26,738 \text{ ft}^2 = 3850,396 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Berat tutup bawah

$$\begin{aligned} W_d &= A \cdot t \cdot \rho \\ &= 3850,396 \times 0,0156 \times 489 \\ &= 29372,36 \text{ lb} \\ &= 13323,215 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Berat larutan dalam reaktor

$$W_l = m \cdot t$$

Dimana :

$$m = \text{berat larutan dalam reaktor} = 45430,113 \text{ lb/J}$$

$$t = \text{waktu tinggal dalam reaktor} = 0,2 \text{ jam}$$

maka :

$$\begin{aligned} W_l &= (45430,113 \text{ lb/ J}) \times 0,2 \text{ jam} \\ &= 9086,023 \text{ lb} \\ &= 4121,393 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat poros pengaduk dalam reaktor

$$W_p = V \cdot \rho$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$$

Dimana :

W_p = berat poros pengaduk dalam reaktor, lb

V = volume poros pengaduk, ft^3

ρ = densitas dari bahan konstruksi = $489 \text{ lb}/\text{ft}^3$

D = diameter poros pengaduk = $0,963 \text{ in} = 0,08 \text{ ft}$

L = panjang poros pengaduk = $86,1295 \text{ in} = 7,177 \text{ ft}$

Volume poros pengaduk :

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (0,08 \text{ ft})^2 \\ = 0,0628 \text{ ft}^3$$

Berat poros pengaduk

$$W_p = 0,0628 \times 489 \\ = 30,7092 \text{ lb} \\ = 13,93 \text{ kg}$$

f. Berat Impeller dalam reaktor

$$W_i = V \cdot \rho$$

$$V = G \text{ (p.l.t)}$$

$$\rho = D_i/2$$

Dimana :

W_i = berat impeller dalam reaktor, lb

V = volume dari total blades, ft^3

ρ = densitas dari bahan konstruksi = $489/\text{lb}/\text{ft}^3$

P = panjang 1 kupingan blade, ft

l = lebar 1 kupingan blade = $4,469 \text{ in} = 0,372 \text{ ft}$

$$t = \text{tebal 1 kupingan blade} = 4,469 \text{ in} = 0,372 \text{ ft}$$

$$D_i = \text{diameter pengaduk} = 17,875 \text{ in} = 1,49 \text{ ft}$$

Volume impeller

$$P = \frac{D_i}{2} = \frac{1,49}{2} = 0,745 \text{ ft}$$

$$V = 6 (0,745 \times 0,372 \times 0,372) \\ = 0,619 \text{ ft}^3$$

Berat impeller pengaduk

$$W_t = 0,619 \times 489 \\ = 302,484 \text{ lb} \\ = 137,206 \text{ kg}$$

g. Berat Attachment (1b)

Berat attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle dan sebagian dari Brownel & Young, hal 157:

$$w_a = 18\% w_s$$

dimana :

$$W_a = \text{berat attachment, lb}$$

$$W_s = \text{berat shell reaktor} = 12842,80682 \text{ lb} = 5731,86 \text{ kg}$$

$$W_a = 18\% \times 12842,80682 \text{ lb} \\ = 2311,705 \text{ lb} \\ = 1048,583 \text{ kg}$$

h. Berat Jaket pendingin dalam reaktor

$$W_j = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - d_i^2) H \rho$$

Dimana :

W_j = berat jaket, lb

D_o = diameter luar pipa jaket pendingin = 72 in = 6 ft

D_i = diameter dalam pipa jaket pendingin = 71,625 in = 5,9687 ft

H = panjang jaket pendingin α = 7,284 ft

ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft³

$$\begin{aligned} W_j &= \frac{\pi}{4} (6^2 - 5,9687^2) 7,284 \cdot 489 \\ &= 1047,4656 \text{ lb} \\ &= 475,1273 \text{ kg} \end{aligned}$$

i. Berat air pendingin

W air pendingin = m.t

Dimana :

m = berat air pendingin yang masuk pendingin = 3002,7792 lb/J

t = waktu tinggal = 0,2 Jam.

$$\begin{aligned} W \text{ air pendingin} &= 3002,7792 \text{ lb/J} \times 0,2 \text{ jam} \\ &= 600,556 \text{ lb} \\ &= 272,41 \text{ kg} \end{aligned}$$

j. Berat total penyangga.

$$\begin{aligned} W_t &= W_s + W_{da} + W_l + W_p + W_T + W_j + W_a + W \text{ air pendingin} \\ &= 5731,86 + 87,649 + 13323,215 + 4121,393 + 13,93 + 137,206 + \\ &\quad 475,1273 + 1048,583 + 272,41 \\ &= 25211,3733 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$= 11435,804 \text{ kg}$$

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

$$= (1,1) \times (25211,3733) \text{ lb}$$

$$= 27732,511 \text{ lb}$$

$$= 12579,3843 \text{ kg}$$

4.. Perhitungan Kolom Penyangga Reaktor (Leg)

Perencanaan :

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

Dasar perhitungan :

a. Beban tiap kolom

Dari Brownell & Young, persamaan 10.76 hal. 197 :

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

Dimana :

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

- P = beban kompresi total maksimum untuk tiap leg, lb

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

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

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

$$P = \frac{27732,511 \text{ lb}}{4} = 6933,1281 \text{ lb}$$

Direncanakan :

Jarak kolom penyangga dari tanah (L) = 5 ft

Tinggi silinder (H) = 107,5782 in = 8,965 ft

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyangga} &= \frac{1}{2} (H+L) \\ &= \frac{1}{2} (8,965+5) \text{ ft} \\ &= 6,983 \text{ ft} = 83,791 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Trial ukuran I beam

Trial ukuran I beam 3" ukuran 3 x 2 3/8 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

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

- Nominal size = 3 in
- Berat = 5,7 lb
- Area of section (A_y) = 1,64 in²
- Dept of beam = 3 in
- Width of flange (b) = 2,33

$$- \text{ Axis } (r) = 1,23$$

Analisa terhadap sumbu Y-Y

Dengan :

$$- L/r = (83,791 / 1,23) \\ = 68,123$$

karena L/r antara 60-200, maka :

$$- f_c \text{ aman} = \frac{18000}{1 + \left[\frac{(L/r)^2}{18000} \right]} \\ = \frac{18000}{1 + \left[\frac{(68,123)^2}{18000} \right]} \\ = \frac{18000}{1,258} \\ = 14310,52 \text{ psia}$$

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

$$A = \frac{P}{f_c} = \frac{6933,1281 \text{ lb}}{14310,52 \text{ lb/in}^2} \\ = 0,485 \text{ in}^2 < 1,64 \text{ in}^2 \text{ (memadai)}$$

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

Kesimpulan perancangan penyangga (leg) :

- Ukuran I beam = 3 x 2 3/8 in
- Berat = 5,7 lb

- Jumlah penyangga = 4 buah
- Peletakan beban dengan beban eksentrik.

5. 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 :

$$A_{bp} = \text{luas base plate, in}^2 \quad (\text{Hesse, hal. 163})$$

Dimana :

- A_{bp} = luas base plate, in²
- P = beban dari tiap-tiap base plate = 6933,1281 lb
- f_{bp} = stress yang diterima oleh pondasi (bearing capacity yang terbuat dari beton = 600 lb/in²)

Sehingga :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= \frac{6933,1281}{600 \text{ lb/in}^2} \\ &= 11,555 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

b. Panjang dan lebar base plate

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

Dimana :

- A_{bp} = luas base plate
= $11,555 \text{ in}^2$
- P = panjang base plate, in
= $2m + 0,95h$
- l = lebar base plate, in
= $2n + 0,8b$

Diasumsikan $m = n$

$$B = 2,33 \text{ in}$$

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

Maka :

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

$$11,555 = [2m + (0,95 \times 3)] \times [2n + (0,8 \times 2,33)]$$

$$= (2m + 2,85) \times (2m + 1,864)$$

$$11,555 = 4m^2 + 9,428 m + 5,3124$$

$$0 = 4m^2 + 9,428 m - 6,243$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{(-9,428) \pm \sqrt{(9,428)^2 - ((4 \times 4) \cdot (-6,243))}}{2 \times 4}$$

$$m_1 = 0,539$$

$$m_2 = -2,896$$

$$\text{diambil} = 0,539$$

sehingga :

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

$$= 2.(0,539) + (0,95 \times 3)$$

$$= 3,928 \text{ in} = 4 \text{ in}$$

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

$$= 2.(0,539) + (0,8 \times 2,33)$$

$$= 2,942 \text{ in} = 3 \text{ in}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 4 in dan lebar base plate 3 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah 4 x 3 in dengan luas (A) = 12in².

c. Peninjauan terhadap bearing capacity

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

Dengan :

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

$$\text{– } p = \text{beban tiap kolom} = 6933,1281$$

$$\text{– } A = \text{luas base plate} = 12 \text{ in}^2$$

Maka :

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

$$= \frac{6933,1281 \text{ lb}}{12 \text{ in}^2}$$

$$= 577,761 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

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

d. Peninjauan terhadap harga m dan n

$$\text{– Panjang base plate (p)}$$

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

$$4 = 2m + (0,95 \times 3)$$

$$4 = 2m + 2,85$$

$$1,15 = 2m$$

$$m = 0,575$$

– Lebar base plate (l)

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

$$3 = 2n + (0,8 \times 2,33)$$

$$3 = 2n + 1,864$$

$$2n = 1,136$$

$$n = 0,568$$

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

e. **Tebal base plate**

Dari Hesse, persamaan 7-12 hal. 163 :

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

Dengan :

– t = tebal base plate, in

– p = actual unit pressure yang terjadi pada base plate = 445,41 psi

– $m = 0,575$ in

Tebal base plate :

$$T = \sqrt{0,00015 \times (445,41) \times (0,575)^2}$$

$$= 0,15 \text{ in} = 1 \text{ in}$$

f. Ukuran Baut

Beban tiap baut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{baut}} &= \frac{P}{n_{\text{baut}}} \\
 &= \frac{6933,1281}{4} \\
 &= 1733,282 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

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

Dimana f_{baut} = stress tiap baut max = 12000

$$\begin{aligned}
 A_{\text{baut}} &= \frac{1733,282}{12.000} \\
 &= 0,144 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

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

$$0,144 \text{ in}^2 = 0,785 \cdot db^2$$

$$db = 0,429 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 diperoleh ukuran baut 5/8 in

dengan dimensi baut sebagai berikut :

- Ukuran baut : 5/8 in
- Root area : 0,202
- Bolt spacing min : 1 ½ in
- Min radial distance : 1 5/16 in
- Edge distance : ¾
- Nut dimension : 1 1/16 in

- Max filled radius : $\frac{1}{4}$ in

6. Perhitungan Lug dan Gusset

Perencanaan :

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

Dasar Perhitungan :

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh :

a. Lebar Lug

$$\begin{aligned} A = \text{lebar lug} &= \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= 5/8 + 9 \text{ in} \\ &= 9,625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B = \text{jarak antar gusset} &= \text{ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &= 5/8 + 8 \text{ in} \\ &= 8,625 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Lebar Gusset

$$\begin{aligned} L = \text{lebar gusset} &= 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \times \text{ukuran baut}) \\ &= 2 (4 - 0,5 \times 5/8) \\ &= 7,375 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug atas} = a &= 0,5 (L + \text{ukuran baut}) \quad (\text{Brownell \& Young Hal 193}) \\ &= 0,5 (7,375 + 5/8) \\ &= 4 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan tebal base plate} = \frac{B}{L}$$

$$= \frac{8,625}{7,375}$$

$$= 1,169 = 1,2$$

Dari table 10.6, hal 192, *Brownell* didapat $\tau_1 = 0,350$

$$e = 0,5 \times \text{nut dimension}$$

$$= 0,5 \times 1 \frac{1}{16}$$

$$= 0,5312 \text{ in}$$

c. Tebal Plate Horizontal (Lug)

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari persamaan 10.40, hal 192, *Brownell* :

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left[(1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\pi \cdot e} + (1 - \tau_1) \right]$$

Dimana :

$$P = \text{beban tiap baut} = 1733,282 \text{ lb}$$

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

$$L = \text{panjang horizontal plate bawah} = 7,375$$

$$e = \text{nut dimension} = 0,5312 \text{ in}$$

$$\tau_1 = 0,350$$

jadi :

$$M_y = \frac{1733,282}{4\pi} \left[(1 + 0,3) \times \ln \frac{2 \times 7,375}{\pi \times 0,5312} + (1 - 0,350) \right]$$

$$= 480,727 \text{ lb}$$

My distubtitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{thp} &= \sqrt{\frac{6 \times 480,727}{12000}} \\ &= 0,4903 \text{ in} \end{aligned}$$

maka digunakan plate dengan tebal 0,4903 in

d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)

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

$$\begin{aligned} \text{gusset minimal} &= \frac{3}{8} \times \text{thp} \\ &= \frac{3}{8} \times 0,4903 = 0,184 \text{ in} \end{aligned}$$

e. Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gusset} = \text{hg} &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 9,625 + 5/8 \text{ in} \\ &= 10,25 \text{ in} \end{aligned}$$

f. Tinggi Lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lug} = \text{hg} + 2 \text{ thp} \\ &= 10,25 + 2(0,4903) \\ &= 11,2306 \text{ in} \end{aligned}$$

g. Kesimpulan perancangan lug dan gusset :

➤ Lug

- Lebar = 9,625 in
- Tebal = 0,493 in
- Tinggi = 11,2306 in

- Gusset
 - Lebar = 7,375 in
 - Tebal = 0,184 in
 - Tinggi = 10,25 in

6.12. 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 :
 - $W = 41659,3758 \text{ lb}$

a. Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus :

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

Dimana :

- p = panjang base plate = 4 in = 0,333 ft
- l = lebar base plate = 3 in = 0,25 ft
- t = tebal base plate = 1 in = 0,083 ft

$$- \rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$\begin{aligned} W_{bp} &= (0,333\text{ft}) \times (0,25\text{ft}) \times (0,083\text{ft}) \times (489\text{lb/ft}^3) \\ &= 489,007 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Beban tiap penyangga

Rumus :

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

Dimana :

- L = tinggi kolom = 6,575 ft
- A = luas kolom I beam = $1,64 \text{ in}^2 = 0,01139\text{ft}^2$
- F = faktor koreksi = 3,4
- ρ = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft^3

Beban tiap penyangga :

$$\begin{aligned} W_p &= (6,575\text{ft}) \times (0,01139\text{ft}^2) \times (3,4) \times (489\text{lb/ft}^3) \\ &= 124,5109 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Beban total

$$\begin{aligned} W_T &= W + W_{bp} + W_p \\ &= (27732,511 + 489,007 + 124,5109) \text{ lb} \\ &= 28346,029 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

- Luas atas = 20 x 20 in
- Luas bawah = 40 x 40 in

- Tinggi = 25 in

- Luas permukaan tanah rata-rata :

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

$$= 800 \text{ in}^2$$

- Volume pondasi :

$$V = A \times t$$

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

$$= 20000 \text{ in}^3 = 11,57 \text{ ft}^3$$

- Berat pondasi

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

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

maka :

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

$$= 1666,667 \text{ lb}$$

$$= 755,9950 \text{ kg}$$

- Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft²

- Save bearing maximum = 10 ton/ft²

(Tabel 12.2 Hesse hal 327)

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

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

$$= 22046 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 153,097 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan pada tanah :

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

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = $(40 \times 40) \text{ in}^2 = 1600 \text{ in}^2$

Sehingga :

$$P = \frac{41789,5226 \text{ lb} + 1666,667 \text{ lb}}{1600 \text{ in}^2}$$

$$= 27,160 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan oleh tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran $(20 \times 20) \text{ in}$ luas atas dan $(40 \times 40) \text{ in}$ luas bawah dengan tinggi pondasi 25 in dapat digunakan.

Spesifikasi :

- Fungsi : Mereaksikan sodium carbonate dengan asam phosphate membentuk disodium phosphate.
- Type : Silinder tegak , tutup atas dished, tutup bawah conis dilengkapi pengaduk , jaket pendingin.

Dimensi Shell :

- Diameter Shell , inside (Di) : 5 ft
- Diameter Shell (Do) : 5.04 ft
- Tinggi Shell : 7.5 ft
- Tebal Shell : 3/16 in

Dimensi tutup :

| | |
|---------------------------|---|
| Tebal tutup atas (dished) | : 3/16 in |
| Tinggi Tutup atas | : 0,68 ft |
| Tebal tutup bawah (conis) | : 3/16 in |
| Tinggi Tutup bawah | : 0,50 ft |
| Bahan konstruksi | : Stainless steel 316 (Perry 7 ^{ed} , T.28-11) |

Sistem Pengaduk Turbin 6-flat blade

| | |
|------------------|------------|
| Diameter impeler | : 1,667 ft |
| Panjang blade | : 0,417 ft |
| Lebar blade | : 0,334 ft |
| Power motor | : 11 hp |

Sistem Pendingin

| | |
|----------------|-----------|
| Diameter jaket | : 5,05 ft |
| Tinggi jaket | : 8,00 ft |
| Jaket spacing | : 3/16 in |
| Tebal Jaket | : 3/16 in |

Penyangga

| | |
|---------------------|------------------------|
| Jenis | = I beam |
| Ukuran | = 3 x 2 3/8 |
| Berat (W) | = 5,7 lb |
| Luas penyangga (Ay) | = 1,64 in ² |
| Tinggi (h) | = 3 in |
| Lebar penyangga (b) | = 2,33 in |
| Jumlah penyangga | = 4 buah |

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

VII.1. Instrumentasi

Dalam rangka pengoperasian pabrik, pemasangan alat-alat instrumentasi sangat dibutuhkan dalam memperoleh hasil produksi yang optimal. Pemasangan alat-alat instrumentasi disini bertujuan sebagai pengontrol jalannya proses produksi dari peralatan-peralatan pada awal sampai akhir produksi. dimana dengan alat instrumentasi tersebut, kegiatan maupun aktifitas tiap-tiap unit dapat tercatat kondisi operasinya sehingga sesuai dengan kondisi operasi yang dikehendaki, serta mampu memberikan tanda-tanda apabila terjadi penyimpangan selama proses produksi berlangsung.

Pada uraian diatas dapat disederhanakan bahwa dengan adanya alat instrumentasi maka :

1. Proses produksi dapat berjalan sesuai dengan kondisi-kondisi yang telah ditentukan sehingga diperoleh hasil yang optimum.
2. Proses produksi berjalan sesuai dengan efisiensi yang telah ditentukan dan kondisi proses tetap terjaga pada kondisi yang sama.
3. Membantu mempermudah pengoperasian alat.
4. Bila terjadi penyimpangan selama proses produksi, maka dapat segera diketahui sehingga dapat ditangani dengan segera.

Adapun variabel proses yang diukur dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Variabel yang berhubungan dengan energi, seperti temperatur, tekanan, dan radiasi.
2. Variabel yang berhubungan dengan kuantitas dan laju, seperti pada kecepatan aliran fluida, ketinggian liquid dan ketebalan.
3. Variabel yang berhubungan dengan karakteristik fisika dan kimia, seperti densitas, kandungan air.

Yang harus diperhatikan didalam pemilihan alat instrumentasi adalah :

- Level, Range dan Fungsi dari alat instrumentasi.
- Akurasi hasil pengukuran.
- Bahan konstruksi material.
- Pengaruh yang ditimbulkan terhadap kondisi operasi proses yang berlangsung.
- Mudah diperoleh di pasaran.
- Mudah dipergunakan dan mudah diperbaiki jika rusak.

Instrumentasi yang ada dipasaran dapat dibedakan dari jenis pengoperasian alat instrumentasi tersebut, yaitu alat instrumentasi manual atau otomatis. Pada dasarnya alat-alat kontrol yang otomatis lebih disukai dikarenakan pengontrolannya tidak terlalu sulit, kontinyu, dan efektif, sehingga menghemat tenaga kerja dan waktu. Akan tetapi mengingat faktor-faktor ekonomis dan investasi modal yang ditanamkan pada alat instrumentasi berjenis otomatis ini, maka pada perencanaan pabrik ini sedianya akan menggunakan kedua jenis alat instrumentasi tersebut.

Adapun fungsi utama dari alat instrumentasi otomatis adalah :

- Melakukan pengukuran.
- Sebagai pembanding hasil pengukuran dengan kondisi yang ditentukan.
- Melakukan perhitungan.
- Melakukan koreksi.

Alat instrumentasi otomatis ini dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Sensing / Primary Element / Sensor.*

Alat kontrol ini langsung merasakan adanya perubahan pada variabel yang diukur, misalnya temperatur. *Primary Element* merubah energi yang dirasakan dari media yang sedang dikontrol menjadi sinyal yang bisa dibaca (misalnya dengan tekanan fluida).

2. *Receiving Element / Elemen Pengontrol.*

Alat kontrol ini akan mengevaluasi sinyal yang didapat dari *sensing element* dan diubah menjadi data yang bisa dibaca (perubahan data *analog* menjadi *digital*), digambarkan dan dibaca oleh *error detector*. Dengan demikian sumber energi bisa diatur sesuai dengan perubahan-perubahan yang terjadi.

3. *Transmitting Element.*

Alat kontrol ini berfungsi sebagai pembawa sinyal dari *sensing element* ke *receiving element*. Alat kontrol ini mempunyai fungsi untuk merubah data bersifat *analog* (tidak terlihat) menjadi data *digital* (dapat dibaca).

Disamping ketiga jenis tersebut, masih terdapat peralatan pelengkap yang lain, yaitu : *Error Detector Element*, alat ini akan membandingkan besarnya harga terukur pada variabel yang dikontrol dengan harga yang diinginkan dan apabila terdapat perbedaan alat ini akan mengirimkan sinyal *error*. *Amplifier* akan digunakan sebagai penguat sinyal yang dihasilkan oleh *error detector* jika sinyal yang dikeluarkan lemah. *Motor Operator Sinyal Error* yang dihasilkan harus diubah sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu dengan penambahan variabel manipulasi. Kebanyakan sistem kontrol memerlukan operator atau motor untuk menjalankan *Final Control Element*. *Final Control Element* adalah untuk mengoreksi harga variabel manipulasi.

Macam instrumentasi pada suatu perencanaan pabrik misalnya :

1. *Flow Control* (F C)

Mengontrol aliran setelah keluar suatu alat.

2. *Flow Ratio Control* (F R C)

Mengontrol ratio aliran yang bercabang.

3. *Level Control* (L C)

Mengontrol ketinggian liquid didalam tangki

4. *Weight Control* (W C)

Mengontrol berat solid yang dikeluarkan dari tangki

5. *Pressure Control* (P C)

Mengontrol tekanan pada suatu aliran / alat

6. *Temperature Control* (T C)

Mengontrol suhu pada suatu aliran / alat

Tabel VII.1. Instrumentasi pada pabrik

| NO | NAMA ALAT | KODE | INSTRUMENTASI |
|----|-------------------------------|-------------|------------------|
| 1 | TANGKI ASAM PHOSPHATE | (F - 120) | (LI) |
| 2 | REAKTOR - 1 | (R - 210) | (TC ; PC; FRC) |
| 3 | REAKTOR - 2 | (R - 230) | (TC ; RC) |
| 4 | EVAPORATOR | (V - 240) | (TC) |
| 5 | BAROMETRIC CONDENSER | (E - 241) | (TC) |
| 6 | CRYSTALLIZER | (S - 250) | (TC) |
| 7 | HEATER | (E - 273) | (TC) |
| 8 | SILU SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE | (F - 310) | (WC) |

VII.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja atau *safety factor* adalah hal yang paling utama yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu pabrik, hal ini disebabkan karena :

- Dapat mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang besar yang disebabkan oleh kebakaran atau hal lainnya baik terhadap karyawan maupun oleh peralatan itu sendiri.
- Terpeliharanya peralatan dengan baik sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama. Bahaya yang dapat timbul pada suatu pabrik banyak sekali jenisnya, hal ini tergantung pada bahan yang akan diolah maupun tipe proses yang dikerjakan.

Secara umum bahaya-bahaya tersebut dapat dibagi dalam tiga kategori , yaitu :

1. Bahaya kebakaran.
2. Bahaya kecelakaan secara kimia.
3. Bahaya terhadap zat-zat kimia.

Untuk menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi, berikut ini terdapat beberapa hal yang perlu mendapat perhatian pada setiap pabrik pada umumnya dan pada pabrik ini pada khususnya.

VII.2.1. Bahaya Kebakaran

A. Penyebab kebakaran.

- Adanya nyala terbuka (*open flame*) yang datang dari unit utilitas, *workshop* dan lain-lain.
- Adanya loncatan bunga api yang disebabkan karena korsleting aliran listrik seperti pada stop kontak, saklar serta instrument lainnya.

B. Pencegahan.

- Menempatkan unit utilitas dan unit pembangkitan cukup jauh dari lokasi proses yang dikerjakan.
- Menempatkan bahan yang mudah terbakar pada tempat yang terisolasi dan tertutup.
- Memasang kabel atau kawat listrik di tempat-tempat yang terlindung, jauh dari daerah yang panas yang memungkinkan terjadinya kebakaran.
- Sistem alarm hendaknya ditempatkan pada lokasi dimana tenaga kerja dengan cepat dapat mengetahui apabila terjadi kebakaran

C. Alat pencegah kebakaran.

- Instalasi permanen seperti *fire hydrant system* dan *sprinkle* otomatis.
- Pemakaian *portable fire-extinguisher* bagi daerah yang mudah dijangkau bila terjadi kebakaran. Jenis dan jumlahnya pada perencanaan pabrik ini dapat dilihat pada tabel VII.1.
- Untuk pabrik ini lebih disukai alat pemadam kebakaran tipe karbon dioksida.

- Untuk bahan baku yang mengandung racun, maka perlu digunakan kantong-kantong udara atau alat pernafasan yang ditempatkan pada daerah-daerah strategis pada pabrik ini.

Tabel VII.2. Jenis dan Jumlah Fire-Extinguisher.

| NO. | TEMPAT | JENIS | BERAT SERBUK | JARAK SEMPROT | JUMLAH |
|------------|-------------------|--------------|---------------------|----------------------|---------------|
| 1. | Pos Keamanan | YA-10L | 3.5 Kg | 8 m | 3 |
| 2. | Kantor | YA-20L | 6.0 Kg | 8 m | 2 |
| 3. | Daerah Proses | YA-20L | 8.0 Kg | 7 m | 4 |
| 4. | Gudang | YA-10L | 4.0 Kg | 8 m | 2 |
| 5. | Bengkel | YA-10L | 8.0 Kg | 7 m | 2 |
| 6. | Unit Pembangkitan | YA-20L | 8.0 Kg | 7 m | 2 |
| 7. | Laboratorium | YA-20L | 8.0 Kg | 7 m | 2 |

VII.2.2. Bahaya Kecelakaan

Karena kesalahan mekanik sering terjadi dikarenakan kelalaian pengerjaan maupun kesalahan konstruksi dan tidak mengikuti aturan yang berlaku. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena korosi dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian yang besar karena dapat mengakibatkan cacat tubuh maupun hilangnya nyawa pekerja. Berbagai kemungkinan kecelakaan karena mekanik pada pabrik ini dan cara pencegahan dapat digunakan sebagai berikut :

A. Vessel.

Kesalahan dalam perencanaan vessel dan tangki dapat mengakibatkan kerusakan fatal, cara pencegahannya :

- Menyeleksi dengan hati-hati bahan konstruksi yang sesuai, tahan korosi serta memakai *corrosion allowance* yang wajar. Untuk pabrik ini, semua bahan konstruksi yang umum dapat dipergunakan dengan pengecualian adanya seng dan tembaga. Bahan konstruksi yang biasanya dipakai untuk tangki penyimpanan, perpipaan dan peralatan lainnya dalam pabrik ini adalah steel. Semua konstruksi harus sesuai dengan standar ASME (*America Society Mechanical Engineering*).
- Memperhatikan teknik pengelasan.
- Memakai level gauge yang otomatis.
- Penyediaan *man-hole* dan *hand-hole* (bila memungkinkan) yang memadai untuk inspeksi dan pemeliharaan. Disamping itu peralatan tersebut harus dapat diatur sehingga mudah untuk digunakan.

B. Heat Exchanger.

Kerusakan yang terjadi pada umumnya disebabkan karena kebocoran-kebocoran. Hal ini dapat dicegah dengan cara :

- Pada *inlet* dan *outlet* dipasang *block valve* untuk mencegah terjadinya *thermal expansion*.
- *Drainhole* yang cukup harus disediakan untuk pemeliharaan.
- Pengecekan dan pengujian terhadap setiap ruangan fluida secara

sendiri-sendiri.

- Memakai *heat exchanger* yang cocok untuk ukuran tersebut. Disamping itu juga rate aliran harus benar-benar dijaga agar tidak terjadi perpindahan panas yang berlebihan sehingga terjadi perubahan fase didalam pipa.

C. Peralatan yang bergerak.

Peralatan yang bergerak apabila ditempatkan tidak hati-hati, maka akan menimbulkan bahaya bagi pekerja. Pencegahan bahaya ini dapat dilakukan dengan :

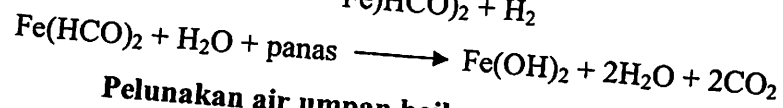
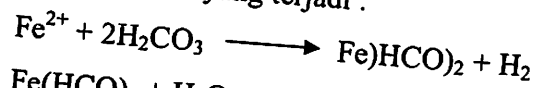
- Pemasangan penghalang untuk semua sambungan pipa.
- Adanya jarak yang cukup bagi peralatan untuk memperoleh kebebasan ruang gerak.

D. Perpipaan.

Selain ditinjau dari segi ekonomisnya , perpipaan juga harus ditinjau dari segi keamanannya hal ini dikarenakan perpipaan yang kurang teratur dapat membahayakan pekerja terutama pada malam hari, seperti terbentur, tersandung dan sebagainya. Sambungan yang kurang baik dapat menimbulkan juga hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebocoran-kebocoran bahan kimia yang berbahaya. Untuk menghindari hal-hal tersebut, maka dapat dilakukan cara :

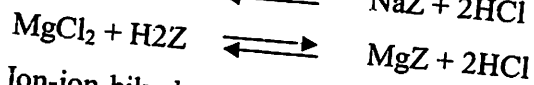
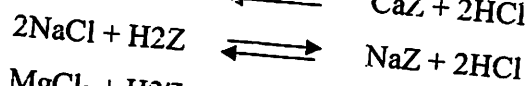
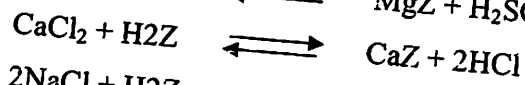
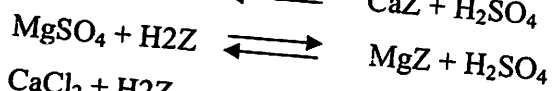
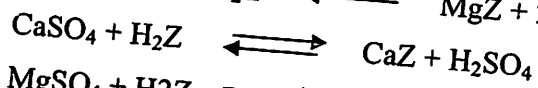
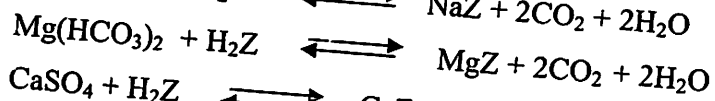
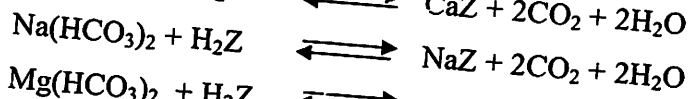
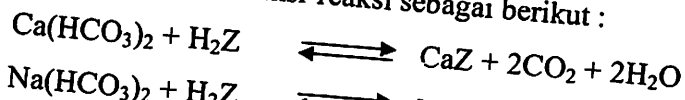
bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



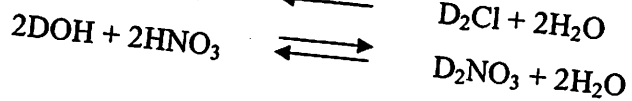
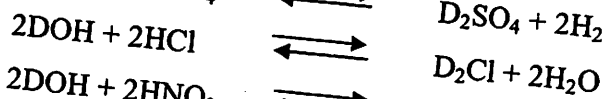
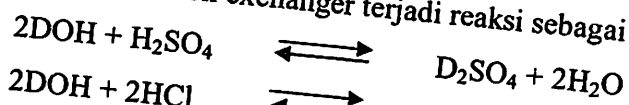
Pelunakan air umpan boiler

Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-220 A) dan anion exchanger (D-220B). kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH). Air dari bak air bersih dialirkan dengan pompa (L-221) menuju kation exchanger (D-220). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :

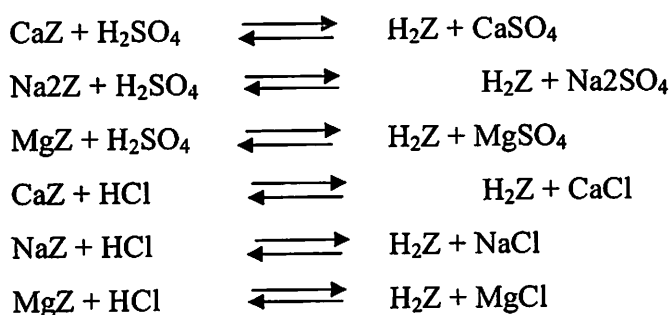


Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-220B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang digunakan dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH)

Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :

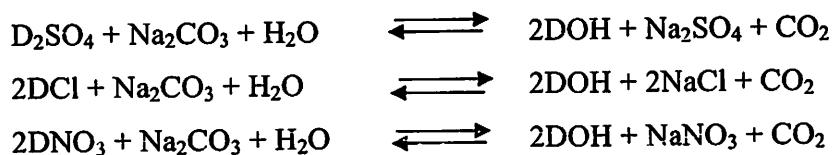


Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hydrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH .

Reaksi yang terjadi :



Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah bebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi keutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-222) yang selanjutnya dipompa (L-223) ke deaerator (D-231) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan system pemanasan. Dari deaerator air akan dimasukkan ke dalam bak air umpan boiler (F-232) dan air dipompakan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

8.1.2. Air Sanitasi

Air sanitasi biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, Laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain.

Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

a. Syarat fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- pH netral
- Tidak berbusa
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologi

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Natrium heksametaphospat ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standard WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 L/hari/orang

2. Untuk Laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan Laboratorium adalah sebesar 30% dari kebutuhan karyawan

3. untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air sanitasi.

Sehingga didapatkan kebutuhan air sanitasi untuk pabrik natrium heksametaphospat ini adalah sebesar 455 kg/jam.

8.2. Unit Penyediaan Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Natrium heksametaphospat ini meliputi :

kebutuhan listrik untuk alatproses dan utilitas : $0,7456 \times 537,5 = 401$ kWh Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrument dan lain-lain dipenuhi oleh PLN.

Sedangkan apabila ada matinya listrik, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 450 kWh, dengan satu buah generator tambahan.

8.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 728.587 kg/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah Fuel Oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relative murah
- Mudah didapat
- Viscosity relative lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari table 9.9 dan fig. 9.9, Perry 6th ed, spesifikasi bahan baker didapat :

- Flash point : 38°C (100°F)
- Pour point : -6°C (21,2°F)
- Densitas : 55 lb/ft³
- Heating value : 19000 Btu/lb

8.4 Unit Penyediaan Steam

Kebutuhan air pengisi boiler atau air umpan boiler pada Pra Rencana Pabrik Natrium heksametaphospat ini berdasarkan pada kebutuhan steam. Untuk berdasarkan perhitungan pada Appendiks D maka steam yang dipergunakan adalah saturated steam yang mempunyai tekanan 15.25 bar dengan suhu 200°C (320°F).

8.5 Pengolahan Limbah

Pada Pra Rencana Pabrik Natrium heksametaphospat ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengolahan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan :

Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa cairan. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

a. Pengolahan Pendahuluan (Pre-Treatment)

Pada proses ini dilakukan pengambilan benda-benda terapung.

b. Pengolahan pertama (Primary Treatment)

Pada tahap pengolahan ini bertujuan untuk mengendapkan padatan-padatan dan zat-zat yang terlarut, yang tidak dapat mengendap secara grafitasi, dengan menambahkan zat kimia tertentu sebagai flokulan dan koagulan.

c. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan kedua menggunakan proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada tahap ini juga dilakukan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair tersebut. Proses aerasi ini dilakukan hingga didapatkan nilai BOD, COD, dan DO yang memenuhi standard yang telah ditetapkan pemerintah.

d. Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Pengolahan ketiga dilakukan untuk menetralkan pH limbah cair dan membunuh bakteri dengan cara menambahkan zat penetral dan desinfektan ke dalamnya. Dalam proses ini juga digunakan karbon aktif dan ion exchanger untuk menyerap ion-ion yang terlarut dalam limbah.

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

IX.1. Lokasi Pabrik

Dalam perencanaan suatu pabrik, penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Penentuan ini juga ditinjau dari segi ekonomis yaitu berdasarkan pada “ *Return On Investment* “ , yang merupakan persentase pengembalian modal tiap tahun.

Daerah operasi ditentukan oleh faktor utama, sedangkan tepatnya lokasi pabrik yang dipilih ditentukan oleh faktor-faktor khusus. Setelah mempelajari dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi tersebut, maka pabrik yang direncanakan ini didirikan di daerah Manyar , Gresik.

Adapun alasan pemilihan lokasi tersebut karena dengan mempertimbangkan faktor-faktor utama dan faktor-faktor khusus.

IX.1.1. Faktor Utama

Faktor utama meliputi :

a. Bahan Baku

Persediaan bahan baku dalam suatu pabrik adalah merupakan salah satu faktor penentuan dalam memilih lokasi pabrik yang tepat. Dalam hal ini bahan baku yang digunakan berasal dari produk lokal dalam negeri. Bahan baku yang digunakan dapat diperoleh di Gresik dan sekitarnya.

b. Pemasaran

Dengan melihat pangsa pasar yang prospektif maka produk ini bisa dikatakan memenuhi pangsa pasar tersebut. Distribusi dan pemasaran dari produk dapat dilakukan melalui kota Surabaya dimana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surabaya sebagai Ibukota Propinsi Jawa Timur.

c. Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Agar produksi dari pabrik ini tidak bergantung pada supply listrik dari PLN dan untuk menghemat beaya, maka didirikan unit-unit pembangkit listrik

sendiri, sehingga PLN digunakan apabila pabrik tidak beroperasi dan apabila generator ada kerusakan. Dengan demikian pabrik diharapkan dapat berjalan dengan lancar. Bahan bakar untuk pabrik ini mudah diperoleh dari Pertamina.

d. Persediaan Air

Air merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu Industri Kimia. Dalam hal ini air digunakan sebagai sanitasi, pencegahan bahaya kebakaran, media pendingin, steam serta untuk air proses. Selama pabrik beroperasi, kebutuhan air relatif cukup banyak, maka untuk memenuhi kebutuhan air tersebut diambil air sungai yang letaknya tidak jauh dari lokasi pabrik dengan melakukan pengolahan terlebih dahulu. Mengingat lokasi pabrik ini direncanakan dekat dengan aliran sungai Bengawan, maka persoalan penyediaan air tidak akan mengalami kesulitan.

e. Iklim dan Cuaca

Kedaaan iklim dan cuaca didaerah lokasi pabrik pada umumnya baik, tidak terjadi angin ribut, gempa bumi maupun banjir.

IX.1.2. Faktor Khusus

Faktor-faktor khusus meliputi :

a. Transportasi

Salah satu faktor khusus yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pabrik adalah faktor Transportasi, baik untuk bahan baku maupun untuk produk-produk yang dihasilkan. Masalah transportasi tidak mengalami kesulitan karena tersedianya sarana perhubungan yang baik. Fasilitas pengangkutan darat dapat dipenuhi dengan adanya jalan raya (jalan tol Surabaya - Manyar) yang dilalui oleh kendaraan yang bermuatan berat dan fasilitas pengangkutan laut dapat dipenuhi dengan tersedianya pelabuhan-pelabuhan baik di sekitar Surabaya. Untuk transportasi udara dapat dipenuhi melalui bandara udara di Surabaya.

b. Buangan Pabrik

Dalam hal ini, buangan pabrik tidak menimbulkan persoalan yang penting, karena pabrik ini tidak membuang sisa-sisa proses produksi yang mengandung bahan yang berbahaya karena air buangan pabrik telah mengalami pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan penerima air buangan.

c. Tenaga Kerja

Umumnya tenaga kerja dapat dengan mudah dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik dengan ongkos buruh yang cukup murah dan hal ini merupakan langkah positif untuk mengurangi angka pengangguran.

d. Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah

Menurut Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah, daerah lokasi pabrik merupakan daerah kawasan industri.

e. Karakteristik dari lokasi

Struktur tanah cukup baik dan juga daya dukung terhadap pondasi bangunan pabrik dan pondasi jalan.

f. Faktor lingkungan sekitar pabrik

Menurut pengamatan, tidak ada pertentangan dari penduduk sekitarnya dalam pendirian pabrik baru mengingat daerah tersebut merupakan daerah industri. Selain itu fasilitas perumahan, pendidikan, kesehatan dan tempat peribadatan sudah tersedia di daerah tersebut.

Berdasarkan atas pertimbangan-pertimbangan faktor-faktor tersebut diatas, maka pemilihan lokasi pabrik cukup memenuhi persyaratan.

IX.2. Tata letak pabrik

Dasar perencanaan tata letak pabrik harus diatur sehingga didapatkan :

- a. Konstruksi yang efisien.
- b. Pemeliharaan yang ekonomis.
- c. Operasi yang baik.
- d. Dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang baik harus dipertimbangkan beberapa faktor, yaitu :

- a. Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharannya.
- b. Setiap alat disusun berurutan menurut fungsi masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses.

- c. Untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pemadam kebakaran.
- d. Alat kontrol yang ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- e. Tersedianya tanah atau areal untuk perluasan pabrik.

Dalam pertimbangan pada prinsipnya perlu dipikirkan mengenai biaya instalasi yang rendah dan sistem manajemen yang efisien. Tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

IX.2.1. Daerah proses

Daerah ini merupakan tempat proses. Penyusunan perencanaan tata letak peralatan berdasarkan aliran proses. Daerah proses diletakkan ditengah-tengah pabrik, sehingga memudahkan supply bahan baku dari gudang persediaan dan pengiriman produk ke daerah penyimpanan, serta memudahkan pengawasan dan perbaikan alat-alat.

IX.2.2. Daerah penyimpanan (Storage Area)

Daerah ini merupakan tempat penyimpanan hasil produksi yang pada umumnya dimasukkan kedalam tangki atau drum yang sudah siap dipasarkan.

IX.2.3. Daerah pemeliharaan pabrik dan bangunan

Daerah ini merupakan tempat melakukan kegiatan perbaikan dan perawatan peralatan, terdiri dari beberapa bengkel untuk melayani permintaan perbaikan dari pabrik dan bangunan.

IX.2.4. Daerah utilitas

Daerah ini merupakan tempat penyediaan keperluan pabrik yang berhubungan dengan utilitas yaitu air, steam, brine dan listrik.

IX.2.5. Daerah Administrasi

Merupakan pusat dari semua kegiatan administrasi pabrik dalam mengatur operasi pabrik serta kegiatan-kegiatan lainnya.

IX.2.6. Daerah Perluasan

Digunakan untuk persiapan jika pabrik mengadakan perluasan dimasa yang akan datang. Daerah perluasan ini terletak dibagian belakang pabrik.

IX.2.7. Plant Service

Plant Service meliputi bengkel, kantin umum dan fasilitas kesehatan/poliklinik. Bangunan-bangunan ini harus ditempatkan sebaik mungkin sehingga memungkinkan terjadinya efisiensi yang maksimum.

IX.2.8. Jalan Raya

Untuk memudahkan pengangkutan bahan baku maupun hasil produksi, maka perlu diperhatikan masalah transportasi. Salah satu sarana transportasi yang utama adalah jalan raya.

Setelah memperhatikan faktor-faktor diatas, maka disediakan tanah seluas 20.000 m² dengan ukuran 100 m x 200 m . Pembagian luas pabrik diperkirakan sebagai berikut :

Tabel IX.1. Pembagian Luas Pabrik

| No. | BANGUNAN | Ukuran, m | m ² | Jumlah | Luas total |
|-----|---------------------|-----------|----------------|--------|------------|
| 1 | JALAN ASPAL | | 2.350 | | 2.350 |
| 2 | POS KEAMANAN | 5 x 5 | 25 | 4 | 100 |
| 3 | PARKIR | 20 x 30 | 600 | 2 | 1.200 |
| 4 | TAMAN | 20 x 10 | 200 | 4 | 800 |
| 5 | TIMBANGAN TRUK | 10 x 10 | 100 | 1 | 100 |
| 6 | PEMADAM KEBAKARAN | 10 x 10 | 100 | 2 | 200 |
| 7 | BENGKEL | 15 x 15 | 225 | 1 | 225 |
| 8 | KANTOR | 30 x 40 | 1.200 | 1 | 1.200 |
| 9 | PERPUSTAKAAN | 25 x 20 | 500 | 1 | 500 |
| 10 | KANTIN | 15 x 15 | 225 | 1 | 225 |
| 11 | POLIKLINIK | 10 x 10 | 100 | 1 | 100 |
| 12 | MUSHOLA | 30 x 30 | 900 | 1 | 900 |
| 13 | RUANG PROSES | 60 x 60 | 3.600 | 1 | 3.600 |
| 14 | RUANG CONTROL | 10 x 10 | 100 | 1 | 100 |
| 15 | LABORATORIUM | 25 x 25 | 625 | 1 | 625 |
| 16 | UNIT PENGOLAHAN AIR | 30 x 30 | 900 | 1 | 900 |
| 17 | UNIT PEMBANGKIT | 25 x 20 | 500 | 1 | 500 |

| | LISTRİK | | | | |
|----|--------------------|---------|--------|---|--------|
| 18 | UNIT BOILER | 25 x 20 | 500 | 1 | 500 |
| 19 | STORAGE PRODUK | 25 x 25 | 625 | 1 | 625 |
| 20 | STORAGE BAHAN BAKU | 25 x 25 | 625 | 1 | 625 |
| 21 | GUDANG | 25 x 25 | 625 | 1 | 625 |
| 22 | UTILITAS | 20 x 20 | 400 | 1 | 400 |
| 23 | DAERAH PERLUASAN | 60 x 60 | 3.600 | 1 | 3.600 |
| | Total | | 18.625 | | 20.000 |

Luas Bangunan Gedung

$$= (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12)$$

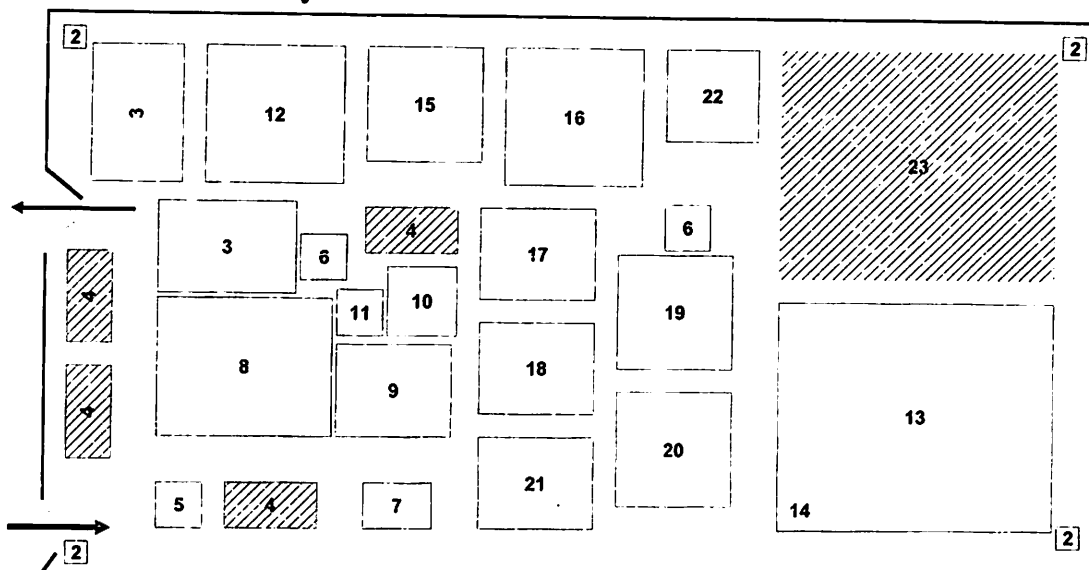
$$= 4.750 \text{ m}^2$$

Luas Bangunan Pabrik

$$= (13) + (14) + (15) + (16) + (17) + (18) + (19) + (20) + (21) + (22)$$

$$= 8.500 \text{ m}^2$$

Gambar IX.1. Lay Out Pabrik

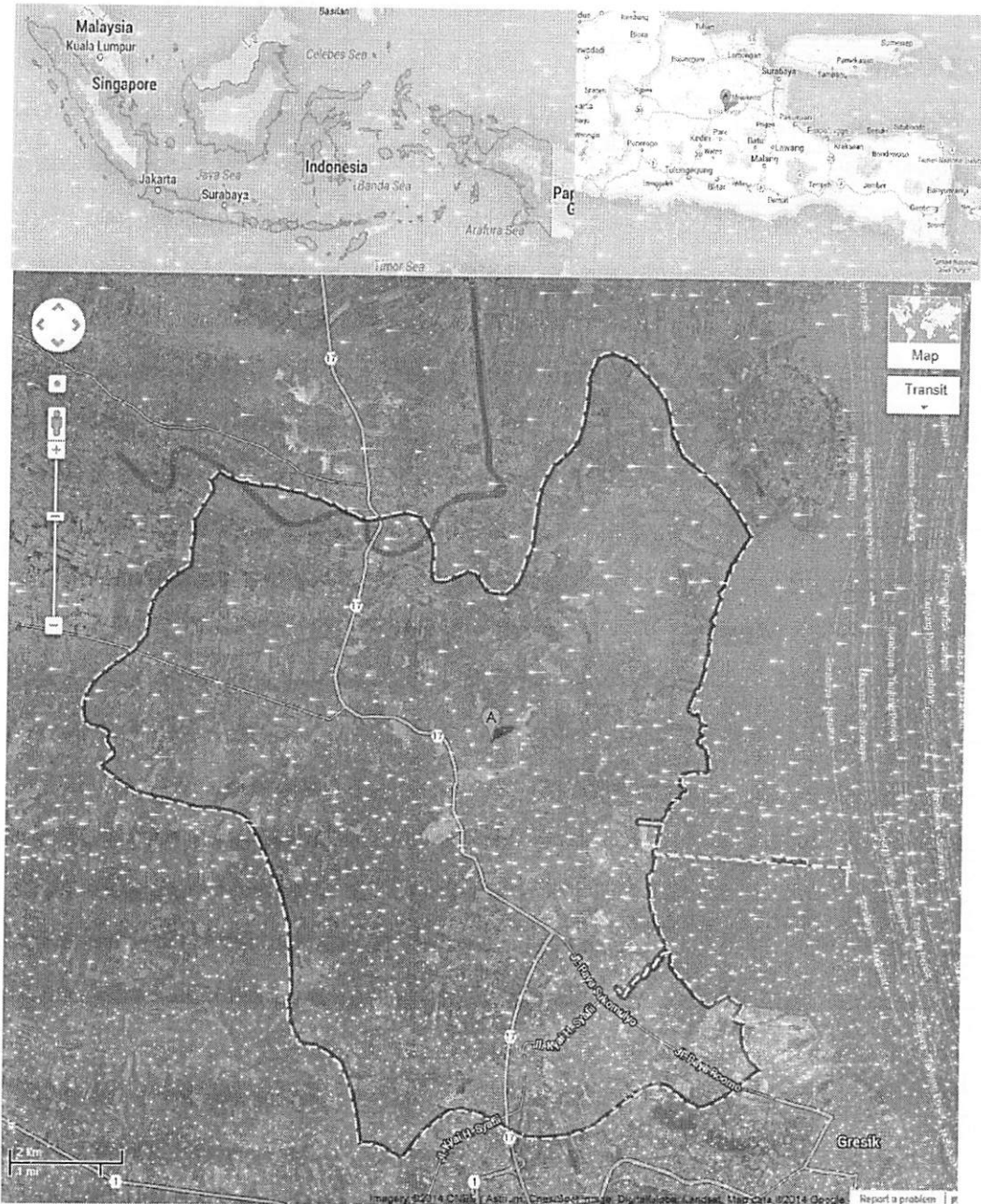


KETERANGAN GAMBAR :

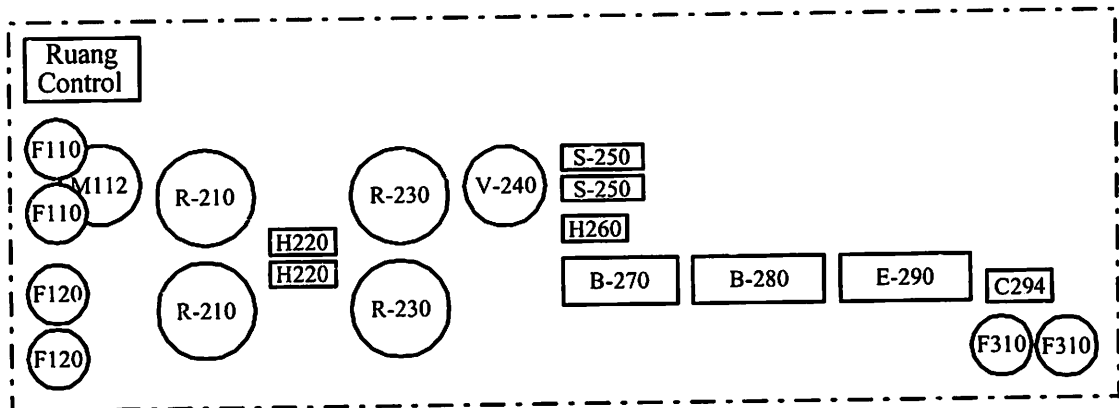
(Skala = 1 : 100)

| No. | JENIS BANGUNAN | Ukuran, (m) | | | Luas, (m ²) |
|-----|-------------------------|---------------|---|----|--------------------------|
| | | | x | | |
| 2 | POS KEAMANAN | 5 | x | 5 | 25 |
| 3 | PARKIR | 20 | x | 30 | 600 |
| 4 | TAMAN | 20 | x | 10 | 200 |
| 5 | TIMBANGAN TRUK | 10 | x | 10 | 100 |
| 6 | PEMADAM KEBAKARAN | 10 | x | 10 | 100 |
| 7 | BENGKEL | 15 | x | 15 | 225 |
| 8 | KANTOR | 30 | x | 40 | 1.200 |
| 9 | PERPUSTAKAAN | 25 | x | 20 | 500 |
| 10 | KANTIN | 15 | x | 15 | 225 |
| 11 | POLIKLINIK | 10 | x | 10 | 100 |
| 12 | MUSHOLA | 30 | x | 30 | 900 |
| 13 | RUANG PROSES | 60 | x | 60 | 3.600 |
| 14 | RUANG CONTROL | 10 | x | 10 | 100 |
| 15 | LABORATORIUM | 25 | x | 25 | 625 |
| 16 | UNIT PENGOLAHAN AIR | 30 | x | 30 | 900 |
| 17 | UNIT PEMBANGKIT LISTRIK | 25 | x | 20 | 500 |
| 18 | UNIT BOILER | 25 | x | 20 | 500 |
| 19 | STORAGE PRODUK | 25 | x | 25 | 625 |
| 20 | STORAGE BAHAN BAKU | 25 | x | 25 | 625 |
| 21 | GUDANG | 25 | x | 25 | 625 |
| 22 | UTILITAS | 20 | x | 20 | 400 |
| 23 | DAERAH PERLUASAN | 60 | x | 60 | 3.600 |

Gambar IX.2. Peta Lokasi Pabrik
Geografi Lokasi via Satelit (google-earth)



Gambar IX.3. Lay Out Peralatan Pabrik

**KETERANGAN :**

| NAMA ALAT | KODE | JUMLAH |
|-------------------------------|-------------|--------|
| SILO SODIUM CARBONATE | (F - 110) | 2 |
| TANGKI PENGENCER | (M - 112) | 1 |
| TANGKI ASAM PHOSPHATE | (F - 120) | 2 |
| REAKTOR - 1 | (R - 210) | 2 |
| FILTER PRESS | (H - 220) | 2 |
| REAKTOR - 2 | (R - 230) | 2 |
| EVAPORATOR | (V - 240) | 1 |
| CRYSTALLIZER | (S - 250) | 2 |
| CENTRIFUGE | (H - 260) | 1 |
| ROTARY DRYER | (B - 270) | 1 |
| ROTARY KILN | (B - 280) | 1 |
| ROTARY COOLER | (E - 290) | 1 |
| BALL MILL | (C - 294) | 1 |
| SILO SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE | (F - 310) | 2 |

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

X.1. Umum

| | |
|--------------------|--|
| Bentuk Perusahaan | : Perseroan Terbatas (PT) |
| Letak | : Manyar ; Gresik |
| Lapangan Usaha | : Memproduksi Sodium hexametaphosphate padat |
| Kapasitas Produksi | : 24.000 ton Sodium hexametaphosphate /tahun |

X.2. Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut :

- Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
- Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.
- Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin kerana tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

X.3. Struktur Organisasi

X.3.1. Struktur Organisasi : GARIS DAN STAF

Bentuk organisasi ini mempunyai keuntungan antara lain :

- Dapat dipergunakan oleh setiap organisasi yang bagai manapun besar maupun tujuan.
- Ada pembagian yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
- Bakat-bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialisasi.

- Sistem penempatan "*The Right Man in The Right Place*" lebih mudah dilaksanakan.
- Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.
- Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota-anggota staf yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
- Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing-masing.
- Disiplin dan moral para karyawan biasanya tinggi karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian dan pengalamannya.

PEMBAGIAN TUGAS DAN TANGGUNG JAWAB

1. PEMEGANG SAHAM

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan.

Tugas dan wewenang pemegang saham :

- Memilih dan memberhentikan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

2. DEWAN KOMISARIS

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Memilih dan memberhentikan Direktur

- Mengawasi Direktur
- Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur
- Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham

3. DIREKTUR UTAMA

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi :

- Direktur teknik dan Produksi
- Direktur Keuangan

Tugas dan Wewenang :

- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengangkat dan memberhentikan pegawai
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

4. DIREKTUR TEKNIK DAN PRODUKSI

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

- Pengawasan dan peningkatan mutu produksi
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi
- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan pemeliharaan alat-alat produksi

5. DIREKTUR KEUANGAN DAN ADMINISTRASI

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal

- Laba rugi perusahaan
- Neraca keuangan
- Administrasi perusahaan
- Perencanaan pemasaran dan penjualan

6. STAF AHLI

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut yaitu :

- Ahli Teknik
- Ahli Proses
- Ahli Ekonomi
- Ahli Hukum

7. KEPALA BAGIAN

Kepala Bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Teknik
2. Kepala Bagian Produksi
3. Kepala Bagian Umum
4. Kepala Bagian Pemasaran
5. Kepala Bagian Keuangan

Tugas umum Kepala Bagian adalah :

1. Menjalankan organisasi/mengatur/mengkoordinasi atau mengawasi pekerja-pekerja seksi bawahannya.
2. Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi dibawahnya.
3. Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi dibawahnya.
4. Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

Tugas khusus Kepala Bagian :

1. Kepala Bagian Teknik

Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).

2. Kepala Bagian Produksi

Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan bahan baku.

3. Kepala Bagian Umum

Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.

4. Kepala Bagian Pemasaran

Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.

5. Kepala Bagian Keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

8. KEPALA SEKSI

Tugas Umum Kepala Seksi :

1. Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
2. Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
3. Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi Kepala bagian.

Tugas Khusus Kepala Seksi :

1. Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Menjamin keadaan peralatan/mesin-mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.

2. Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi :
air , listrik , steam dan bahan bakar.

3. Seksi Riset dan Pengembangan

Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk, selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.

4. Seksi Produksi dan Proses

Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.

5. Seksi Personalia dan Kesejahteraan

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

6. Seksi Keamanan

Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.

7. Seksi Administrasi

Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

8. Seksi Pemasaran dan Penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Disini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

9. Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

10. Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.



11. Seksi Pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta spare part dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga dan jumlah yang tepat.

X.3.2. Pembagian Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin-mesin. Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut :

a. Untuk pekerja non shift

Bekerja dalam enam hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut :

* Senin sampai Jum'at : 07.00 – 15.00

* Sabtu : 07.00 – 13.00

b. Untuk pekerja shift

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 shift , yaitu :

* Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00

* Shift II (siang) : 15.00 – 23.00

* Shift III (malam) : 23.00 – 07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan pada tabel X.1.

Tabel X.1. Jadwal Kerja Karyawan Proses

| REGU | HARI KE : | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| I | P | P | P | L | M | M | M | L | S | S | S | L | P | P |
| II | S | S | L | P | P | P | L | M | M | M | L | S | S | S |
| III | M | L | S | S | S | L | P | P | P | L | M | M | M | L |
| IV | L | M | M | M | L | S | S | S | L | P | P | P | L | M |

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam L = Libur



X.3.3. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan karyawan diberikan dalam bentuk Jaminan Sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

- **Pakaian kerja**, diberikan kepada karyawan sebanyak 2 stel tiap tahun.
- **Tunjangan**, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- **Pengobatan**, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- **Jamsostek**. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

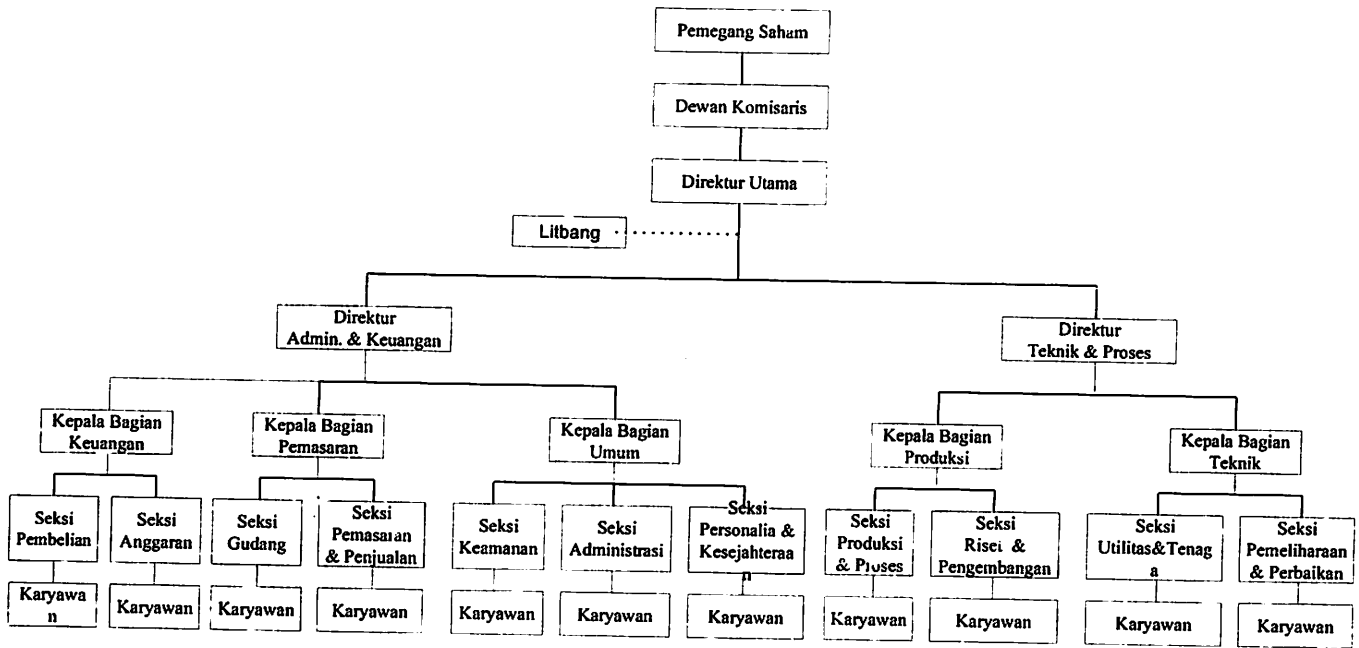
X.3.4. Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat jabatan atau kedudukan dalam struktur organisasi sebagaimana yang telah dijelaskan dalam pada gambar 10.1, yaitu

| Jabatan | Pendidikan | Pengalaman | Jumlah |
|----------------------|-----------------------------|---|---------|
| Direktur Utama | S-1 Teknik / S-2 Teknik | 15 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 8 tahun dalam posisi manajerial (S-2) | 1 orang |
| Direktur Operasional | S-1 Teknik / S-2 Teknik | 10 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 5 tahun dalam posisi manajerial (S-2) | 1 orang |
| Direktur Keuangan | S-1 Ekonomi/ S-2 Ekonomi | 10 tahun dalam posisi manajerial (S-1) atau 5 tahun dalam posisi manajerial (S-2) | 1 orang |

| Jabatan | | Pendidikan | Pengalaman | Jumlah |
|------------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|---------|
| Manager produksi | : | S-1 Teknik Kimia | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Manager teknik dan perawatan | : | S-1 Teknik Mesin | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Manager keuangan | : | S-1 Akutansi | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Manager QA dan QC | : | S-1 Teknik Kimia/ MIPA | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Manager umum | : | S-1 Hukum/Psikologi | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Manager pembelian dan logistik | : | S-1 Ekonomi | 5 tahun dalam posisi manajerial | 1 orang |
| Supervisor utility | : | D-III Teknik Kimia | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor perbaikan dan perawatan | : | D-III Teknik Mesin | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor QC dan Lab | : | D-III Teknik Kimia/ MIPA | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor QA | : | D-III Teknik | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor proses | : | D-III Teknik Kimia | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor bahan baku | : | D-III Teknik | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor pembukuan | : | D-III Akutansi | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor pajak | : | D-III Akutansi | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor pembelian | : | D-III Teknik | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor gudang dan logistik | : | D-III Ekonomi | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor personalia | : | S-1 Hukum | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor GA dan humas | : | S-1 Komunikasi | 2 tahun | 1 orang |
| Supervisor keamanan | : | Akademi militer | Maksimal usia 45 tahun | 1 orang |
| Foreman | : | D-I | 1 tahun | |
| Operator | : | SMU | | |

Gambar X.1. Struktur Organisasi Perusahaan



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Setiap 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 Biogas adalah sebagai berikut :

- Return On Investment (ROI)
- Pay Out Time (POT)
- Break Even Point (BEP)
- Shut Down Point (SDP)
- 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.

1. Fixed Capital Investment (FCI)

1.1. Biaya Langsung (Direct Cost) meliputi :

a. Peralatan :

- ⇒ Peralatan yang sesuai dengan diagram alir proses
- ⇒ Suku cadang
- ⇒ Peralatan tambahan
- ⇒ Biaya inflasi
- ⇒ Pajak dan asuransi

⇒ Modifikasi saat 'start up'

b. Instalasi peralatan

⇒ Instalasi sesuai diagram alir proses

⇒ Fondasi

⇒ Isolasi dan insulasi

⇒ Pengecatan

c. Instrumentasi dan pengendalian (control)

d. Perpipaan

e. Peralatan listrik

⇒ Motor, kabel, bahan listrik, dll

f. Bangunan

⇒ Perawatan bangunan

g. Lahan pengembangan

h. Fasilitas pelayanan

⇒ Utilitas (steam, listrik, air)

⇒ UPL (Unit Pengolahan Limbah)

⇒ Distribusi dan pengemasan

i. Tanah

1.2. Biaya tak langsung (Indirect Cost)

⇒ Teknik dan supervisi

⇒ Konstruksi

⇒ Kontraktor

⇒ Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Yaitu modal yang dipergunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi, meliputi :

- a. Penyediaan bahan baku selama masa tertentu
- b. Gaji karyawan selama masa tertentu
- c. Supervisi
- d. Utilitas selama masa tertentu
- e. Laboratorium
- f. Pemeliharaan
- g. Uang tunai
- h. Patent dan royalti
- i. Pengemasan produk selama masa waktu tertentu

Maka : $TCI = FCI + WCI$

B. Biaya Produksi Total (Total Production Cost)

Yaitu biaya yang digunakan untuk operasi pabrik dan biaya pembuatan/biaya alur produk, meliputi :

1. Biaya pembuatan (Production Cost), terdiri atas :
 - ⇒ Biaya produksi langsung (Direct Production Cost – DPC)
 - ⇒ Biaya produksi tetap (Fixed Production Cost – FPC)
 - ⇒ Biaya overhead pabrik (Plant Overhead Cost)
2. Biaya umum (General Expenses)
 - ⇒ Administrasi
 - ⇒ Distribusi dan pemasaran
 - ⇒ Penelitian dan pengembangan
 - ⇒ Biaya tak terduga

Biaya produksi total terbagi menjadi 3 bagian, yaitu :

- ⇒ Biaya variabel (Variable Cost – VC), yaitu semua biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi yang meliputi :
 - ⇒ Biaya bahan baku

- ⇒ Biaya utilitas
- ⇒ Biaya pengepakan
- ⇒ Biaya semi variabel (Semi Variable Cost – SVC). Yaitu biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi, meliputi :
 - ⇒ Upah karyawan
 - ⇒ Plant Overhead
 - ⇒ Pemeliharaan dan perbaikan
 - ⇒ Laboratorium
 - ⇒ Operating supplies
 - ⇒ General Expenses
- ⇒ Biaya tetap (Fixed Cost – FC)
 - ⇒ Depresiasi
 - ⇒ Asuransi
 - ⇒ Pajak
 - ⇒ Bunga

C. Penaksiran 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 beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam pra rencana pabrik biogas ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat dalam beberapa literatur yang terdapat dalam daftar pustaka.

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2014 ini digunakan persamaan

$$H_A = H_B (C_A/C_B)^n \dots\dots(Peter \& Timmerhaus, 1991)$$

dimana :

H_A : Harga alat A ; H_B : Harga alat B
 C_A : Kapasitas alat A ; C_B : Kapasitas alat B
 n : eksponen harga alat (0,6)

11.2. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

| No | Jenis Biaya | | Jumlah |
|-----------|---|------|---------------------------|
| A. | DIRECT COST | | |
| 1 | Pengadaan Alat | | 125,563,280,000.00 |
| 2 | Instrumentasi | 0.18 | 22,601,390,400.00 |
| 3 | Isolasi | 0.09 | 2,034,125,136.00 |
| 4 | Perpipaan Terpasang | 0.31 | 630,578,792.16 |
| 5 | Pelistrikan Terpasang | 0.10 | 63,057,879.22 |
| 6 | Harga FOB | | 150,892,432,207.38 |
| 7 | Ongkos angkutan | 0.05 | 7,544,621,610.37 |
| 8 | Harga C dan F | | 158,437,053,817.75 |
| 9 | Biaya asuransi | 0.01 | 1,584,370,538.18 |
| 10 | Harga CIF | | 160,021,424,355.92 |
| 11 | Biaya Angkutan Barang ke plant site | 0.25 | 40,005,356,088.98 |
| 12 | Pemasangan Alat | 0.39 | 48,969,679,200.00 |
| 13 | Bangunan Pabrik | 0.29 | 36,413,351,200.00 |
| 14 | Service Facilities and Yard Improvement | 0.55 | 69,059,804,000.00 |
| 15 | Tanah | 0.06 | 7,533,796,800.00 |
| 16 | Direct Cost | | 362,003,411,644.90 |
| B | Indirect Cost | | |
| 17 | Engineering and Supervision | 0.15 | 18,834,492,000.00 |
| 18 | Ongkos Pemborong | 0.20 | 72,400,682,328.98 |
| 19 | Biaya tidak terduga | 0.10 | 0.1xFCI |
| 20 | Indirect Cost | | 91,235,174,328.98 |
| | | | +0.1 FCI |
| C | Fixed Capital Investement | | |
| 21 | Fixed Capital Investment | | 503,598,428,859.87 |
| D | Working Capital Investment | | |
| 22 | Working Capital Investment | 0.20 | 125,899,607,214.97 |
| E | Total Capital Investment | | |
| 23 | Total Capital Investment | | 629,498,036,074.84 |

TOTAL CAPITAL INVESTMENT (TCI)

TCI = FCI + WCI

= Rp. 503,598,428,859.87 + Rp. 125,899,607,214.97

= Rp. 629,498,036,074.84

Komposisi modal yang dipergunakan :

⇒ 75 % modal sendiri (75 % TCI) = Rp. 377,698,821,644.90

⇒ 25 % pinjaman ke bank (25% TCI) = Rp. 125,899,607,214.97

11.3 Biaya Produksi Total (Total Production Cost – TPC)

⇒ **Biaya produksi langsung (Direct Production Cost – DPC)**

| | | | |
|---|-------------------------------|------|-------------------|
| 1 | Bahan Baku | | 94,000,000.00 |
| 2 | Buruh | | 25,000,000.00 |
| 3 | Biaya Pengawasan | 0.15 | 3,750,000.00 |
| 4 | Utilitas | | 11,000,000.00 |
| 5 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 0.07 | 35,251,890,020.19 |
| 6 | Operating Supplies | 0.15 | 5,287,783,503.03 |
| 7 | Laboratorium | 0.15 | 5,287,783,503.03 |
| 8 | Patent and Royalties | 0.01 | 0.01 |
| | Jumlah | | 45,961,207,026.25 |

⇒ **Biaya produksi tetap (Fixed Production Cost – FPC)**

| | | | | |
|--|----------------------|--------|---------|------------------------------|
| 1 | Depresiasi peralatan | | 10% FCI | Rp. 50,359,842,885.99 |
| 2 | Hak kekayaan | 2-4% | 2% FCI | Rp. 7,553,976,432.90 |
| 3 | Asuransi | 0.4-1% | 1% FCI | Rp. 5,035,984,288.60 |
| 4 | Biaya sewa | 8-10% | | Rp. 0.00 |
| TOTAL FIXED PRODUCTION COST (FPC) | | | | Rp. 62,949,803,607.48 |

Biaya overhead pabrik (0,70 Gaji + M + S) = Rp. 24,696,448,014.13

BIAYA PRODUKSI = DPC + FPC + Biaya Overhead Pabrik
 = Rp. 45,961,207,026.25 + Rp.
 62,949,803,607.48+
 Rp. 24,696,448,014.13
 = Rp. 133,607,458,647.87

⇒ **Biaya umum (General Expenses)**

| | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------|-----|--------------------------|
| 1 | Administrasi | 15% Gaji + M + S | Rp. | 5,292,096,003.03 |
| 2 | Distribusi dan pemasaran | 15% | | 15% TPC |
| 3 | Penelitian dan pengembangan | 5% | Rp. | 5,376,000,000.00 |
| 4 | Biaya bunga pinjaman | 12% modal pinjaman | Rp. | 15,107,952,865.80 |
| | TOTAL | | Rp. | 25.776,048,868.82 |

TOTAL BIAYA PRODUKSI (TPC) = BIAYA PRODUKSI + BIAYA UMUM

TPC = Rp. 133,607,458,647.87 + 25,776,048,868.82
 = **Rp. 159,383,507,516.69**

11.4. Perhitungan harga jual produk

Pada pra-rencana pabrik natrium hexametafosfat ini, produk yang dihasilkan adalah natrium hexametafosfat. Harga natrium hexametafosfat per ton adalah \$1,100 atau Rp. 12,100,000.00. Harga penjualan natrium hexametafosfat pertahun adalah Rp. 290,400,000,000.00

| | | | |
|-----|--------------------|------------|--------------------------|
| c.4 | Biaya umum | Rp. | 26,208,048,868.82 |
| c.5 | Pengawasan pabrik | Rp. | 3,750,000.00 |
| c.6 | Biaya laboratorium | Rp. | 5,287,783,503.03 |
| | Total | Rp. | 91,472,920,406.18 |

d. Pendapatan penjualan (Selling – S) : Rp. 290,400,000,000.00

BEP = 40 %

Kapasitas produksi untuk mencapai BEP = % BEP x kapasitas total
 = 40% x 24.000 ton/tahun
 = 9587.9183 ton/tahun

D. Perhitungan Shut Down Point (SDP)

Adalah kapasitas minimum yang dapat menyatakan bahwa pabrik masih layak untuk dioperasikan

$$SDP = \frac{0.3 SVC}{S - 0.7SVC - VC} \times 100 \%$$

SDP

$$= \frac{(0.3 \times \text{Rp. } 23.668.852.609)}{\text{Rp. } 63.653.415.000 - (0.7 \times \text{Rp. } 23.668.852.609) - \text{Rp. } 11.269.383.350} \times 100 \%$$

SDP = 19.83 %

Kapasitas minimum agar pabrik tidak berhenti = % SDP x kapasitas total
 = 19.83% x 60.000 ton/tahun
 = 11.898 ton/tahun

E. Perhitungan Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang

Bunga bank (i) = 19 %

Asumsi pembangunan : 2 tahun

Asumsi umur pabrik : 10 tahun



R = Rp. 13.141.985.900

| Tahun | Investasi (Rp.) | Cash-In | Discounted Factor (1/(1+i) ⁿ) | PV (Rp.) | NPV (Rp.) |
|-------|--------------------|----------------|--|----------------|------------------|
| 0 | (41,889,472,706) | 0 | 0 | 0 | (41,889,472,706) |
| 1 | | 13,141,985,900 | 0.840 | 11,043,685,630 | (30,845,787,076) |
| 2 | | 13,141,985,900 | 0.706 | 9,280,408,093 | (21,565,378,983) |
| 3 | | 13,141,985,900 | 0.593 | 7,798,662,263 | (13,766,716,720) |
| 4 | | 13,141,985,900 | 0.499 | 6,553,497,700 | (7,213,219,021) |
| 5 | | 13,141,985,900 | 0.419 | 5,507,140,924 | (1,706,078,096) |
| 6 | | 13,141,985,900 | 0.352 | 4,627,849,516 | 2,921,771,420 |
| 7 | | 13,141,985,900 | 0.296 | 3,888,949,173 | 6,810,720,593 |
| 8 | | 13,141,985,900 | 0.249 | 3,268,024,515 | 10,078,745,108 |
| 9 | | 13,141,985,900 | 0.209 | 2,746,239,088 | 12,824,984,197 |
| 10 | | 13,141,985,900 | 0.176 | 2,307,763,940 | 15,132,748,137 |

NPV yang didapatkan adalah Rp. 15.132.748.137 maka pabrik biogas ini layak untuk dibangun dan dioperasikan

F. Perhitungan laju pengembalian bunga (Internal Rate of Return – IRR)

IRR adalah ukuran kelayakan suatu perencanaan suatu pabrik ditinjau dari sudut pandang laju pengembalian bunga. Bila IRR yang dihasilkan lebih besar dari bunga bank maka proyek pembangunan suatu pabrik dapat dilanjutkan dan dioperasikan.

i = 0.19

i = 0.28894340046

| Tahun | Investasi (Rp.) | Cash-In | Discounted Factor (1/(1+i) ⁿ) | PV (Rp.) | NPV (Rp.) | Discounted Factor (1/(1+i) ⁿ) | PV (Rp.) | NPV (Rp.) |
|-------|--------------------|----------------|--|----------------|------------------|--|----------------|------------------|
| 0 | (41,889,472,706) | 0 | 0 | 0 | (41,889,472,706) | | 0 | (41,889,472,706) |
| 1 | | 13,141,985,900 | 0.909 | 11,947,259,909 | (29,942,212,797) | 0.776 | 10,195,937,149 | (31,693,535,557) |
| 2 | | 13,141,985,900 | 0.826 | 10,861,145,372 | (19,081,067,425) | 0.602 | 7,910,306,337 | (23,783,229,219) |
| 3 | | 13,141,985,900 | 0.751 | 9,873,768,520 | (9,207,298,905) | 0.467 | 6,137,047,084 | (17,646,182,135) |
| 4 | | 13,141,985,900 | 0.683 | 8,976,153,200 | (231,145,705) | 0.362 | 4,761,300,676 | (12,884,881,459) |
| 5 | | 13,141,985,900 | 0.621 | 8,160,139,273 | 7,928,993,567 | 0.281 | 3,693,956,363 | (9,190,925,096) |
| 6 | | 13,141,985,900 | 0.564 | 7,418,308,430 | 15,347,301,997 | 0.218 | 2,865,879,419 | (6,325,045,677) |
| 7 | | 13,141,985,900 | 0.513 | 6,743,916,754 | 22,091,218,751 | 0.169 | 2,223,433,099 | (4,101,612,578) |
| 8 | | 13,141,985,900 | 0.467 | 6,130,833,413 | 28,222,052,164 | 0.131 | 1,725,004,448 | (2,376,608,131) |
| 9 | | 13,141,985,900 | 0.424 | 5,573,484,921 | 33,795,537,085 | 0.102 | 1,338,308,918 | (1,038,299,213) |
| 10 | | 13,141,985,900 | 0.386 | 5,066,804,474 | 38,862,341,559 | 0.079 | 1,038,299,213 | 0 |



IRR = 28,89 %, Bunga Bank = 19 %

Melihat hasil IRR sebesar 28,89 % maka pembangunan dan pengoperasian pabrik biogas ini dapat dilaksanakan

Kesimpulan dari Analisis Ekonomi

Dari evaluasi di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

| | |
|---|-------------------------|
| 1. Total Capital Investment (TCI) | :Rp. 629,498,036,074.84 |
| ⇒ Fixed Capital Investment (FCI) | :Rp. 503,598,428,859.87 |
| ⇒ Working Capital Investment (WCI) | :Rp. 125,899,607,214.97 |
| 2. Total Production Cost (TPC) | :Rp. 159,815,507,516.69 |
| 3. Total penjualan | :Rp. 290,400,000,000.00 |
| 4. Laba sebelum pajak | :Rp. 130,584,492,483.31 |
| 5. Laba setelah pajak | :Rp. 123,324,492,483.31 |
| 6. Return On Investment (ROI) sebelum pajak | : 26 % |
| 7. Return On Investment (ROI) setelah pajak | : 24 % |
| 8. Internal Rate of Return (IRR) | : 28,89 % |
| 9. Pay Out Time (POT) | : 2.9 tahun |
| 10. Break Event Point | : 40 % |

BAB XII

PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan sodium hexametaphosphate, Indonesia masih mengimpor sodium hexametaphosphate dari beberapa negara. Di lain pihak, Indonesia mempunyai bahan baku yang tersedia. Sehingga pendirian pabrik sodium hexametaphosphate dengan mempunyai masa depan yang baik.

XII.1. Pembahasan

Untuk mendapatkan kelayakan bahwa pra rencana pabrik ini, maka perlu ditinjau dari beberapa faktor , antara lain :

Pasar

Kebutuhan dalam negeri akan sodium hexametaphosphate yang selama ini masih diimpor, hal ini akan menguntungkan dalam segi pangsa pasar dalam negeri. Karena bahan dasarnya yang dapat diperoleh secara mudah di dalam negeri di Indonesia. Sehingga keadaan tersebut akan mampu menjadi modal dalam persaingan internasional dan persaingan domestik.

Lokasi

Lokasi pabrik terletak di daerah Industri yaitu Manyar , Gresik. Lokasi ini dekat dengan pelabuhan laut Tanjung Perak. Untuk kebutuhan transportasi udara, kota Manyar , Gresik dekat dengan Bandara Udara Internasional Juanda. Hal ini akan memudahkan dalam transportasi bahan baku maupun produk. Maka pemilihan lokasi di daerah Manyar , Gresik dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin G.A.*, "Shreve's Chemical Process Industries", 5TH edition, Mc. Graw Hill Book Company, Inc, New York, 1960.
- Badger*, W.L. and Banchemo, J.T., 1955, "Introduction to Chemical Engineering", Int ed, McGraw-Hill Book Company Inc., N.Y.
- Biro Pusat Statistik*, "Export – Import Sektor Industri"
- Brownell, L., E. Young*, 1959, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons Inc., N.Y.
- Faith, W.L., Keyes, D.B & Clark, R.L.*, 1960, "Industrial Chemical", 4th ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Foust, A.S.*, 1960, "Principles of Unit Operations", 2^{ed}, John Wiley & Sons, N.Y.
- Gcankoplis, C.J.*, 1983, "Transport Processes and Unit Operations", 2^{ed}, Allyn and Bacon Inc., Boston.
- Hesse, H.C.*, 1962, "Process Equipment Design", 8th print, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New Jersey
- Himmelblau, D.M.*, 1989, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", 5 ed, Prentice-Hall International, Singapore
- Hougen, O.A.*, Watson, K.M., 1954, "Chemical Process Principles", part 1, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc, New York
- Kern, D.Q.*, 1965, "Process Heat Transfer", Int ed, McGraw Hill Book Company Inc., N.Y.
- Koppel, L.*, 1965, "Process Systems Analysis and Control", Int ed, McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- Lamb J.C.*, 1985, "Water Quality And Its Control", John Wiley & Sons Inc, New York.
- Levenspiel, O.*, 1962, "Chemical Engineering Reaction", 2 ed, John Wiley & Sons Inc, N.Y.
- McCabe, W.L.*, 1956, "Unit Operation of Chemical Engineering",

McGraw-Hill Book Company Inc. , Tokyo

Perry, Chilton , 1973 , " *Perry's Chemical Engineer's Handbook*" , 5^{ed} ,
McGraw-Hill Book Company Inc. , Singapore.

Perry, Chilton , 1984 , " *Perry's Chemical Engineer's Handbook*" , 6^{ed} ,
McGraw-Hill Book Company Inc. , Singapore.

Perry, Chilton , 1999 , " *Perry's Chemical Engineer's Handbook*" , 7^{ed} ,
McGraw-Hill Book Company Inc. , N.Y.

Petter, M.S, Timmerhaus, K.D., 1959 , " *Plant Design and Economi for
Chemical Engineering*" , 4thed., McGraw-Hill Book Company Inc. , N.Y.

Sherwood, T , 1977 , " *The Properties of Gasses and Liquid*" , 3th ed ,
McGraw-Hill Book Company Inc. , Singapore.

Ulrich, G.D. , 1984 , " *A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economics*" , John Wiley & Sons Inc, N.Y.

Van Ness, H.C., Smith J.M., 1987 , " *Introduction to Chemical Engineering
Thermodynamics*" , 5 ed , McGraw-Hill Book Company, Singapore.

PRA RENCANA PABRIK

**VINIL ASETAT DARI ETILENA
DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES OKSIDASI
KAPASITAS PRODUKSI 80.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
KOLOM DESTILASI**

SKRIPSI

Disusun oleh :

ACHDIATUL MU'MIN

13.149.18



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**VINIL ASETAT DARI ETILENA
DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES OKSIDASI
KAPASITAS PRODUKSI 80.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
KOLOM DESTILASI**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

ACHDIATULMU'MIN 13.149.18

Malang, Agustus 2015

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

**Rini Kartika Dewi, ST, MT
NIP Y 1030100370**

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : ACHDIATUL MU'MIN
NIM : 1314918
Jurusan/program studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)
Judul skripsi : PRA RENCANA PABRIK VINIL ASETAT DARI
ETILENA DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES
OKSIDASI

Dipertahankan dihadapan tim penguji ujian skripsi jenjang strata satu (S-1) pada :

Hari : Senin
Tanggal : 11 Juli 2015
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y. 1039900330

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP P. 1030000351

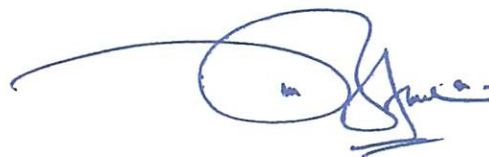
Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP P. 1030000351

Penguji Kedua,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP. P 1030400400

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ACHDIATUL MU'MIN
NIM : 1314918
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK

VINIL ASETAT DARI ETILENA DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS PRODUKSI 80.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA KOLOM DESTILASI

Adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan sumber aslinya.

Malang, Juli 2015



ACHDIATUL MU'MIN
1314918

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat Dari Etilena Dan Asam Asetat Dengan Proses Oksidasi Kapasitas Produksi 80.000 Ton/Tahun”** dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna mencapai gelar Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Jimmy, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang
4. Ibu Rini Kartika Dewi, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Kedua Orang tua kami yang telah memberikan dukungan serta doa kepada kami
6. Bapak/Ibu Dosen, rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak guna menyempurnakan skripsi ini



Malang, Juli 2015

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air dengan Proses Hidrasi ini mengambil lokasi pendirian di JL. Raya Anyer KM 122, Cilegon, Banten, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 80.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Etilena (C_2H_4), Asam Asetat (CH_3COOH),
Oksigen (O_2)
- Bahan pembantu : Palladium Klorida ($PdCl_2$)
- Utilitas : Air kawasan, Steam, Cooling water, Lisrik,
Bahan bakar
- Organisasi Perusahaan:
 - o Bentuk : Perseroan Terbatas
 - o Struktur : *Line and staf*
 - o Karyawan : 198 orang
- Analisa ekonomi:
 - o TCI : Rp 243.902.557.000
 - o ROI_{at} : 11,26 %
 - o POT_{at} : 4,7 tahun
 - o BEP : 57,79 %
 - o IRR : 24,15%

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat dengan Proses Oksidasi layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

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

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|--------|
| Gambar 1. | Pertumbuhan Data Impor Vinil Asetat Tahun 2009-2013 | I-5 |
| Gambar 2. | Peta Lokasi Pabrik Vinil Asetat..... | I-10 |
| Gambar 3. | Blok Diagram Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat | II-2 |
| Gambar 4. | Blok Diagram Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat..... | II-3 |
| Gambar 5. | Blok Diagram Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Acetic Anyhdride..... | II-3 |
| Gambar 7.1. | Wearpack..... | VII-8 |
| Gambar 7.2. | Helm Pelindung Kepala..... | VII-8 |
| Gambar 7.3. | Sarung Tangan | VII-9 |
| Gambar 7.4. | <i>Ear Muffs & Ear Plug</i> | VII-9 |
| Gambar 7.5. | <i>Goggle & Face Shield</i> | VII-10 |
| Gambar 7.6. | Masker | VII-10 |
| Gambar 7.7. | <i>Safety Shoes</i> | VII-11 |
| Gambar 7.8. | <i>Fire Extinguisher</i> | VII-11 |
| Gambar 9.1. | Tata Letak Pabrik Vinil Asetat | IX-3 |
| Gambar 9.2. | Tata Letak Alat Pabrik Vinil Asetat..... | IX-5 |
| Gambar 10.1. | Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat..... | X-3 |
| Gambar 11.1. | Grafik Break Even Point | XI-9 |
| Gambar 11.2. | Grafik BEP pada Keadaan Shut Down Rate | XI-11 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|---|--------|
| Tabel 1. | Analisa Pasar | I-4 |
| Tabel 2. | Data Impor Periode Tahun 2009-2013 | I-5 |
| Tabel 3. | Perbandingan Proses Pembuatan Vinil Asetat..... | II-4 |
| Tabel 7.1. | Instrumentasi Peralatan Pabrik Vinil Asetat..... | VII-3 |
| Tabel 7.2. | Alat-Alat Keselamatan Kerja pada Pabrik Vinil Asetat..... | VII-12 |
| Tabel 8.1. | Persyaratan Kandungan Bahan Dalam Air Boiler, pada Beberapa Tckanan Boiler | VIII-2 |
| Tabel 8.2. | Syarat Kimia Air Sanitasi | VIII-6 |
| Tabel 9.1. | Jumlah Luasan Tanah dan Bangunan Pabrik Vinil Asetat | IX-4 |
| Tabel 10.1. | Jadwal Kerja Karyawan Pabrik | X-10 |
| Tabel 10.2. | Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Vinil Asetat..... | X-12 |
| Tabel 10.3. | Daftar Gaji Karyawan per Bulan | X-14 |
| Tabel 11.1. | Cash Flow untuk NPV Selama 10 Tahun..... | XI-12 |
| Tabel 11.2. | Cash Flow untuk IRR..... | XI-13 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pertumbuhan dan perkembangan industri di Indonesia, industri kimia adalah salah satu jenis industri yang cocok dikembangkan di Indonesia karena sumber daya alam yang tersedia memungkinkan tumbuhnya bidang-bidang industri yang baru. Berdasarkan potensi yang ada, dan prospek yang akan datang maka pabrik vinil asetat perlu didirikan di Indonesia, mengingat saat ini kita masih menggunakan kebutuhan vinil asetat dari luar negeri.

Vinil asetat adalah senyawa organik yang merupakan turunan asam karboksilat yang salah satu atom C-nya mengandung ikatan rangkap, vinil asetat mempunyai rumus bangun $\text{CH}_2=\text{CHOCOOCH}_3$ dan rumus molekulnya $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ dan berat molekul 60,06. Impuritis yang terkandung dalam produk. Vinil asetat secara kompleks tidak dapat bercampur dengan air, tetapi dengan larutan organik. Pada suhu $20\text{ }^\circ\text{C}$ larutan kesetimbangan vinil asetat dapat terlarut 2-2,4% berat dalam air sedangkan air dapat terlarut 0,9-1,0% berat dalam vinil asetat.

Vinil asetat merupakan liquid yang mudah terbakar dan tidak berwarna. Pada awalnya mempunyai bau yang menyengatkan tetapi secara cepat berubah menjadi tajam dan merangsang. Juga termasuk larutan yang volatil karena pada tekanan 1 atm mempunyai titik didih $72,7\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik lebur $-100\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $-93\text{ }^\circ\text{C}$.

Di dalam industri vinil asetat (VA) banyak dipakai secara luas karena mempunyai intermediate produk. Konsumen vinil asetat adalah industri polivinil asetat (PVA) dan industri polimer vinil asetat copolymer, yang nantinya akan dipakai sebagai pelarut cat, adhesive dan pelapis kertas. Karena pemakaiannya tidak memerlukan perawatan khusus, maka banyak industri menggunakan vinil asetat sebagai bahan baku. Misalnya industri polivinil alkohol (PVAL) dan industri polyvinil asetat/resin (PVAc). Vinil asetat merupakan pilihan utama dibandingkan vinil klorida, karena dengan etilena dapat membentuk polimer yang banyak diperdagangkan dengan acrylonitrile.

(Kirk dan othmer, 1998)

1.2 Bahan Baku dan Produk

1.2.1 Bahan baku

a. Asam Asetat

- Rumus molekul = CH_3COOH
- Nama lain = Ethanoic acid, vinegar acid

Sifat fisika dan kimia

- BM = 60,05
- Warna = tak berwarna
- Bentuk = liquid
- Densitas = 1,0492 g/mL
- Specific gravity = 1,049
- Melting Point = $16,7^\circ\text{C}$
- Boiling Point = $119,1^\circ\text{C}$
- Viscositas = 0,9 cP pada 40°C
- Berbau tajam, termasuk golongan asam lemah
- Larut dalam air, alkohol, gliserol dan eter
- Pada suhu ruang tak larut dalam carbon disulfid
- Higroskopis dalam asam asetat murni, pelarut dalam industri kimia

(Perry, 1973)

b. Etilena

- Rumus molekul = C_2H_4

Sifat fisika dan kimia

- BM = 28,05
- Warna = Tidak berwarna
- Bentuk = gas
- Densitas = 1,178 g/L pada 15°C
- Melting Point = -169°C
- Boiling Point = $-103,9^\circ\text{C}$
- Viscositas = 0,00099 cP pada 15°C

- Larut dalam berbagai pelarut antara lain etil alkohol, aseton, benzena dan air.
- Dapat mempercepat kematangan suatu buah
- Pelarut dalam industri kimia

(Perry,1973)

1.2.2 Bahan Pembantu

Palladium Klorida

- Rumus molekul = PdCl_2
- Sifat fisika dan kimia
- BM = 177,61
- Bentuk = padat
- Warna = coklat
- Melting point = 500°C
- Densitas = $12,023 \text{ g/cm}^3$ pada 25°C
- Mudah larut dalam air, alkohol
- Biasanya digunakan pada temperatur tinggi

(Perry, 1973)

1.2.3 Produk

Vinil asetat

- Rumus molekul = $\text{CH}_3\text{COOH}=\text{CH}_2$
- Sifat fisika dan kimia
- Berat molekul = 86,09
- Viscositas pada 20°C = 0,43 cP
- Densitas (g/mL) = 0,932
- Warna = tidak berwarna
- Bentuk = liquid
- Specific gravity = 0,932 pada 20°C
- Boiling Point = $72,8^\circ\text{C}$
- P uap pada 20°C = 12 Kpa
- P uap pada 50°C = 42,6 Kpa
- Panas Spesifik = 1,926 KJ/Kg

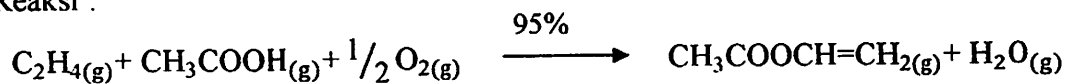
- Larut dalam pelarut organik seperti chloroform, eter dan alkohol
- Tidak larut dalam air
- Dapat dipolimerisasi dalam bentuk padatan dan emulsi
- Mudah terbakar dan menyebabkan iritasi pada kulit dan mata

(Ulmann's, 2005)

1.3 Analisis Pasar

Pemasaran produk vinil asetat untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah dapat dipenuhi maka pemasaran diarahkan ke wilayah Asia. Di bawah ini analisa pasar untuk mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Reaksi :



Tabel 1. Tabel analisa pasar

| No | Reaktan | Berat Molekul | Harga (\$/kg) |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------|
| 1 | C ₂ H ₄ | 28,05 | 2 |
| 2 | CH ₃ COOH | 60,05 | 0,6 |
| 3 | O ₂ | 31,9988 | - |
| 4 | CH ₃ COOCH=CH ₂ | 86,09 | 1,6 |
| 5 | H ₂ O | 18,015 | - |

$$\begin{aligned} \text{EP} &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= [(86,09 \times 1,6) + (18,015 \times 0,086) - [(28,05 \times 2) + (60,05 \times 0,6) + (0,5 \times \\ &\quad 31,998 \times 0)]] \\ &= \$ 47,163 / \text{kmol CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2 \end{aligned}$$

1.4 Menentukan Kapasitas

Dalam mendirikan suatu pabrik diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi yang sesuai dengan permintaan. Pabrik vinil asetat yang akan didirikan, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat mengurangi impor, selebihnya akan diekspor yang dapat menambah devisa negara. Perhitungan kapasitas produksi didasarkan pada analisa pasar yang dapat dilihat pada Tabel 1. Data yang diperoleh dari data BPS (Badan Pusat Statistik). Karena

kurangnya ekspor dan produksi di Indonesia maka dari data impor didapatkan kenaikan produksi.

Tabel 2. Data impor periode tahun 2009-2013

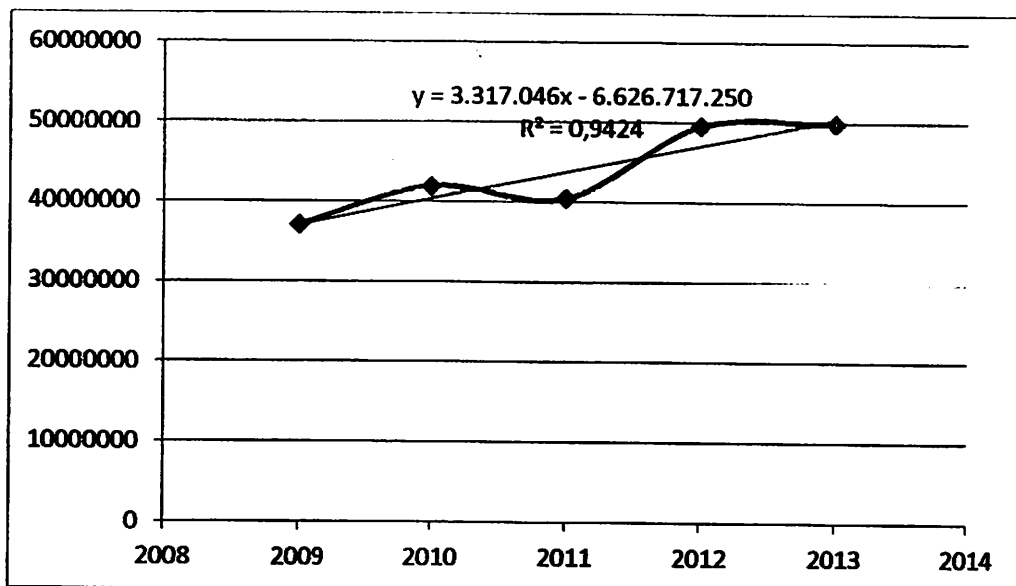
| Tahun | Impor (kg) | Impor (%) |
|-----------|------------|-----------|
| 2009 | 37.193.841 | - |
| 2010 | 42.003.992 | 12,93% |
| 2011 | 40.518.389 | -3,54% |
| 2012 | 49.625.975 | 22,48% |
| 2013 | 49.968.079 | 0,69% |
| Rata-rata | | 8,14 |

Sumber : BPS, 2014

Pendirian pabrik baru tahun 2018 yang akan didirikan, dapat ditentukan sebagai berikut:

a. Menentukan faktor pertumbuhan

Dengan penggunaan teknik regresi diperoleh persamaan:



Gambar 1. Pertumbuhan data impor vinil asetat tahun 2009-2013 (BPS)

$$y = ax + b$$

$$y = 3317046. x + (-6626717250)$$

b. Menentukan kapasitas pabrik baru

Dengan persamaan diatas maka diperoleh kapasitas pendirian pabrik vinil asetat pada tahun 2018 dengan pertimbangan ekspor untuk menambah devisa negara sebesar 25% impor sehingga kapasitas pabrik diperkirakan sebesar:

$$F = 3317046. (2018) - 6626717250$$

$$F = 67081377 \text{ kg/tahun}$$

$$F = 67081,377 \text{ ton/tahun}$$

$$M = F + 25\% F$$

$$M = 67081,377 + 25\% (67081,377)$$

$$M = 83851.72$$

Dengan pertimbangan kenaikan produk vinil asetat serta faktor ekonomi produksi pabrik maka kapasitas produksi pabrik vinil asetat pada tahun 2018 adalah 80.000 ton/tahun

1.5 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik pada suatu perusahaan sangat penting, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan perusahaan.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

a. **Faktor-faktor Utama**

1. **Penyediaan Bahan Baku**

Bahan baku merupakan bahan yang penting dalam operasional pabrik, sehingga pendirian pabrik vinil asetat didirikan dekat dengan sumber bahan bakunya yaitu pabrik etilena dan asam asetat. Akan tetapi ada juga pabrik yang lokasinya tidak berdekatan dengan sumber bahan baku, tetapi mendekati konsumennya. Dalam penyediaan bahan baku beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber bahan baku dapat diandalkan pengadaannya

- Kualitas bahan baku yang ada serta apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya.

2. Pemasaran (Marketing)

Marketing merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk suatu pabrik atau industri, karena pemasaran sangat menentukan keuntungan industri tersebut. Dalam pemasaran beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Dimana produk akan dipasarkan (daerah marketing)
- Proyeksi kebutuhan produk pada masa sekarang dan yang akan datang
- Pengaruh persaingan dagang
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.

3. Utilitas

Utilitas suatu pabrik terdiri dari

a. Air

Air merupakan hal yang sangat penting dalam prarencana pabrik vinil asetat. Air digunakan untuk keperluan proses, pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, serta kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari dua macam sumber, yaitu : air sungai dan air kawasan yang disesuaikan dengan jenis kebutuhan dan jumlahnya. Dalam penyediaan air beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Kemampuan sumber tersebut untuk memenuhi kebutuhan pabrik
- Kualitas sumber air yang digunakan
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air.

Apabila diambil dari sungai atau air kawasan, maka air tersebut harus diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan kebutuhan.

1. Listrik Dan Bahan Bakar

Listrik dan bahan bakar mempunyai peranan yang sangat penting dalam pabrik vinil asetat, terutama untuk alat penggerak dan penerangan. Pada

penyediaan listrik dan bahan bakar di daerah tersebut ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Ada atau tidaknya serta jumlah tenaga listrik
- Harga tenaga listrik
- Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar di masa mendatang
- Mudah atau tidaknya mendapat bahan bakar.

Sumber listrik bisa diperoleh dari PLN dan sebagai cadangan digunakan tenaga generator yang harus siap setiap saat bila diperlukan karena adanya gangguan listrik PLN. Bahan bakar digunakan untuk menggerakkan generator dan alat yang menghasilkan panas misalnya boiler. Biasanya bahan bakar akan dipenuhi oleh PERTAMINA, sehingga kelancaran distribusinya sangat tergantung dari lembaga tersebut.

b. Keadaan Geografis Dan Masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat sangat mendukung iklim industri dalam menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Kesiapan masyarakat setempat untuk berubah menjadi masyarakat industri
- Keadaan geografis yang menyulitkan konstruksi peralatan
- Spesifikasi gempa bumi, banjir, angin topan dan lain-lain
- Kondisi tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses
- Kemungkinan untuk perluasan di masa yang akan mendatang.

1.6 Faktor-faktor Khusus

a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan dengan benar agar kelancaran *supply* bahan baku dan penyaluran produk vinil asetat dapat berjalan lancar dengan biaya yang dan waktu yang serendah mungkin. Oleh sebab itu beberapa faktor yang ada perlu diperhatikan, antara lain: jalan raya yang mudah dilalui kendaraan besar, jalur rel kereta api, sungai yang dapat dilayari kapal/perahu dan adanya pelabuhan dan lapangan udara.

b. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja, baik tenaga kerja kasar atau tenaga kerja ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran operasional pabrik. Tingkat pendidikan masyarakat dan tenaga kerja menjadi pendukung pendirian pabrik. Dalam penyediaan tenaga kerja beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain: mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan, keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia dan tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

c. Pembuangan Limbah

Pembuangan limbah pabrik vinil asetat perlu diperhatikan mengingat masalah ini sangat berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik baik berupa bahan : gas, cair maupun padat. Pembuangan limbah harus memperhatikan ketentuan pemerintah atau ketentuan pemerintah daerah setempat.

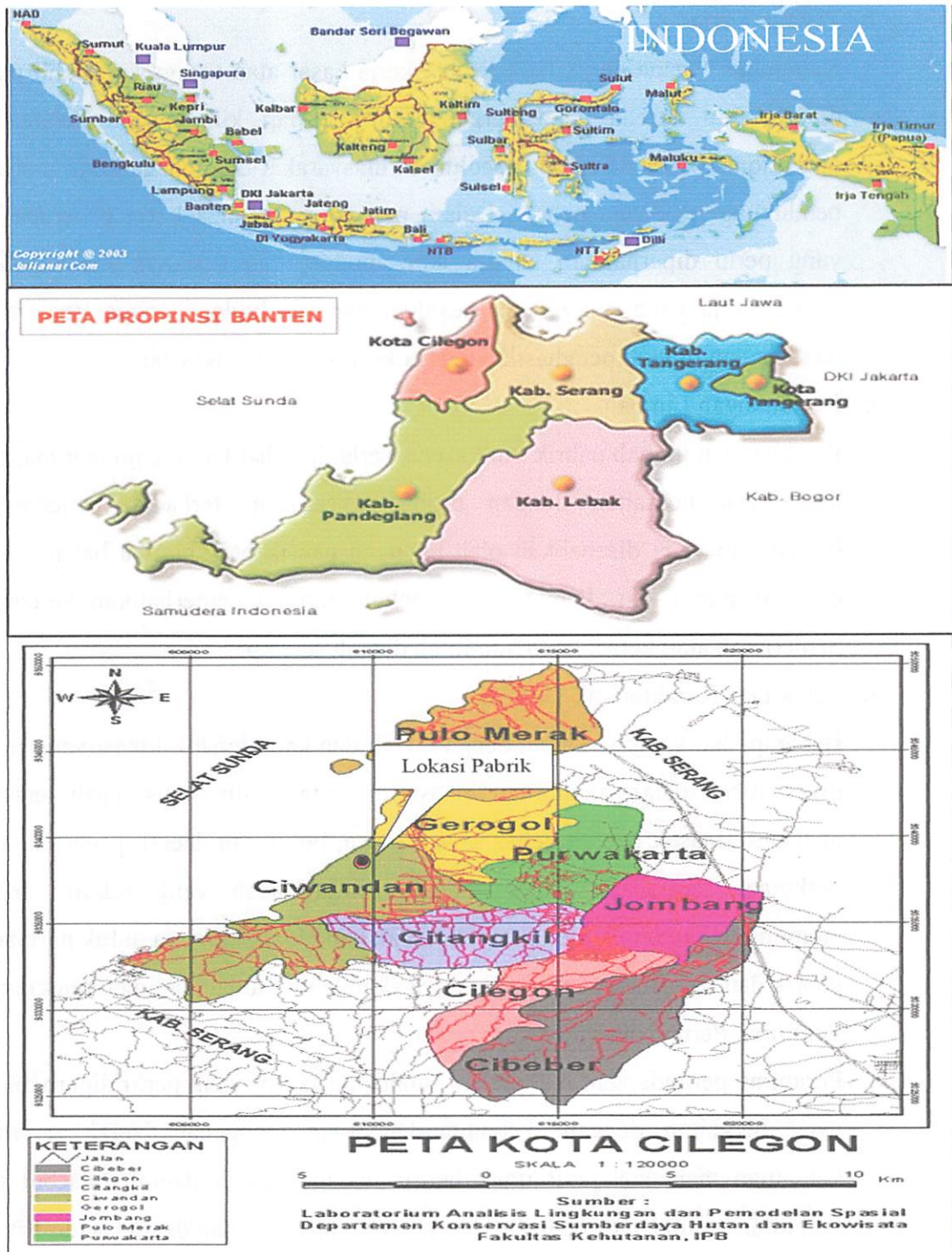
d. Letak Dan Karakteristik Lokasi

Beberapa hal yang berkaitan dengan letak dan karakteristik lokasi yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi ini, antara lain: jenis tanah tersebut apakah termasuk daerah bebas sawah, rawa, bukit dan daerah pedesaan atau perkotaan dan harga tanah, karena harga tanah yang relatif rendah memungkinkan untuk mendapatkan tanah yang luas sehingga untuk perluasan pabrik dan fasilitas pendukung lainnya akan lebih mudah dan memungkinkan.

e. Peraturan Perundang-undangan

Peraturan perundangan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan, yang berkaitan dengan: ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut, ketentuan mengenai jalur unuk berdirinya industri di daerah tersebut dan peraturan perundang-undangan dari pemerintah pusat dan daerah setempat.

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas dipilih lokasi pabrik vinil asetat didirikan di Jl. Raya Anyer KM 122, Cilegon, Banten, Indonesia.



Gambar 2. Peta Lokasi Pabrik Vinil Asetat

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam Proses

Proses pembuatan vinil asetat dapat dibagi menjadi 3 macam berdasarkan bahan baku yang digunakan yaitu :

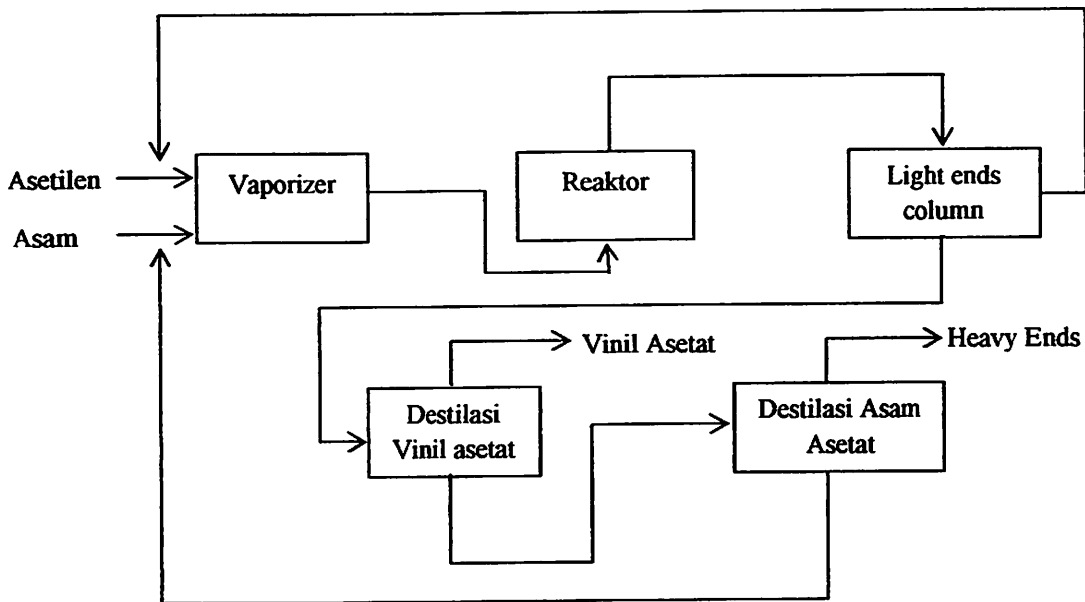
- Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat
- Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat
- Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Asetat Anhydride

2.1.1 Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat

Proses ini berlangsung dengan mereaksikan asetilen dengan asam asetat pada temperatur 180-210°C dengan perbandingan mol ratio yang telah ditetapkan, didalam reaktor tersebut juga dimasukkan katalis zinc asetat untuk mempercepat reaksinya asetilen dimasukkan ke reaktor dengan cara bercabang-cabang tetapi sebelum itu dilewatkan vaporizer untuk diuapkan terlebih dahulu pada temperatur 70-80°C dan tekanan 2-3 psia, setelah keluar dari vaporizer dipanaskan sampai suhu 180-210°C baru masuk reaktor dimana didalamnya sudah terdapat katalis.

Reaktor yang dipakai adalah tubular reaktor dan dipasang paralel, tekanan operasi reaktor 2-3 psia dengan konversi 80% atau bahkan lebih, suhu gas yang keluar reaktor terjadi kenaikan sebesar 5-10°C. Katalis yang ada di dalam reaktor hanya dapat digunakan beberapa bulan saja.

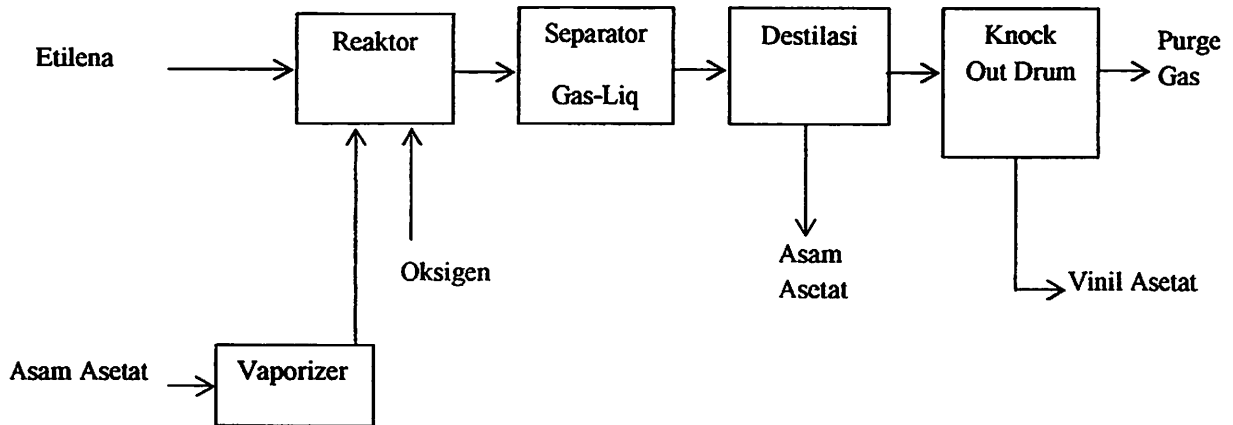
Produk vinil asetat dimurnikan dengan menggunakan beberapa kolom destilasi yang dipasang seri, karena bahan-bahan yang akan dipisahkan kebanyakan bersifat sangat korosif maka bahan konstruksi yang digunakan adalah stainless steel.



Gambar 3. Blok Diagram Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat
(Keyes, 1975)

2.1.2 Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

Asam asetat dan etilena masuk ke preheater dimana didalam preheater terdapat oksigen dan dicampur sampai suhu 120°C. Kemudian campuran masuk ke dalam reaktor, reaktor yang digunakan bertipe tube dimana katalisnya terdapat pada tubenya. Adapun katalis yang digunakan adalah palladium chloride. Setelah suhunya mencapai 175-200°C dan tekanannya 70-140 Psig (5-10 atm). Produk liquid dipisahkan melalui destilasi azeotrop, produk yang berupa vinil asetat, air, asam asetat sebagai impurities. Sedangkan asam asetat dikembalikan ke reaktor. Konversi vinil asetat yang didapatkan dari metode ini adalah sebesar 95% dengan perbandingan bahan baku $C_2H_4:CH_3COOH:O_2$ yaitu 1:1:0,5

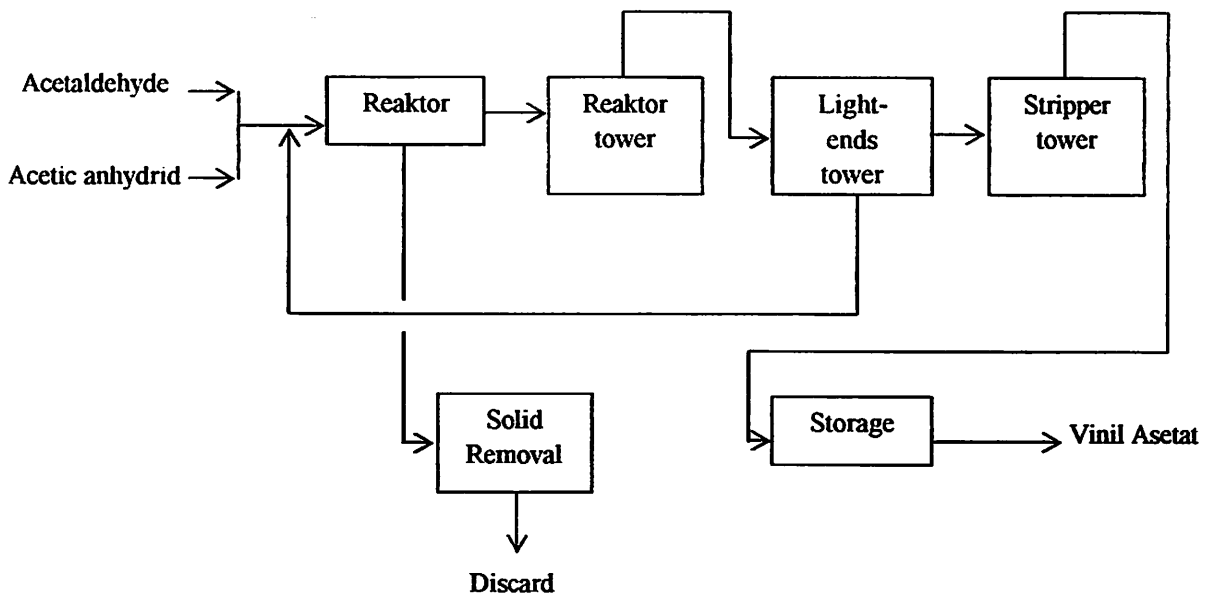


Gambar 4. Blok diagram Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

(Jobson dan Watson, 2000)

2.1.3 Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Asetat Anhydride

Asetaldehida dan asetat anhydride direaksikan di dalam suatu reaktor dengan bantuan katalis dan temperatur yang telah ditetapkan sehingga terbentuk etilena diasetat, kemudian produk yang keluar dari reaktor ini dimasukkan kedalam cracking tower dimana didalamnya terjadi pyrolisis dan vinil asetat serta asam asetat dihasilkan. Pemisahan dan pemurnian dilakukan menggunakan distilasi secara bertingkat.



5. Blok Diagram Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Acetic Anhydride

(Kirk dan Othmer, 1998)

2.2 Seleksi Proses

Kebutuhan akan vinil asetat sebagai proses industri organik dan industri yang lain sangatlah besar, adapun ketiga proses untuk memproduksi vinil asetat dapat dibandingkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Perbandingan proses pembuatan vinil asetat

| Parameter | Proses | | |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | Asetilen dan asam asetat | Etilena dan asam asetat | Asetaldehida dan asam anhidrid |
| Harga bahan baku | Mahal | Murah | Mahal |
| Kondisi Operasi : | | | |
| Suhu | 180 – 210°C | 140 – 210 °C | - |
| Tekanan | 2 – 3 psia | 70-140 psig | - |
| Yield | 92% | 96% | - |
| Konversi | 90% | 95% | 90% |
| Katalis | Zinc asetat | Palladium Chloride | Besi Klorida |
| Investasi | Murah | Murah | Mahal |

Berdasarkan tabel di atas dipilih pembuatan vinil asetat dari etilena dan asam asetat.

Keuntungan dari proses ini adalah :

1. Konversi yang diperoleh relatif tinggi (95%)
2. Harga bahan baku lebih murah.
3. Prosesnya lebih sederhana sehingga peralatannya lebih sedikit. Jadi investasi modal dan kebutuhan tenaga kerja dapat ditekan.

2.3 Uraian Proses

Secara garis besar proses pembuatan vinil asetat dapat dibagi dalam 4 tahap proses yaitu :

- Tahap Persiapan Bahan Baku
- Tahap Reaksi
- Tahap Pemisahan dan Pemurnian
- Penanganan Produk



1. Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Asam Asetat

Asam asetat dengan konsentrasi 98% pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm ditampung didalam tangki penyimpanan berbentuk silinder vertikal (F-111) yang selanjutnya dipompa (L-112) menuju vaporizer (V-113) untuk diuapkan sekaligus dinaikkan suhunya menjadi 175°C, selanjutnya tekanan dinaikkan dari 1 atm menjadi 5 atm melalui kompresor (G-114), selanjutnya asam asetat masuk ke reaktor (R-110).

b. Etilena

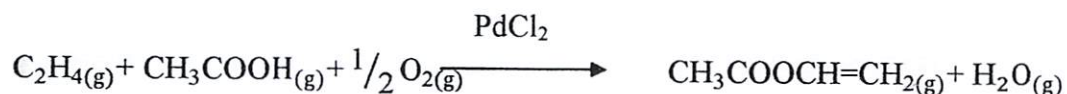
Etilena dengan konsentrasi 99,5% ditampung di dalam tangki penyimpanan berbentuk spherical tank (F-115) yang selanjutnya dipanaskan dengan heater (E116) sampai suhunya 175°C kemudian tekanan Etilena dinaikkan dari 3 atm menjadi 5 atm dengan kompresor (G-116). Setelah itu etilena masuk ke dalam reaktor (R-110).

c. Oksigen (O₂)

Oksigen diambil dari udara bebas yang sebelumnya disaring melalui filter udara (H-118). Kemudian dialirkan melalui blower (G-119) dengan tekanan 5 atm menuju preheater udara untuk dinaikkan suhunya menjadi 175°C dan dimasukkan ke dalam reaktor (R-110).

2. Tahap Reaksi

Feed reaktor (R-110) mengandung asam asetat, etilena dan oksigen dengan perbandingan 1:1:½ dengan katalis Palladium chloride, dengan kondisi operasi 175°C dan tekanan 5 atm. Reaksi yang terjadi dalam reaktor berlangsung secara eksotermis. Reaksi yang terjadi :



Dimana konversi reaksi 95%

3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Dari reaktor (R-110) produk yang berupa vinil asetat keluar bersama dengan gas-gas yang tidak bereaksi dialirkan menuju cooler (E-121) untuk didinginkan sehingga temperaturnya turun menjadi 65°C. Kemudian dipompa (L-122) menuju flash tank (D-120) untuk memisahkan gas dari aliran produk yang berasal reaktor.

flash tank (D-120) untuk memisahkan gas dari aliran produk yang berasal reaktor. Produk bawah flash tank berupa cairan dengan komponen vinil asetat, air, dan asam asetat. Selanjutnya produk bawah dipompa (L-131) menuju heater (E-132) sampai temperatur 85°C sebelum masuk ke kolom distilasi (D-130) untuk memurnikan vinil asetat. Pada prinsipnya proses pemurnian ini adalah sama dengan proses pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih komponen, dimana vinil asetat dipisahkan dengan reaktan yang tidak bereaksi dengan jalan distilasi untuk diperoleh produk vinil asetat dengan kemurnian yang tinggi.

Pada kolom distilasi ini dilengkapi dengan kondensor dan reboiler untuk menyempurnakan pemurnian hingga dicapai produk dengan kemurnian yang tinggi. Produk atas distilasi adalah vinil asetat dengan kadar 99,8% setelah melalui kondensor (E-133) dan akumulator (F-134) sebagian dipompa (L-135) menuju tangki penyimpanan vinil asetat (F-137) dan sebagian lagi sebagai refluks.

4. Penanganan Produk

Produk vinil asetat yang ada dalam tangki penampung selanjutnya siap didistribusikan ke pembeli dengan menggunakan truk tangki ukuran 20 iso tank atau dalam drum ukuran 180 kg/drum untuk dipasarkan.

| Neraca Massa Reaktor | | | |
|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|
| Masuk | | Keluar | |
| Komponen | kg/jam | Komponen | kg/jam |
| M ₄ | | M ₆ | |
| C ₂ H ₄ | 3478,2351 | CH ₃ COOCH=CH ₂ | 10140,8754 |
| C ₂ H ₆ | 6,9914 | C ₂ H ₄ | 173,9118 |
| CH ₄ | 10,4871 | C ₂ H ₆ | 6,9914 |
| | <u>3495,7137</u> | CH ₄ | 10,4871 |
| M ₃ | | CH ₃ COOH | 372,3138 |
| CH ₃ COOH | 7446,2752 | H ₂ O | 2167,8188 |
| H ₂ O | <u>45,5903</u> | O ₂ | 99,2010 |
| | 7491,8655 | N ₂ | <u>6531,0452</u> |
| M ₅ | | | 19502,6444 |
| O ₂ | 1984,0200 | | |
| N ₂ | <u>6531,0452</u> | | |
| | 8515,0652 | | |
| Jumlah | 19502,6444 | Jumlah | 19502,6444 |

3. Flash Tank (F-119)

Fungsi: Untuk memisahkan produk atas dan produk bawah berdasarkan tekanan proses

Keterangan:

M₆ : Aliran bahan masuk flash tank

M₇ : Aliran produk atas keluar flash tank

M₈ : Aliran produk bawah keluar flash tank

| Neraca Massa Flash Tank | | | |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Masuk | | Keluar | |
| M ₆ | | M ₇ | |
| CH ₃ COOCH=CH ₂ | 10140,8754 | C ₂ H ₄ | 173,9118 |
| C ₂ H ₄ | 173,9118 | C ₂ H ₆ | 6,9914 |
| C ₂ H ₆ | 6,9914 | CH ₄ | 10,4871 |
| CH ₄ | 10,4871 | O ₂ | 99,2010 |
| CH ₃ COOH | 372,3138 | N ₂ | 6531,0452 |
| H ₂ O | 2167,8188 | | <u>6821,6365</u> |
| O ₂ | 99,2010 | M ₈ | |
| N ₂ | 6531,0452 | CH ₃ COOCH=CH ₂ | 10140,8754 |
| | <u>19502,6444</u> | CH ₃ COOH | 372,3138 |
| | | H ₂ O | 2167,8188 |
| | | | <u>12681,0079</u> |
| Jumlah | 19502,6444 | Jumlah | 19502,6444 |

4. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dan asam asetat dalam produk

Keterangan:

M_8 : Aliran bahan masuk kolom destilasi

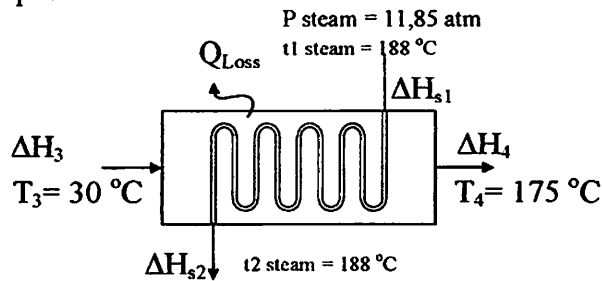
M_9 : Aliran produk atas keluar kolom destilasi

M_{10} : Aliran produk bawah keluar kolom destilasi

| Neraca Massa Flash Tank | | | |
|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
| Masuk | | Keluar | |
| M_8 | | M_9 | |
| CH ₃ COOH | 372,3138 | CH ₃ COOCH=CH ₂ | 10090,1710 |
| H ₂ O | 2167,8188 | H ₂ O | 10,8391 |
| CH ₃ COOCH=CH ₂ | 10140,8754 | | 10101,0101 |
| | | M_{10} | |
| | | CH ₃ COOH | 50,7044 |
| | | H ₂ O | 2156,9797 |
| | | CH ₃ COOCH=CH ₂ | 372,9978 |
| Jumlah | 12681,0079 | Jumlah | 12681,0079 |

2. Vaporizer E-113

Fungsi: Untuk menguapkan asam asetat sebelum masuk ke dalam reaktor



Keterangan:

ΔH_3 : Panas asam asetat masuk preheater

ΔH_4 : Panas bahan keluar preheater menuju reaktor

ΔH_{s1} : Panas steam masuk vaporizer

ΔH_{s2} : Panas steam keluar vaporizer

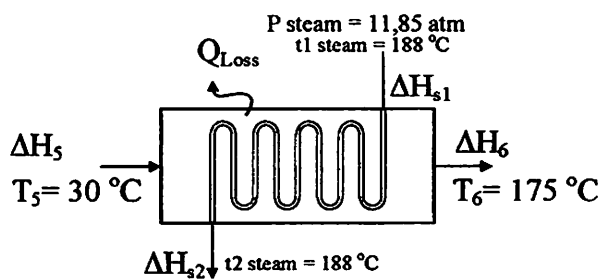
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

| Neraca Panas Heater | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kcal/jam | Komponen | Energi kcal/jam |
| ΔH_3 | 10288,1123 | ΔH_4 | 311334,1808 |
| ΔH_{s1} | 317432,0780 | Q_{Loss} | 1638,0095 |
| Total | 327720,1903 | Total | 327720,1903 |

3. Preheater Udara E-116a

Fungsi: Untuk menaikkan suhu udara sebelum masuk kedalam reaktor



Keterangan:

ΔH_5 : Panas udara masuk preheater

ΔH_6 : Panas udara keluar preheater menuju reaktor

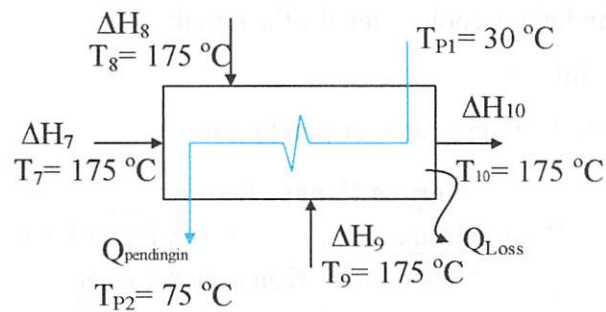
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

| Neraca Panas Heater | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kkal/jam | Komponen | Energi kkal/jam |
| ΔH_5 | 10288,1123 | ΔH_6 | 311334,1808 |
| Q_{Steam} | 317432,0780 | Q_{Loss} | 16386,0095 |
| Total | 327720,1903 | Total | 327720,1903 |

4. Reaktor R-110

Fungsi: Untuk mereaksikan Etilena, Asam Asetat dan H_2O



Keterangan:

ΔH_7 : Panas asam asetat masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_8 : Panas etilena masuk reaktor dari preheater

ΔH_9 : Panas udara masuk dari preheater

ΔH_{10} : Panas produk keluar reaktor

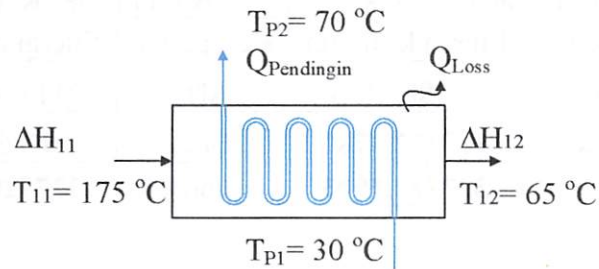
Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{\text{Pendingin}}$: Panas yang diserap air pendingin

| Neraca Panas Reaktor | | | |
|-------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kkal/jam | Komponen | Energi kkal/jam |
| ΔH_7 | 224135,7400 | ΔH_{10} | 912583,6323 |
| ΔH_8 | 332741,6178 | Q_{Loss} | 166833,5937 |
| ΔH_9 | 311211,4390 | $Q_{\text{Pendingin}}$ | 166833,5937 |
| ΔH_{rxn} | 15815270,570 | | |
| Total | 16683359,367 | Total | 16683359,367 |

5. Cooler E-121

Fungsi: Untuk pendinginan produk sebelum masuk flash tank



Keterangan:

ΔH_{11} : Panas bahan masuk cooler

ΔH_{12} : Panas bahan keluar cooler menuju flash tank

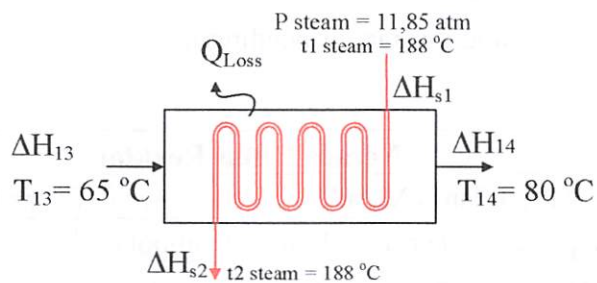
Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{Pendingin}$: Panas yang terkandung pada air pendingin

| Neraca Panas Heater | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kcal/jam | Komponen | Energi kcal/jam |
| ΔH_{11} | 912955,2828 | ΔH_{12} | 228121,1654 |
| | | $Q_{Pendingin}$ | 675704,5646 |
| | | Q_{Loss} | 9129,5528 |
| Total | 912955,2828 | Total | 912955,2828 |

6. Preheater Destilasi E-132

Fungsi: Untuk memanaskan umpan destilasi



Keterangan:

ΔH_{13} : Panas bahan masuk preheater

ΔH_{14} : Panas bahan keluar preheater menuju destilasi

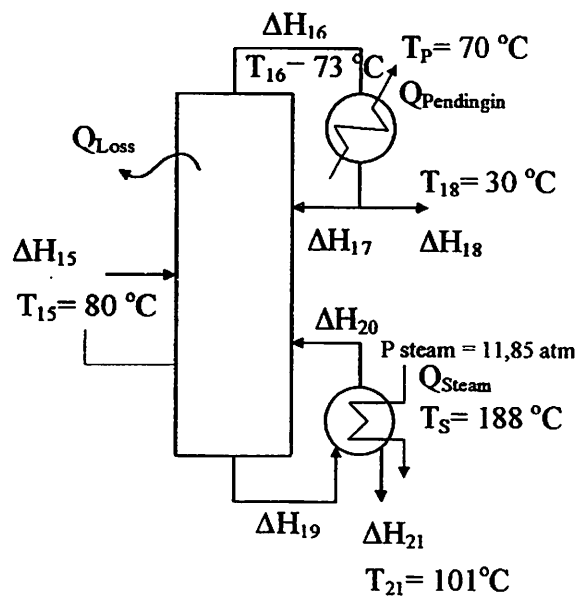
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

| Neraca Panas Heater | | | |
|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kcal/jam | Komponen | Energi kcal/jam |
| ΔH_{13} | 159288,4706 | ΔH_{14} | 226525,3738 |
| ΔH_{s1} | 79159,2913 | Q_{Loss} | 11922,3881 |
| Total | 238447,7619 | Total | 238447,7619 |

7. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dalam produk



Keterangan:

- ΔH_{15} : Panas bahan masuk kolom destilasi
- ΔH_{16} : Panas vapor menuju kondensor
- ΔH_{17} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks
- ΔH_{18} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- ΔH_{19} : Panas liquid masuk reboiler
- ΔH_{20} : Panas vapor keluar reboiler
- ΔH_{21} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- Q_{Loss} : Panas yang hilang
- Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam
- $Q_{Pendingin}$: Panas yang terkandung pada air pendingin

| Neraca Panas Kolom Destilasi | | | |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| Aliran Panas Masuk | | Aliran Panas Keluar | |
| Komponen | Energi kcal/jam | Komponen | Energi kcal/jam |
| ΔH_{15} | 183055,8196 | ΔH_{18} | 13945,9762 |
| Q_R | 44983,7173 | ΔH_{21} | 85904,5447 |
| | | Q_C | 128189,0160 |
| Jumlah | 228039,5369 | Jumlah | 228039,5369 |
| Aliran Panas Kondensor | | | |
| ΔH_{16} | 353084,2086 | ΔH_{17} | 210949,2164 |
| | | ΔH_{18} | 13945,9762 |
| | | Q_C | 128189,0160 |
| Jumlah | 353084,2086 | Jumlah | 353084,2086 |
| Aliran Panas Reboiler | | | |
| ΔH_{19} | 86522,8903 | ΔH_{20} | 192392,5935 |
| Q_R | 194557,2193 | ΔH_{21} | 85904,5447 |
| | | Q_{Loss} | 2782,9714 |
| Total | 281080,1096 | Total | 281080,1096 |

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

5.1 Ringkasan Spesifikasi Keseluruhan Peralatan

| No | Nama alat | Kode | Jenis | Ukuran | Bahan konstruksi | Jumlah |
|----|---------------------------------------|-------|-------------------------------|--|---|--------|
| 1 | Storage CH ₃ COOH | F-111 | Silinder tegak | - Di = 227,375 in - Do = 228 in - ts = 5/16 in - tha = 7/16 in - ha = 38,4264 in - Volume tangki = 7945,6212 ft ³ - tinggi storage = 341,063 in - Tekanan desaign = 207,7645 psig | Stainless Steel 240 Grade M Type 316 | 8 |
| 2 | Pompa | L-112 | Centrifugal pump | - Di = 2,469 in - Do = 2,875 in - A = 0,03322 ft ² - P = 0,5 Hp kapasitas = 31,439 gpm | Carbon Steel dengan pelapis Polypropylene and teflon | 1 |
| 3 | Vaporizer | V-113 | Double pipe Heat Exchanger | - OD = 2,38 in - ID = 2,067 in - L = 12 ft - A = 59,712 ft ² - Jumlah Hairpin = 4 - Kapasitas = 19820,187 lb/jam | Carbon steel SA 312 Grade M Type 317 | 1 |
| 4 | Compresor | G-114 | Single stage Reciprocating | - Kapasitas = 0,07008 ft ³ /s - P = 1 Hp | Stainless steel | 1 |
| 5 | Storage C ₂ H ₄ | F-115 | Tangki Spherical | - D = 680,1477 in - ts = 2 1/4 in - Volume tangki = 645 m ³ - Tekanan desaign = 186,62 psig | Carbon Steel SA- 250 Grade T1 | 2 |
| 6 | Preheater | E-116 | Shell and Tube | - IDs = 13,3 in - L = 16 ft - A' = 0,546 in ² - Kapasitas = 7706,7698 lb/jam | Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304 | 1 |

| | | | | | | |
|----|------------|-------|--|--|--|---|
| 7 | Compressor | G-117 | Single stage Reciprocating | - Kapasitas = 0,06021 ft ³ /s - P = 0,5 Hp | Stainless steel SA 240 Grade M Type 316 | 1 |
| 8 | Blower | F-118 | Centrifugal Multiblade Backward Curved | - Kapasitas = 73,6824 ft ³ /s - P = 0,5 Hp | Carbon Steel | 1 |
| 9 | Preheater | E-119 | Shell and Tube | - IDs = 19 1/4 in - L = 16 ft - a' = 0,546 in ² - Kapasitas = 7706,7698 lb/jam | Carbon steel SA 167 Grade 3 Type 304 | 1 |
| 10 | Reaktor | R-110 | Fixed Bed Multitube | - Di = 29,6 in - Do = 30 in - ts = 3/16 in - Tinggi kolom = 31,1 ft - tinggi tutup = 6,7148 in - tebal tutup = 3/16 in | Carbon steel SA 240 Grade M Type 316 | |
| 11 | Cooler | E-121 | Shell and Tube | - IDs = 13 1/4 in - L = 12 ft - A' = 0,546 in ² - Kapasitas = 42995,5299 lb/jam | Stainless steel SA 167 Grade 3 Type 304 | 1 |
| 12 | Flash Tank | D-120 | Silinder vertikal | - Di = 47,625 in - Do = 48 in - ts = 3/16 in - Tinggi tangki = 87,535 in - tinggi tutup = 8,0486 in - tebal tutup = 3/16 in - Volume tangki = 49,069 ft ³ Tekanan design = 15,1009psig | Carbon steel SA 250 Grade T1 | 1 |
| 13 | Pompa | L-131 | Centrifugal pump | - Di = 2,469 in - Do = 2,875 in - A = 0,03322 ft ² - P = 1,5 Hp kapasitas = 59,057 gpm | Carbon Steel dengan pelapis Polypropylene and teflon | 1 |
| 14 | Preheater | E-132 | Double pipe Heat Exchanger | - OD = 1,66 in - ID = 1,38 in - L = 12 ft - A = 59,712 ft ² - Jumlah hairpin = 2 | Stainless steel SA 312 Grade M Type 317 | 1 |

| | | | | | | |
|----|------------------------|-------|---------------------|--|--|---|
| | | | | - Kapasitas = 42996,1958 lb/jam | | |
| 16 | Condensor | E-133 | Shell and Tube | - IDs = 12 in - L = 4 ft - a' = 0,182 in ² - Kapasitas = 22269,03 lb/jam | Stainless steel SA 167 Grade 3 Type 304 | 1 |
| 17 | Reboiler | E-136 | Shell and Tube | - IDs = 10 in - L = 16 ft - a' = 0,479 in ² - Kapasitas = 5687,95 lb/jam | Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316 | 1 |
| 18 | Akumulator | F-134 | Silinder horizontal | - Di = 89,625 in - Do = 90 in - ts = 3/16 in - Tinggi tangki = 164,731 in - tinggi tutup samping = 15,1466 in - tebal tutup samping = 3/16 in - Volume tangki = 478,676 ft ³ - Tekanan design = 18,0637 psig | Stainless steel SA 240 Grade M Type 316 | 1 |
| 19 | Pompa | L-135 | Centrifugal pump | - Di = 2,469 in - Do = 2,875 in - A = 0,03322 ft ² - P = 1 Hp kapasitas = 59,057 gpm | Carbon Steel dengan pelapis Polypropylene and teflon | 1 |
| 20 | Storage Bottom product | F-137 | Silinder tegak | - Di = 239,5375 in - Do = 240 in - ts = 5/16 in - tha = 8/16 in - ha = 40,4544 in - tinggi tangki = 39,5169 in - Tekanan design = 28,3023 psig | Stainless steel SA 240 Grade M Type 316 | 8 |

5.2 Dasar Pertimbangan Pemilihan Alat dan Pemilihan Material

1. Storage H₂SO₄ (F-111)

Fungsi

= Untuk menyimpan CH₃COOH

| | |
|----------------------|--|
| Tipe | =Tangki bentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dish dan tutup bawah datar |
| Bahan konstruksi | = SA-240 Grade M |
| Allowable stress (f) | = 18750 |
| Tipe pengelasan | = Double welded but join, E= 0,8 |
| Faktor korosi (C) | = 1/16 |
| Waktu tinggal (q) | = 7 hari = 168 jam |
| Volume fluida | = 80% storage |
| Suhu operasi | = 30°C |
| Tekanan operasi | = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig |

2. Centrifugal Pump (L-112)

| | |
|------------------|---|
| Fungsi | = Untuk mengalirkan CH_3COOH dari storage CH_3COOH (F-111) menuju Vaporizer (V-113) |
| Type | = Pompa sentrifugal |
| Bahan konstruksi | = Carbon Steel dengan pelapis Polypropylene and PVDF |
| Suhu (T) | = 30°C |
| Tekanan (P) | = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig |

3. Preheater (E-113)

| | |
|---------------------------|---|
| Fungsi | = Untuk mengubah fase asam asetat dari cair menjadi uap dan menaikkan suhu sebelum masuk ke kompresor |
| Type | = Double Pipe Heat Exchanger |
| suhu bahan masuk (t1) | = 30°C = 86°F |
| suhu bahan keluar (t2) | = 175°C = 347°F |
| suhu steam masuk (T1) | = 188°C = 370°F |
| suhu steam kondensat (T2) | = 188°C = 370°F |

4. Compresor (G-114)

| | |
|-----------------------------|--|
| Fungsi | = Mengalirkan dan menaikkan tekanan gas CH_3COOH dari Vaporizer menuju Reaktor |
| Type | = Singlestage Reciprocating Compressor |
| Bahan | = Stainless Steel |
| Suhu awal (T ₁) | = 175°C |

Suhu akhir (T_2) = 175°C

5. Storage C_2H_4 (F-115)

Fungsi = Menampung menyimpan selama 7 hari
 Type = Storage berbentuk bola
 Bahan Konstruksi = Carbon steel SA-250 Grade T1
 Allowable Stess (f) = 18750
 Tipe pengelasan = Double Welding Butt Joint
 Faktor pengelasan (E) = 0,8
 Faktor korosi (C) = 1/16
 Kondisi operasi = $27^\circ\text{C} = 2 \text{ atm} = 29,4 \text{ psia} = 14,7 \text{ psig}$
 Waktu tinggal = 7 hari = 168 jam

6. Preheater (E-116)

Fungsi = Untuk menaikkan suhu gas etilena sebelum masuk ke kompresor
 Type = Shell and
 suhu bahan masuk (t_1) = $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$
 suhu bahan keluar (t_2) = $175^\circ\text{C} = 347^\circ\text{F}$
 suhu steam masuk (T_1) = $188^\circ\text{C} = 370^\circ\text{F}$
 suhu steam kondensat (T_2) = $188^\circ\text{C} = 370^\circ\text{F}$

7. Kompresor (G-117)

Fungsi = Mengalirkan dan menaikkan tekanan gas C_2H_4 dari Vaporizer menuju Reaktor (R-110)
 Type = Singlestage Reciprocating Compressor
 Bahan = Stainless Steel
 Suhu awal (T_1) = 175°C
 Suhu akhir (T_2) = 175°C

8. Reaktor (R-110)

(Perancangan alat utama oleh Wahyu Hermawan 1314915)

9. Cooler (E-121)

Fungsi = Untuk pendinginan produk sebelum masuk Flash Tank
 Type = Shell and Tube

suhu bahan masuk (t_1) = $175^\circ\text{C} = 347^\circ\text{F}$

suhu bahan keluar (t_2) = $65^\circ\text{C} = 338^\circ\text{F}$

suhu pendingin masuk (T_1) = $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

suhu pendingin keluar (T_2) = $70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$

10. Flash Tank (D-120)

Fungsi = Untuk memisahkan produk keluaran dari reaktor
 Tipe = Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish
 Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA 250 Grade T1
 Allowable Stress = 18750
 Tipe pengelasan = Double Welded Butt Join
 Faktor pengelasan (E) = 0,8
 Faktor korosi (C) = 1/16
 Waktu tinggal (q) = 0,02 jam
 Volume fluida = 80%
 Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig
 Suhu operasi = 54°C

11. Centrifugal Pump (L-131)

Fungsi = Untuk mengalirkan produk bawah flash tank menuju preheater destilasi
 Type = Pompa centrifugal
 Bahan konstruksi = Carbon Steel dengan pelapis polypropylene
 Jumlah = 1 buah
 Suhu (T) = 65°C
 Tekanan (P) = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

12. Preheater (E-124)

Fungsi = Untuk menaikkan suhu feed sebelum masuk ke kolom destilasi
 Type = Double Pipe Heat Exchanger
 suhu bahan masuk (t_1) = $65^\circ\text{C} = 149^\circ\text{F}$
 suhu bahan keluar (t_2) = $80^\circ\text{C} = 176^\circ\text{F}$
 suhu steam masuk (T_1) = $188^\circ\text{C} = 370^\circ\text{F}$

suhu steam kondensat (T2)= $188^{\circ}\text{C} = 370^{\circ}\text{F}$

13. Kolom Destilasi (D-130)

(Perancangan alat utama oleh Achdiatul Mu'min 1314918)

14. Condensor (E-133)

Fungsi = Mengembunkan uap produk atas yang keluar dari kolom destilasi (D-130)

Type = Shell and tube

suhu bahan masuk (T1) = $73^{\circ}\text{C} = 163,40^{\circ}\text{F}$

suhu bahan keluar (T2) = $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$

suhu air pendingin masuk (t1) = $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$

suhu air pendingin keluar (t2) = $70^{\circ}\text{C} = 158^{\circ}\text{F}$

15. Reboiler (E-136)

Fungsi = menguapkan dan memanaskan kembali bottom produk dari kolom distilasi (D-130)

Type = Shell and Tube

suhu bahan masuk (t1) = $80^{\circ}\text{C} = 176,0^{\circ}\text{F}$

suhu bahan keluar (t2) = $101^{\circ}\text{C} = 212,9^{\circ}\text{F}$

suhu steam masuk (T1) = $188^{\circ}\text{C} = 370^{\circ}\text{F}$

suhu steam kondensat (T2)= $188^{\circ}\text{C} = 370^{\circ}\text{F}$

16. Akumulator (E-134)

Fungsi = Untuk menampung liquid sebagai hasil kondensasi kolom destilasi (D-130)

Type = Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup samping berbentuk standar dish

Bahan Konstruksi = Stainless steel SA 240 Grade M Type 316

Allowable Stress = 18750

Type pengelasan = Double Welded Butt Join

Faktor pengelasan (E) = 0,8

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 1jam

Volume fiuida = 80%

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

Suhu operasi = 30°C

17. Sentrifugal Pump (L-134)

Fungsi = Untuk mengalirkan Bahan dari kolom destilasi (D-130) menuju reboiler (E-135)

Type = Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi = Carbon Steel

Jumlah = 1 buah

Suhu (T) = 100,16°C

Tekanan (P) = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

18. Storage Vinyl Asetat (F-144)

Fungsi = Untuk menyimpan produk vinyl asetat

Tipe = Tangki bentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dish dan tutup bawah datar

Bahan konstruksi = Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Allowable stress (f) = 18750

Tipe pengelasan = Double welded but joint, E = 0,8

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 7 hari = 168 jam

Volume fluida = 80% storage

Suhu operasi = 30°C

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Destilasi

Kode : D-130

Fungsi : Memisahkan produk dari impurities melalui perbedaan titik didih

Prinsip kerja : Kolom Distilasi berupa bejana tegak, yang berdiri pada skirt dan pondasi beton. Feed diumpankan ke dalam kolom yang memiliki plate yang tersus secara seri. Dalam operasi normal, uap bergerak keatas melalui lubang-lubang tray yang terdispersi oleh liquida yang mengalir diatasnya. Akibat kontak tersebut, sejumlah liquida diuapkan, kemudian uap yang terjadi akan dikondensasikan dan direcycle kembali ke kolom, hasil bawah dialirkan ke waste water treatment

Type kolom : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dished

Type tray : Sieve tray

Dasar perencanaan prancangan

- Tekanan operasi : 1 atm
- Feed masuk, q : 1
- Suhu feed masuk : 80 °C
- Kolom destilasi dilengkapi kondensor parsial dan reboiler parsial

Direncanakan

- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316
 $f = 18750$ (Brownell,1959. App D-4)
- Jenis pengelasan : Double welded butt joint
 $E = 0.8$ (Brownell,1959. tabel 13-2)
- Faktor korosi : $1/16 = 0.0625$ in

a. Menentukan jumlah plate

Dari App. A diperoleh:

$$Nm = 11.4114 \approx 12$$

Dari perry ed 8 hal 13-26, diambil:

$$N_{\min} = 0.5 N$$

$$N = \frac{12}{0.5}$$

$$= 24 \text{ buah}$$

b. Menentukan letak umpan masuk

Dari App. A diperoleh:

$$X_{HF} = 0.4925$$

$$X_{LF} = 0.4821$$

$$X_{HD} = 0.0051$$

$$X_{LB} = 0.0047$$

$$D = 117.8138 \text{ kmol/jam}$$

$$B = 126.51924 \text{ kmol/jam}$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0.206 \log \left[\left(\frac{X_{HF}}{X_{LF}} \right) \cdot \frac{B}{D} \cdot \left(\frac{X_{LB}}{X_{HD}} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0.206 \log \left[\left(\frac{0.4925}{0.4821} \right) \cdot \frac{126.519237}{117.8138} \cdot \left(\frac{0.0047}{0.0051} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = -0.0083 \left(\begin{array}{l} \text{Metode Kirk's Bride Persamaan 11.7-21} \\ \text{Geankoplis Edisi 4 Halaman 750} \end{array} \right)$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 0.9811$$

Sehingga,

$$N_e + N_s = 24.98 \approx 25$$

$$N_s = 11$$

$$N_e = 14$$

Jadi feed masuk pada plate ke 14 dari bawah

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari App B, diperoleh:

Enriching

$$V = 294.6947 \text{ kmol/jam}$$

$$L = 176.8809 \text{ kmol/jam}$$

Exhausting

$$V' = 294.6947 \text{ kmol/jam}$$

$$L' = 421.2139 \text{ kmol/jam}$$

- Dari App A, diperoleh:

| Komponen | X_F | X_D | X_B | Y_F | Y_D | Y_B | BM |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| $C_4H_6O_2(LK)$ | 0.4821 | 0.9949 | 0.0047 | 0.7082 | 0.9974 | 0.0106 | 86.08466 |
| $H_2O_{(HK)}$ | 0.4925 | 0.0051 | 0.9463 | 0.2832 | 0.0018 | 0.9633 | 18.01534 |
| CH_3COOH | 6.2001 | | 0.0490 | 0.0084 | | 0.0280 | 60.05 |
| Jumlah | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 164.15 |

- Perhitungan beban destilasi

| Bagian | Uap | | | Liquid | | |
|------------|----------|---------|-----------|----------|---------|------------|
| | kmol/jam | BM | kg//jam | kmol/jam | BM | kg/jam |
| Enriching | | | | | | |
| Atas | 294.6947 | 85.8901 | 25311.361 | 176.8809 | 85.737 | 15165.2406 |
| Bawah | 294.6947 | 66.5714 | 19618.235 | 176.8809 | 422.69 | 74765.8490 |
| Exhausting | | | | | | |
| Atas | 294.6947 | 66.5714 | 19618.235 | 421.2139 | 422.69 | 178043.11 |
| Bawah | 294.6947 | 19.9504 | 5879.2734 | 421.2139 | 20.3921 | 8589.4529 |

- Berdasarkan perhitungan, beban destilasi terletak pada enriching bagian atas dan pada exhausting bagian bawah

$$V' = 5879.2734 \text{ kg/jam}$$

$$L' = 8589.4529 \text{ kg/jam}$$

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor:

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

$$T = 346.147 \text{ K}$$

$$P_v = \frac{BM \times T \times P}{V \times T_i \times P_0} = \frac{19.9504 \times 273.15 \times 1}{359.05 \times 346.147 \times 1}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_v &= 0.0438 \text{ lb/ft}^3 \\
 &= 0.001 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0.00004 \text{ mol/cm}^3
 \end{aligned}$$

| Komponen | x_B | ρ (lb/ft ³) | $\rho_L = \rho \cdot x_B$ | | |
|--|--------|------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | lb/ft ³ | g/cm ³ | mol/cm ³ |
| C ₄ H ₆ O _{2(LK)} | 0.0047 | 58.180 | 0.2709 | 0.0043 | 0.0002 |
| H ₂ O (HK) | 0.9463 | 61.851 | 58.5318 | 0.9376 | 0.0460 |
| C _{H3} COOH | 0.0490 | 65.490 | 3.2093 | 0.0514 | 0.0025 |
| Jumlah | 1 | | 62.0120 | 0.9933 | 0.0487 |

Dari App A, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Sigma P \cdot X_i &= 760 \text{ mmHg} \\
 &= 14.6959 \text{ psia} \\
 &= 1013249.1 \text{ dyn/cm}^2 \\
 \sigma^{1/4} &= \Sigma P \cdot X_i (X_i - \rho_L) \\
 &= 1013249.1 (1 - 0.0487) \\
 &= 963893.58 \text{ dyn/cm} \\
 \sigma &= 31.3334 \text{ dyn/cm}
 \end{aligned}$$

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir uap} &= 5879.2734 \text{ kg/jam} \\
 &= 2666.7796 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$V = \frac{2666.7796 \text{ lb/jam}}{0.17 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$V = 4.3575 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dengan menggunakan persamaan 3-1 dan 3-2 (Kusnarjo, 2012)

$$d_t = 1.13 \sqrt{\frac{V}{G}} = 1.13 \sqrt{\frac{2666.7796}{G}}$$

$$G = C \sqrt{\rho_V (\rho_L - \rho_V)} = C \sqrt{0.0438 [62.0120 - 0.0438]}$$

Diasumsikan biaya untuk satu bagian tray, sebagai berikut:

- Silinder/Shell : Rp. 50,000 /ft²
- Tray/Plate : Rp. 40,000 /ft²
- Down comer : Rp. 35,000 /ft²

$$\text{Silinder} = (\pi \cdot d_t \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Tray} = ((\pi/4) \cdot d_t^2 - A_d) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Down comer} = (W_d \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

Dari gambar 3.6, grafik hubungan surface tension dan faktor (Kusnarjo, 2012)

$$\text{Tray spacing} : 10 - 24 \text{ in}$$

$$\text{Surface tension, } \sigma : 31.3334 \text{ dyn/cm}$$

Untuk menaksir harga satu bagian tray, dari gambar 3.4 diasumsikan sebagai berikut:

$$Lw/d_t = 65\%$$

$$A_d = 5.50\%$$

$$W_d = 12\%$$

| T ft | C | G lb/ft ² | d _t ft | Biaya tiap bagian tray (Rp) | | | Total biaya Rp. |
|---------|-----|-------------------------|----------------------|-----------------------------|--------|------------|--------------------|
| | | | | Silinder | Tray | Down comer | |
| 0.83 | 165 | 272.0 | 3.54 | 462752 | 390931 | 3498.60 | 857181.84 |
| 1 | 295 | 486.3 | 2.65 | 415465 | 217687 | 4200.00 | 637351.86 |
| 1.25 | 440 | 725.3 | 2.17 | 425235 | 145224 | 5250.00 | 575709.27 |
| 1.5 | 550 | 906.6 | 1.94 | 456410 | 115739 | 6300.00 | 578449.55 |
| 1.67 | 610 | 1005.5 | 1.84 | 481546 | 104139 | 7000.14 | 592685.09 |
| 2 | 695 | 1145.6 | 1.72 | 541356 | 91133 | 8400.00 | 640889.40 |

Satu bagian tray termurah terletak pada T = 1.25 dengan harga d_t = 2.17 ft
 ≈ 2.5 ft
 = 30 in

e. Menentukan tipe aliran

$$\begin{aligned} \text{Laju alir liquid} &= 8589.4529 \text{ kg/jam} \\ &= 3896.0900 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$L = \frac{3896.0900 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7.48 \text{ gal/ft}^3}{48.5 \text{ lb/ft}^3}$$

$$L = 10.0147 \text{ gpm}$$

$$L_{\max} = 1.3 L$$

$$= 13.019 \text{ gpm}$$

Sehingga dari gambar 3.8, didapatkan tipe aliran "reverse flow"

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

Syarat desain kolom yang baik, yaitu $hd < 1$

$$h_{ow \max} = \left(\frac{Q_{\max}}{2,98 L_w} \right)^{2/3} \quad \text{dan} \quad h_{ow \min} = \left(\frac{Q_{\min}}{2,98 L_w} \right)^{2/3}$$

$$h_{l \max} = h_w + h_{ow \max} \quad \text{dan} \quad h_{l \min} = h_w + h_{ow \min}$$

$$Q_{\max} = 1.3 \times L = 1.3 \times 10.0147 = 13.019 \text{ gpm}$$

$$Q_{\min} = 0.7 \times L = 0.7 \times 10.0147 = 7.010 \text{ gpm}$$

Tinggi weir (h_w) sebesar 1,5 - 3,5 in, dimana pada desain ini diambil:

$$\text{Tinggi weir } (h_w) = 3 \text{ in}$$

Maka didapatkan harga sebagai berikut:

| L_w/d_t | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% | 80% |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| L_w | 16.5 | 18 | 19.5 | 21 | 22.5 | 24 |
| $h_{ow \max}$ | 0.41234 | 0.3891 | 0.36888 | 0.3511 | 0.33532 | 0.3212 |
| $h_{ow \min}$ | 0.27291 | 0.25753 | 0.24415 | 0.23238 | 0.22193 | 0.21259 |
| h_w | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| $h_{l \max}$ | 3.41234 | 3.3891 | 3.36888 | 3.3511 | 3.33532 | 3.3212 |
| $h_{l \min}$ | 3.27291 | 3.25753 | 3.24415 | 3.23238 | 3.22193 | 3.21259 |

Karena h_l mempunyai harga sebesar 2,0 in - 4,0 in, maka dari tabel diatas diambil

$$\text{optimasi } L_w/d_t \text{ sebesar } = 65\%$$

$$h_w - h_c = \# \text{ in}$$

Maka,

$$h_c = 2.5 \text{ in}$$

$$A_{dc} = L_w \times h_c$$

$$= 1.625 \times 0.20833$$

$$= 0.33854 \text{ ft}^2$$

Untuk $L_w/d_t = 65\%$ dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

$$\begin{aligned} A_d &= 5.5\% A_t \\ &= 5.5\% \times \pi/4 \cdot d_t^2 \\ &= 0.26984 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari A_{dc} dan A_d diambil nilai yang terkecil, sehingga $A_p = A_d = 0.26984 \text{ ft}^2$ maka:

$$\begin{aligned} h_d &= 0.03 \left(\frac{Q_{\max}}{100 A_p} \right)^2 = 0.03 \left(\frac{13.019}{100 \times 0.26984} \right)^2 = 0.00698 \text{ ft} \\ &= 0.0838 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $h_d = 0.0838 \text{ in} < 1 \text{ in}$ maka tinggi liquid head memenuhi syarat

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Dari hasil desain $L_w/d_t = 65\%$ dan $d_t = 2.5 \text{ ft}$

Maka dari tabel 3.1 (Kusnarjo, 2012) didapatkan lebar down comer (W_d) sebesar:

$$\begin{aligned} W_d &= 12\% d_t = 12\% \times 2.5 = 0.3 \text{ ft} \\ &= 3.6 \text{ in} \end{aligned}$$

Lebar calming zone (W_s) dan End wastage (W_w) diambil masing-masing sebesar 3 in
maka,

$$\begin{aligned} x &= \frac{d_t}{2} - \frac{W_d + W_s}{12} = \frac{2.5}{2} - \frac{3.6 + 3}{12} = 0.70 \text{ ft} \\ r &= \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} = \frac{2.5}{2} - \frac{3}{12} = 1.00 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$A_d = 2 \left(x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \right)$$

$$= 2 \left(0.70 \sqrt{1.00^2 - 0.70^2} + 0.70^2 \sin^{-1} \frac{0.70}{1.00} \right) = 1.76 \text{ ft}$$

$$\text{Untuk bentuk } \Delta = \frac{A_o}{A_a} = \frac{0.785}{n^2}$$

| | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 |
| A _a | 1.75969 | 1.75969 | 1.75969 | 1.75969 | 1.75969 |
| A _o | 0.22102 | 0.15348 | 0.11276 | 0.08633 | 0.06822 |

$$\text{Untuk } n = 4.5$$

$$V_{\max} = 1.3 \text{ V}$$

$$= 1.3 \times 4.3575$$

$$= 5.66473 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$U_{o \max} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{5.66473}{0.06822} = 83.0421 \text{ ft/s}$$

$$A_c = A_1 - A_d$$

$$= 4.90625 - 0.26984$$

$$= 4.63641 \text{ ft}^2$$

$$h_p = 12 \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1.14 \left(\frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right) \left(0.4 \left(1.25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right)$$

$$= 12 \left(\frac{0.04}{62.0} \right) 1.14 \left(\frac{83.042^2}{2 \times 32.2} \right) \left(0.4 \left(1.25 - \frac{0.153}{4.636} \right) + \left(1 - \frac{0.15}{4.64} \right)^2 \right)$$

$$= 1.47248 \text{ in}$$

$$h_r = \frac{31.2}{\rho_L} = \frac{31.2}{62.0120} = 0.5 \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow \max} = 3 + 0.36888 = 3.369 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 1.47 + 0.5 + 3.37 = 5.344 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 5.34 + 3.37 + 0.08 = 8.797 \text{ in}$$

Pengecekan terhadap T

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$15 \text{ in} \geq 2 \times 8.797 - 3$$

$$15 \text{ in} \geq 14.5943 \text{ in}$$



Kesimpulan: Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat

h. Pengecekan Weeping

Syarat: $h_{pm} > h_{pw}$

$$V_{\min} = 0.7 V$$

$$= 0.7 \times 4.3575$$

$$= 3.05024 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$U_{o \min} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{3.05024}{0.06822} = 44.715 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} h_{pm} &= 12 \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1.14 \left(\frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right) \left(0.4 \left(1.25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right) \\ &= 12 \left(\frac{0.04}{62.0} \right) 1.14 \left(\frac{44.715^2}{2 \times 32.2} \right) \left(0.4 \left(1.25 - \frac{0.22}{4.64} \right) + \left(1 - \frac{0.22}{4.64} \right)^2 \right) \\ &= 0.41679 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{pw} &= 0.2 + 0.05 \times 3.244 \\ &= 0.36221 \text{ in} \end{aligned}$$

$h_{pm} \geq h_{pw}$. maka stabilitas tray dan weeping memenuhi syarat

i. Pengecekan pada Entrainment

Syarat: tidak terjadi entrainment apabila $e_0/e > 1$

$$\begin{aligned} e &= 0.22 \left(\frac{73}{\sigma} \right) \left(\frac{U_c}{T_e} \right)^{3.2} \\ &= 0.22 \left(\frac{73}{31.3334} \right) \left(\frac{1.22179}{6.5778} \right)^{3.2} \\ &= 0.00235 \end{aligned}$$

Dimana,

$$e_0 = 0.1$$

Maka,

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0.1}{0.00235} = 42.6 \geq 1 \quad \text{maka disimpulkan tidak terjadi entrainment}$$

j. Pelepasan uap dalam down comer

Syarat pelepasan uap dalam down comer cukup sempurna: $\frac{W_1}{W_d} \leq 0.6$

Dimana,

$$\begin{aligned} W_1 &= 0.8 \sqrt{h_{ow} (T + h_w - h_b)} \\ &= 0.8 \sqrt{0.36888 [15 + 3 - 8.797]} \\ &= 1.47399 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{W_1}{W_d} = \frac{1.47399}{3.6} = 0.41 \leq 0.6 \quad (\text{Pelepasan gas dalam downcomer sempurna})$$

k. Menentukan dimensi kolom

$$\text{Jumlah tray aktual} = 25 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tray total} &= \text{tray aktual} + 1 \text{ tray kondensor} \\ &= 26 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar tray, } T = 12 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi shell} &= \text{Jumlah tray total} \times \text{Jarak antar tray} \\ &= 26 \times 12 \\ &= 312 \text{ in} \approx 26 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{di shell} = 30 \text{ in} \approx 2.5 \text{ ft}$$

$$\text{Total hl dalam shell} = \text{Jumlah tray total} \times \text{hl}$$

$$= 26 \times 3.37$$

$$= 87.6 \text{ in} \approx 7.3 \text{ ft}$$

l. Menentukan tekanan desain (p_i)

$$P_h = \frac{\rho (H-1)}{144}$$

$$= \frac{62.0120 [7.299 - 1]}{144}$$

$$= 2.7127$$

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14.7 \text{ psi}$$

$$P_i = P_{\text{operasi}} + P_h$$

$$= 14.7 + 2.7127$$

$$= 17.4127 \text{ psi}$$

$$= 2.7127 \text{ psig}$$

m. Menghitung tebal silinder (t_s)

$$\text{Tebal shell } (t_s) = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0.6 P_i)} + C$$

$$= \frac{17.4127 \times 30}{2[18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.4127]} + 0.0625$$

$$= 0.07992 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1.2788}{16} \Leftrightarrow \frac{5}{16}$$

Standarisasi do & di

$$\begin{aligned} \text{do} &= \text{di} + 2t_s \\ &= 30 + 0.63 \\ &= 30.625 \text{ in} \Rightarrow 32 \text{ in (Brownell, 1959, tabel 5-7, hal 89)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{di} &= \text{do} - 2t_s \\ &= 32 - 0.63 \\ &= 31.375 \text{ in} \approx 2.61 \text{ ft} \end{aligned}$$

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (tha)

$$\begin{aligned} \text{tha} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times \text{di}}{f \cdot E - 0,1 \text{ Pi}} + C \\ &= \frac{0.885 \times 17.4127 \times 31.3750}{\left[18750 \times 0.8 - 0.1 \times 17.4127 \right]} + 0.0625 \\ &= 0.09474 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1.5158}{16} \Leftrightarrow \frac{5}{16} \end{aligned}$$

- Tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned} \text{ha} &= 0,169 \cdot \text{di} \\ &= 0.169 \times 31.4 \end{aligned}$$

$$= 5.30238 \text{ in} \approx 0.44 \text{ ft}$$

- Tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned} \text{thb} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times \text{di}}{f \cdot E - 0,1 \text{ Pi}} + C \\ &= \frac{0,885 \times 17.4127 \times 31.3750}{\left[18750 \times 0.8 - 0.1 \times 17.4127 \right]} + 0.0625 \\ &= 0.09474 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1.5158}{16} \Leftrightarrow \frac{5}{16} \end{aligned}$$

- Tinggi tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned} \text{hb} &= 0,169 \cdot \text{di} \\ &= 0.169 \times 31.4 \\ &= 5.3024 \text{ in} \approx 0.44 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi kolom} &= \text{Tinggi shell} + h_a + h_b \\ &= 312 + 5.30238 + 5.3024 \\ &= 322.605 \text{ in} \approx 26.9 \text{ ft} \end{aligned}$$

o. Perancangan Nozzle

| Komposisi | BM | F, kg/jam | V, kg/jam | Lo, kg/jam | V', kg/jam | L', kg/jam |
|---|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2(\text{LK})$ | 86.0847 | 10140.875 | 25239.1383 | 15148.9672 | 118.103 | 533.730 |
| $\text{H}_2\text{O}(\text{HK})$ | 18.0153 | 2167.819 | 27.1125 | 16.2734 | 5024.141 | 2156.980 |
| $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ | 60.05 | 372.314 | | | 867.211 | 35.370 |
| Jumlah | | 12681.008 | 25266.251 | 15165.241 | 6009.455 | 2726.080 |

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

1. Nozzle feed masuk

$$\text{Rate massa} = 27956.8037 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 62.0120 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{27956.8037}{62.0120} = 450.8293 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0.1252 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 1991})$$

$$= 3,9 \times 0.1252^{0,45} \times 62.0120^{0,13}$$

$$= 2.61852 \text{ in} \approx 3 \text{ in}$$

2. Nozzle top kolom

$$\text{Rate massa} = 55702.4817 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 62.0120 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{55702.4817}{62.0120} = 898.2539 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0.2495 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0.2495^{0,45} \times 62.0120^{0,13}$$

$$= 3.57092 \text{ in} \approx 4 \text{ in}$$

3. Nozzle refluks

$$\text{Rate massa} = 33433.5928 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 62.0120 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{33433.5928}{62.0120} = 539.1475 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0.1498 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0.1498^{0.45} \times 62.0120^{0.13}$$

$$= 2.83804 \text{ in} \approx 3 \text{ in}$$

4. Nozzle bottom kolom

$$\text{Rate massa} = 6009.9700 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 62.0120 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{6009.9700}{62.0120} = 96.9163 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0.0269 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0.0269^{0.45} \times 62.0120^{0.13}$$

$$= 1.31108 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

5. Nozzle uap reboiler

$$\text{Rate massa} = 13248.5649 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 62.0120 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{13248.5649}{62.0120} = 213.6453 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0.0593 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0.0593^{0,45} \times 62.0120^{0,13}$$

$$= 1.87117 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

Dari *Brownell & Young, fig. 12.3* didapat dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih

flange standart type slip on dengan dimensi:

| Nozzle | NPS | A | T | R | E | L | B |
|--------|-----|----|-------|-------|--------|--------|------|
| 1 | 3 | 7½ | 15/16 | 5 | 4¼ | 1 3/16 | 3.56 |
| 2 | 4 | 9 | 15/16 | 6 1/5 | 5 5/16 | 15/16 | 4.56 |
| 3 | 3 | 7½ | 15/16 | 5 | 4¼ | 1 3/16 | 3.56 |
| 4 | 2 | 9 | 3/4 | 3 5/8 | 3 1/15 | 1 | 2.44 |
| 5 | 2 | 9 | 3/4 | 3 5/8 | 3 1/15 | 1 | 2.44 |

Keterangan

NPS : Ukuran nominal pipa

A : Diameter luar flange, in

T : Tebal minimal flange, in

R : Diameter luar bagian yang menonjol, in

E : Diameter hubungan, in

- L : Panjang hubungan, in
B : Diameter dalam flange, in

p. Sambungan antar tutup dengan shell

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom destilasi, maka tutup menara dihubungkan dengan bagian shell menggunakan sistem flange dan bolting.

- Flange

Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304

Allowable stress : 16700 (Brownell, 1959. App D-4)

Tensile stress min : 75000

Type Flange : Ring Flange Loose Type

- Bolting

Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321

Allowable stress : 14580

Tensile stress min : 75000

- Gasket

Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron

Gasket faktor (m) : 5.5

$$Y \quad : \quad 18000$$

1. Menentukan lebar gasket (W_G)

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y-p.m}{y-p(m+1)}} = \sqrt{\frac{18000 - 14.7 \times 5.5}{18000 - 14.7 \times (5.5 + 1)}}$$

$$= 1.00041$$

dimana, $d_i = 32$ in (do shell = di gasket)

maka, $d_{OG} = 32.013$ in

$$W_{G \min} = \frac{d_{OG} - d_i}{2} = \frac{32.013 - 32}{2} = \frac{0.11}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0.0625 \text{ in}$$

$$d_{\text{rata-rata}} (G) = d_i + W_G = 32 + 0.0625 = 32.0625 \text{ in}$$

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor H_Y

$$W_{m_2} = H_Y = b \cdot \pi \cdot G \cdot y \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.88})$$

Dari fig. 12.12, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$b_o = b = \frac{N}{2} = \frac{0.0625}{2} = 0.03125 \text{ in}$$

sehingga,

$$H_Y = 0.03125 \times 3.14 \times 32.0625 \times 18000$$

$$= 56630.3906 \text{ lb}$$

- Beban tanpa tekanan (H_p)

$$\begin{aligned}
 H_p &= 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot P && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.90)} \\
 &= 2 \times 0.03125 \times 3.14 \times 32.0625 \times 5.5 \times 14.7 \\
 &= 508.7297 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Beban baut karena internal pressure (H)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.89)} \\
 &= \frac{3.14 \times 32.0625^2 \times 14.7}{4} \\
 &= 11862.65108 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Total beban pada kondisi operasi

$$\begin{aligned}
 W_{m1} &= H_p + H = 508.7297 + 11862.65108 \\
 &= 12371.3808 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$W_{m1} < W_{m2} \text{ (maka } W_{m2} \text{ digunakan sebagai pengontrol)}$$

3. Menentukan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m2}}{fb} = \frac{56630.3906}{14580} = 3.88411 \text{ in}^2$$

4. Menentukan bolting minimum

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 diperoleh:

$$\text{Ukuran baut} = 0.625$$

$$\text{Root area} = 0.202 \text{ in}^2$$

$$\text{Bolting min} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{3.88411}{0.202} = 19.2283 \approx 24 \text{ buah}$$

$$B_s = 1.5 \text{ in}$$

$$R = 0.9375 \text{ in}$$

$$E = 0.75 \text{ in}$$

$$C = \text{di shell} + 2(1.4159 \cdot g_o + R)$$

$$g_o = t_s = \frac{5}{16} = 0.3125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } C &= 31.375 + 2 \times [1.4159 \times 0.3125 + 0.9375] \\ &= 34.1349 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{do flange} &= C + 2E = 34.1349 + 2 \times 0.75 \\ &= 35.6349 \text{ in} \end{aligned}$$

- Cek lebar gasket

$$A_b \text{ aktual} = \text{Jumlah bolt} \times \text{root area}$$

$$= 24 \times 0.202$$

$$= 4.848 \text{ in}^2$$

$$W_{G \text{ min}} = \frac{A_b \text{ aktual} \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot Y \cdot G}$$

$$= \frac{4.848 \times 14580}{2 \times 3.14 \times 18000 \times 32.0625}$$

$$= 0.0195 \text{ in} \leq 0.0625 \text{ in (memenuhi syarat)}$$

$$W_G = 0.0195 \times \frac{16}{16} = \frac{0.31204}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(A_m + A_b)F}{2} && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.94)} \\
 &= \frac{(3.88411 + 4.848) \times 14580}{2} \\
 &= 63657.1153 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$\begin{aligned}
 hg &= \frac{C - G}{2} && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.101)} \\
 &= \frac{34.1349 - 32.0625}{2} \\
 &= 1.03622 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment flange (Ma)

$$Ma = hg \cdot W = 63657.1153 \times 1.03622 = 65962.70 \text{ lbin}$$

$$\text{Dalam keadaan operasi maka, } W - Wm_2 = 56630.3906 \text{ lb}$$

- Moment dan Force pada daerah dalam flange (H_D)

$$\begin{aligned}
 H_D &= 0.785B^2.P && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.96)} \\
 &= 0.785 \times 32^2 \times 14.7 \\
 &= 11816.4480 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$\begin{aligned}
 h_D &= \frac{C - B}{2} \\
 &= \frac{34.1349 - 32}{2} \\
 &= 1.06747 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment M_D

$$\begin{aligned}
 M_D &= H_D \cdot h_D \\
 &= 11816.4480 \times 1.06747 \\
 &= 12613.6890 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_G &= W - H \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98}) \\
 &= 63657.1153 - 11862.65108 \\
 &= 51794.4642 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_G &= H_G \cdot h_G \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98}) \\
 &= 51794.4642 \times 1.03622 \\
 &= 53670.3950 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_T &= H - H_D \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.97}) \\
 &= 11862.65108 - 11816.4480 \\
 &= 46.2031 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\
 &= \frac{1.06747 + 1.03622}{2} \\
 &= 1.05184 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment M_T

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \cdot h_T \\
 &= 46.2031 \times 1.05184 \\
 &= 48.60 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi

$$\begin{aligned}
 M_O &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 12613.6890 + 53670.3950 + 48.60 \\
 &= 66332.6824 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan tebal flange (t_f)

$$A = 35.6349 \text{ in}$$

$$B = 32 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = 1.11359 \text{ in}$$

Dari Brownell 1959, fig. 12.22 dengan nilai $K = 1.11359 \text{ in}$ diperoleh nilai Y

$$Y = 19$$

Sehingga tebal flang (Brownell 1959 persamaan 12.85)

$$t_F = \sqrt{\frac{Y \cdot M_{\max}}{f \cdot B}} = \sqrt{\frac{19 \times 66332.6824}{14580 \times 32}}$$

$$= 1.64356 \times \frac{16}{16} = \frac{26.297}{16} \approx 1 \frac{5}{8} \text{ in}$$

q. Menentukan penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapannya.

Beban-beban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari:

a. Berat bagian shell

- Berat shell
- Berat tutup

b. Berat kelengkapan bagian dalam

- Berat downcomer
- Berat tray

c. Berat kelengkapan bagian luar

- Berat pipa
- Berat attachment seperti nozzle, valve dan alat kontrol

1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

a. Berat Shell

Tebal shell = 0.3125 in 0.02604 ft

Tinggi Shell = 312 in 26 ft

$$\text{Keliling Shell} = \pi \times \text{do shell} = 3.14 \times 32 = 100 \text{ in} = 8.37 \text{ ft}$$

$$\text{Luas shell} = \text{Keliling} \times \text{Tebal} = 8.37 \times 0.026 = 0.22 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume Shell} = \text{Luas} \times \text{Tinggi} = 0.22 \times 26 = 5.67 \text{ ft}^3$$

$$\rho_{\text{steel}} = 487 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 6th tabel 3-118})$$

$$\begin{aligned} \text{Berat shell } (W_s) &= V_{\text{shell}} \times \rho_{\text{steel}} \\ &= 5.66944 \times 487 \\ &= 2761.0194 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Berat tutup

$$W_{di} = A \cdot t \cdot \rho_{\text{steel}}$$

$$A = 6.28 R_c \cdot h \quad (\text{Hesse pers. 4.16})$$

Dimana,

W_d : Berat tutup standart dished

A : Luas tutup standart dished

t : Tebal tutup standar dished = 0.3125 in = 0.02604 ft

$R_c = d_i$: Jari-jari tutup = 31.375 in = 2.61458 ft

h_a : Tinggi tutup atas = 5.3024 in = 0.44186 ft

h_b : Tinggi tutup bawah = 5.3024 in = 0.44186 ft

Maka,

$$\begin{aligned}
 A_a &= 6.28 R_c \cdot h_a \\
 &= 6.28 \times 2.61458 \times 0.44186 \\
 &= 7.25523 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_b &= 6.28 R_c \cdot h_b \\
 &= 6.28 \times 2.61458 \times 0.44186 \\
 &= 7.25523 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Wd_a &= A_a \times t \times \rho \\
 &= 7.25523 \times 0.02604 \times 487 \\
 &= 92.013 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Wd_b &= A_b \times t \times \rho \\
 &= 7.25523 \times 0.02604 \times 487 \\
 &= 92.013 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Berat tutup total

$$\begin{aligned}
 W_{tu} &= Wd_a + Wd_b \\
 &= 92.013 + 92.013 \\
 &= 184.026 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$A_{dc} = 0.33854 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A_{dc} \cdot \text{Tebal shell} \\ &= 0.33854 \times 0.02604 = 0.00882 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 plate} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\ &= 0.00882 \times 487 = 4.29348 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{dc} &= \text{Berat 1 plate} \times \text{Jumlah plate} \\ &= 4.29348 \times 26 = 111.631 \text{ lb} \end{aligned}$$

d. Berat tray

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times 2.61458^2 = 5.3663 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A_t \cdot \text{Tebal shell} \\ &= 5.3663 \times 0.02604 = 0.13975 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 tray} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\ &= 0.13975 \times 487 = 68.0569 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_t &= \text{Berat 1 tray} \times \text{Jumlah plate} \\ &= 68.0569 \times 26 = 1769.48 \text{ lb} \end{aligned}$$

e. Berat liquida

$$W_l = 27956.804 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

Pipa yang ada mencakup untuk feed, uap, reboiler, kondensor dan bottom produk

Ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi

$$\text{Panjang pipa} = 2 \times 26.884 = 53.7675 \text{ ft}$$

Diambil rata-rata pipa 1,5 in sch 40 dengan berat 2,718 lb/ft

$$W_p = 53.7675 \times 2.718 = 146.14 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$\begin{aligned} W_a &= 18\% W_s \\ &= 18\% \times 2761.0194 = 496.984 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_c + W_{\text{in}} + W_{\text{dc}} + W_t + W_l + W_p + W_a \\ &= 33426.0834 \text{ lb} \end{aligned}$$

r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

$$\text{Tinggi support} = 2 \text{ ft} \approx 24 \text{ in}$$

- Menentukan tebal skirt

Stress karena angin

$$\begin{aligned} H &= \text{Tinggi} + \text{Tinggi kolom} \\ &= 24 + 322.605 = 346.605 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{wb} &= \frac{15.89 \left(\frac{do + di}{2} \right) H^2}{do^2 \cdot t} && \text{(Brownell, 1959, pers. 9.20)} \\
 &= \frac{15.89 \left(\frac{32 + 31.375}{2} \right) 346.605^2}{1024 \times t} \\
 &= \frac{59071.9}{t}
 \end{aligned}$$

Stress dead weight

$$\begin{aligned}
 f_{db} &= \frac{\Sigma W}{\pi \cdot do \cdot t} && \text{(Brownell, 1959, pers. 9.6)} \\
 &= \frac{33426.0834}{3.14 \times 32 \times t} \\
 &= \frac{332.6640}{t}
 \end{aligned}$$

Stress kompresi maksimum

$$f_{c \max} = 0.125 E (t/do) \cos \alpha$$

dimana, E concrete = 2000000 psi (Brownell 1959, hal 183)

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= 0.125 \times 2000000 \left(t / 32 \right) \\
 &= 7812.5 t
 \end{aligned}$$

$$f_{c \max} = f_{wb} + f_{db} \quad \text{(Brownell, 1959, pers. 9.80)}$$

$$7812.5 t = \frac{59071.9}{t} + \frac{332.6640}{t}$$

$$t = \sqrt{\frac{59404.564}{7812.5}}$$

$$= 2.757 \text{ in}$$

s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$f_c = 1200 \text{ psi}$$

$$f_{c \text{ max}} = 3000 \text{ psi}$$

$$n = 10$$

$$f_s \text{ allowable untuk struktural steel skirt} = 45000 \text{ psi}$$

$$d_i = 31.375 \text{ in}$$

Ditetapkan:

$$d_i \text{ bearing plate} = 32$$

$$d_o \text{ bearing plate} = 1.25 \times 32$$

$$= 40 \text{ in} \approx 3.33333 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah chair} = 4 \quad (\text{Brownell 1959, tabel 10.5})$$

$$\text{Jumlah bolt} = 8$$

$$\text{Ukuran baut} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Luas bolt} = 0.89 \text{ ft}^2$$

Dari pers. 9.11, Brownell 1959

$$P_w = 0.0025 V_w^2$$

Dimana,

P_w : tekanan angin pada permukaan alat (lb/ft²)

V_w^2 : kecepatan angin = 100 mph

Maka,

$$\begin{aligned} P_w &= 0.0025 \times 100^2 \\ &= 25 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$M_w = \frac{1}{2} P_w \cdot H^2 \frac{d_i + d_o}{2}$$

M_w : bending moment pada puncak kolom (lb.ft)

$$\begin{aligned} M_w &= \frac{1}{2} 25 \times 28.884^2 \frac{2.61 + 2.67}{2} \\ &= 27537.421 \text{ lbft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_3 &= \frac{(d_o - d_i) \text{ bearing}}{2} \\ &= \frac{40 - 32}{2} \end{aligned}$$

$$= 4 \text{ in}$$

Diperkirakan $fc = 1200 \text{ psi}$

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{fs}{n \cdot fc} \right)} && \text{(Brownell, 1959, pers. 10.3)} \\ &= 0.21053 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c \text{ (bolt circle)} &= f_{c \max} \frac{2 \cdot K \cdot d_o}{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3} \\
 &= 3000 \times \frac{2 \times 0.21053 \times 40}{2 \times 0.21053 \times 40 \times 4} \\
 &= 750 \leq 1200 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0.21053 maka,

$$C_c = 1.25$$

$$C_t = 2.638$$

$$z = 0.457$$

$$j = 0.777$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\
 &= \frac{33426.0834 - 27537.4215 \times 0.457 \times 3.33333}{0.777 \times 3.33333} \\
 &= 3463.4730 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \frac{\text{Jumlah baut} \cdot \text{Root area}}{\pi \cdot 1,25} \\
 &= \frac{8 \times 0.89}{3.14 \times 1.25} \\
 &= 1.81401 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Relationship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\
 &= \frac{3463.4730}{1.81401 \times 3.33333 \times 2.6378} \\
 &= 217.146 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_c &= F_t + W_{dw} && \text{(Brownell, 1959, pers. 10.27)} \\
 &= 3463.4730 + 33426.0834 \\
 &= 36889.5563 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (f_c)

$$\begin{aligned}
 t_2 &= t_3 - t_1 \\
 &= 4 - 1.81401 \\
 &= 2.18599 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot C_c} && \text{(Brownell, 1959, pers. 10.8)} \\
 &= \frac{36889.5563}{\left(2.18599 + 10 \times 1.81401 \right) \times 3.33333 \times 1.25} \\
 &= 435.572
 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} && \text{(Brownell, 1959, pers. 10.3)} \\
 &= 0.95251
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

$$\text{Untuk harga } K = 0.95251 \text{ maka,}$$

$$C_c = 2.224$$

$$C_t = 1.765$$

$$z = 0.369$$

$$j = 0.784$$

$$\begin{aligned} \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\ &= \frac{33426.0834 - 27537.4215 \times 0.369 \times 3.33333}{0.784 \times 3.33333} \\ &= 2771.5768 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$t_1 = 1.81401 \text{ in}$$

Relationship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\ &= \frac{2771.5768}{1.81401 \times 3.33333 \times 1.765} \\ &= 259.695 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_c &= F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27}) \\ &= 259.6947 + 33426.0834 \\ &= 33685.7781 \text{ lb} \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (f_c)

$$\begin{aligned} t_2 &= t_3 - t_1 \\ &= 4 - 1.81401 \\ &= 2.18599 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot C_c} && \text{(Brownell, 1959, pers. 10.8)} \\ &= \frac{33685.7781}{\left[2.18599 + 10 \times 1.81401 \right] \times 3.33333 \times 2.224} \\ &= 223.552 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} \\ &= 0.89592 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c \max} &= f_c \text{ (bolt circle)} \cdot \frac{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3}{2 \cdot K \cdot d_o} \\ &= 223.5521 \times \frac{2 \times 0.89592 \times 40 \times 4}{2 \times 0.89592 \times 40} \\ &= 894.208 \leq 1200 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 hal 188 didapatkan ukuran baut 1 1/4" dengan dimensi

$$\text{Bolt circle} = 2 \frac{13}{16}$$

$$\text{Nut dimension} = 2$$

Bearing plate yang digunakan tipe eksternal bolting chair, pada plate dipasang

compressing ring agar lebih kuat

Ditetapkan tinggi gusset = 12 in

Bearing plate diperkuat dengan 8 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama

Dari gambar 10.6, Brownell 1959, hal 191, diperoleh:

$$\text{Lebar gusset (A)} = 9 + 1.25 = 10.3$$

$$\text{Jarak antar gusset (b)} = 8 + 1.25 = 9.25$$

$$\text{Luas area bolt (Ab)} = 0.89 \text{ ft}^2$$

$$\text{Beban bolt (P)} = f_s \cdot A_b = 259.69473 \times 0.89 = 231.128 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} L &= d_o \text{ bearing} - d_o \text{ shell} \\ &= 40 - 32 = 8.0 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\frac{b}{L} = \frac{9.25}{8.0} = 1.15625$$

Dari Brownell 1959, tabel. 10.4, hal 188, didapat

$$e = 2 / 2 = 1$$

$$\mu = \text{poisson rasio} = 0.3 \text{ (untuk steel)}$$

$$\gamma_1 = 0.565$$

Maksimum bending (My)

$$\begin{aligned} My &= \frac{P}{4\pi} \left[\left(1 + \mu \right) \ln \left(\frac{21}{\pi e} \right) + \left(1 - \gamma_1 \right) \right] \\ My &= \frac{231.1283}{4 \times 3.14} \times \left[\left(1 + 0.3 \right) \ln \left(\frac{21}{3.14 \times 1} \right) + \left(1 - 0.565 \right) \right] \\ &= 53.4648 \text{ lbin} \end{aligned}$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{6 \cdot My}{f_{\max}}} = \sqrt{6 \times \frac{53.4648}{45000}} = 0.08443 \text{ in}$$

$$= \frac{1.3509}{16} \approx \frac{3}{16}$$

$$t_4 = \sqrt{\frac{6 \cdot My}{(t_3 - bhd) f_{\max}}} = \sqrt{\frac{6 \times 53.4648}{(4 - 1.25) \times 45000}}$$

$$= 0.05091 = \frac{0.81462}{16} \approx \frac{3}{16}$$

$$t_6 = \frac{3}{8} t_3 = \frac{3}{8} \times \frac{3}{16} = 0.07 \text{ in} = \frac{1.125}{16} \approx \frac{3}{16}$$

t. Dimensi anchor bolt

- Panjang = 12 in
- Diameter = 4 in
- Jumlah = 8 buah

u. Dimensi pondasi

Pondasi terdiri dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen

(Brownell 1959, tabel 10.1, hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi

- Berat beban bejana total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sisten pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

$$\text{Beban yang ditanggung penyangga} = 33426.0834 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban tiap penyangga} &= \text{berat} \times \text{tinggi} \\ &= 35 \text{ lbin} \times 24 \text{ in} \\ &= 840 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$W = 34266.0834 \text{ lb}$$

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran:

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk atas pondas} &= \text{Luas pondasi atas} \\ &= 40 \times 40 = 1600 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk dasar} &= \text{luas pondasi bawah} \\ \text{pondasi} &= 60 \times 60 = 3600 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi pondasi (t)} = 24 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas rata-rata (A)} &= 0.5 \times \left(40^2 + 60^2 \right) \\ &= 2600 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pondai (V}_p) &= A \cdot t \\
 &= 2600 \times 24 \\
 &= 62400 \text{ in}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Densitas untuk gravel} = 126 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Perry's 6}^{\text{th}} \text{ tabel 3-118)}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 W \text{ pondasi} &= V \cdot \rho \\
 &= 62400 \times 126 \times 0.0005787 \\
 &= 4549.97 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & gravel dengan minimum safe bearing power

5 ton/ft³ dan maksimum safe bearing power = 10 ton/ft³ (Hesse, tabel 12.2 hal 327)

Berat total keseluruhan

$$\begin{aligned}
 W \text{ total} &= 34266.0834 + 4549.97 \\
 &= 38816.0543 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W \text{ total}}{A} = \frac{38816.0543}{2600} = 14.9293 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

$$6000 \text{ kg/ft}^2 = 91.8617 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Tekanan terhadap tanah} = 14.9293 \leq 91.8617 \text{ lb/in}^2 \text{ (memenuhi)}$$

v. Spesifikasi kolom destilasi**1. Silinder/shell**

- Diameter dalam : 31.375 in
- Diameter luar : 32 in
- Tinggi : 312 in
- Tebal : 0.3125 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 31.375 in
- Tinggi tutup atas : 5.3024 in
- Tinggi tutup bawah : 5.3024 in
- Tebal : 0.3125 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

3. Tray

- Jumlah tray : 26 buah
- Tebal tray : 0.3125 in
- Susunan pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

4. Down comer

- Lebar : 3.600 in

- Luas : 0.33854 ft²
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

5. Nozzle

- Diameter feed masuk : 3 in
- Diameter top kolom : 4 in
- Diameter refluks : 3 in
- Diameter reboiler : 2 in
- Diameter bottom : 2.0 in
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA-268 Grade TP410

6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange : 36 in
- Tebal Flange : 1.625 in
- Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
- Lebar Gasket : 0.0625 in
- Diameter Gasket : 32.0625 in
- Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron

7. Baut

- Ukuran Baut : 1.25 in
- Jumlah baut : 8 buah
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321

8. Skirt Support

- Tinggi : 24 in
- Tebal : 2.7575 in
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

9. Bearing plate

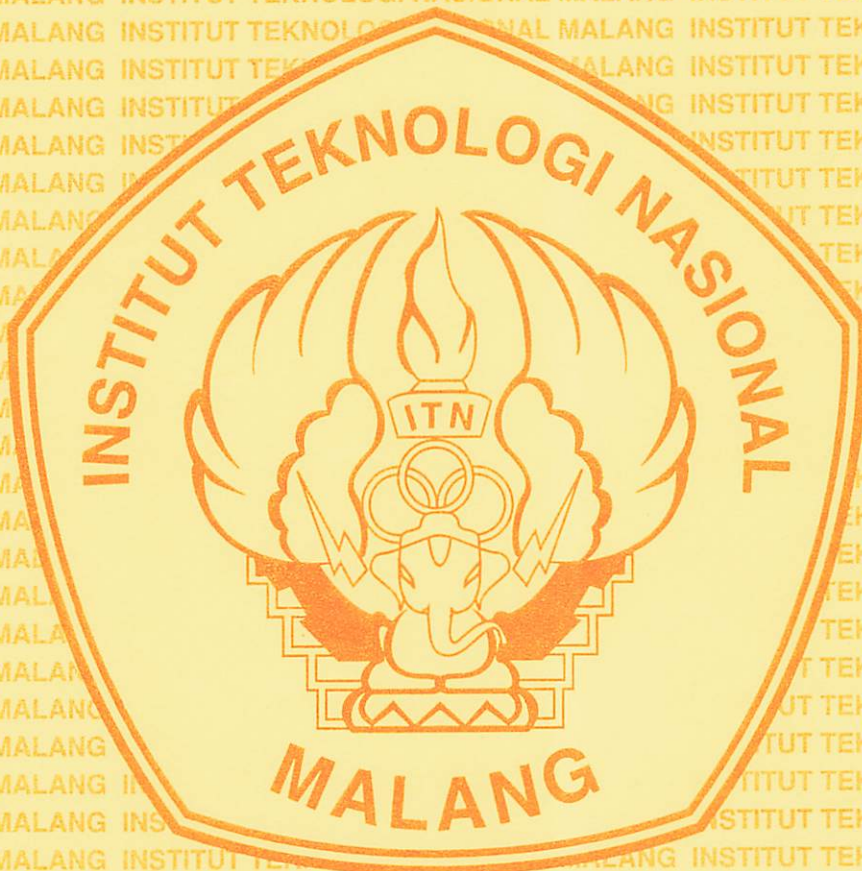
- Type : Eksternal Bolting Chair
- Diameter dalam : 32 in
- Tebal : 0.1875 in
- Jumlah : 4 buah
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

10. Anchor Bolt

- Panjang : 12 in
- Diameter : 4 in
- Jumlah : 8 buah
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA-193 Grade B8t Type 321

11. Pondasi

- Luas pondasi atas : 1600 in²
- Luas pondasi bawah : 3600 in²
- Tinggi pondasi : 24 in
- Bahan konstruksi : Cement, Sand and Gravel



BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Alat-alat instrumentasi dipasang pada setiap peralatan proses dengan tujuan agar para teknisi dapat memantau dan mengontrol kondisi di lapangan. Dengan adanya instrumentasi ini pula, para teknisi dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kejanggalkan dalam proses. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalah (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal (Considine, 1985). Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain:

a. Manual atau indikator

Manual atau indicktor, yaitu alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indikator*) atau perekam (*recorder*).

b. Otomatis

Otomatis, yaitu controller yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian kondisi prosesnya. Perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga alat proses ini perlu dipasang alat pengendali (*controller*). (Kusnarjo, 2010)

Dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini menggunakan instrumentasi atau alat kontrol otomatis dan manual. Hal ini tergantung dari system peralatan dan faktor pertimbangan teknis serta ekonomisnya.

Adapun tujuan dari pemasangan alat instrumentasi diantaranya, yaitu:

1. Menjaga keamanan operasi suatu proses dengan jalan menjaga variabel proses, berada dalam operasi proses yang aman serta mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
2. Mendapat *rate* atau laju alir produksi sesuai dengan yang diinginkan.
3. Menjaga kualitas produk.

4. Mempermudah pengoperasian alat.
5. Keselamatan dan efisien kerja lebih terjamin.

Peralatan Instrumentasi berfungsi sebagai pengontrol, penunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Peralatan instrumentasi biasanya bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses tergantung pada pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan itu sendiri. Pada pemakaian alat-alat instrumen dekat peralatan proses (kontrol manual) atau disatukan dalam suatu ruang kontrol yang dihubungkan dengan rangkaian peralatan (kontrol otomatis) (Timmerhaus,2004).

Variabel-variabel proses yang biasanya dikontrol atau diukur oleh instrumen adalah (Considine,1985):

1. Variabel utama, seperti temperature, tekanan, laju alir, dan level cairan
2. Variabel tambahan, seperti densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas, pH, humiditas, titik embun, komposisi kimia, dan variabel lainnya.

Macam-macam instrumentasi yang digunakan di pra rencana pabrik metil metakrilat, antara lain:

1. Level Indikator (LI) : Merupakan alat instrumentasi penunjuk ketinggian liquida dalam suatu tangki.
2. Temperatur Controller (TC) : Merupakan instrumentasi pengendali untuk mengatur suhu proses.
3. Flow Controller (FC) : Merupakan instrumentasi pengendali laju alir.
4. Ratio Controller (RC) : Merupakan alat instrumentasi untuk mengontrol perbandingan aliran. (Kusnarjo, 2010)



Tabel 7.1. Instrumentasi peralatan pabrik Vinil asetat

| No | Kode | Nama Alat | Instrumentasi | Fungsi |
|----|--------|-----------------------|---------------|--|
| 1 | R-110 | Reaktor I | TC | Mengatur suhu dalam reaktor . |
| 2 | F-111 | Storage Asam Asetat | LI | Sebagai indikator jumlah liquid dalam storage asam asetat. |
| 3 | F-115 | Storage Etilena | PC | Mengatur tekanan fluida gas yang terdapat didalam storage etilena. |
| 4 | L-112 | Pompa | FC | Mengatur laju alir fluida asam asetat sebelum masuk vaporizer. |
| 5 | V-113 | Vaporizer | TC | Mengatur suhu bahan baku asam asetat keluar vaporizer. |
| 6 | E-116 | Heater Etilena | TC | Mengatur suhu etilena dalam heater. |
| 7 | E-117 | Heater Udara | TC | Mengatur suhu udara dalam heater. |
| 8 | G-115 | Kompresor Asam Asetat | RC | Mengatur rasio aliran dengan kompresor 115a sebelum masuk reaktor. |
| 9 | G-115a | Kompresor Etilena | RC | Mengatur rasio aliran dengan kompresor 115 sebelum masuk reaktor. |
| 10 | G-119 | Blower Udara | PC | Mengatur tekanan udara di alat blower. |
| 11 | E-121 | Cooler Flash Tank | TC | Mengatur suhu produk keluaran reaktor sebelum masuk flash tank. |
| 12 | E-132 | Heater Destilasi | TC | Mengatur suhu produk keluaran flash tank sebelum masuk destilasi. |

| | | | | |
|----|-------|---------------|----|--|
| 13 | E-133 | Kondensor | TC | Mengatur suhu fluida yang akan masuk akumulator F-134 |
| 14 | E-136 | Reboiler | TC | Mengatur suhu fluida yang akan dikembalikan kedalam kolom destilasi D-130 |
| 15 | F-134 | Akumulator | RC | Mengatur rasio jumlah aliran fluida yang akan direfluks kedalam kolom destilasi dan yang akan masuk kedalam tangki produk F-137. |
| 16 | F-137 | Tangki Produk | LI | Sebagai indikator jumlah liquid dalam storage Vinil asetat. |

7.2. Keselamatan Kerja

Dalam suatu lingkungan pabrik, keselamatan kerja harus mendapat perhatian yang cukup besar dan tidak boleh diabaikan karena menyangkut keselamatan manusia dan kelancaran kerja. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis dapat meningkatkan konsentrasi pekerja sehingga produktifitas dan efisiensi kerja meningkat pula. Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor manusia saja, tapi juga pada peralatan pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan proses, maka peralatan pabrik dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan pabrik untuk menjamin adanya keselamatan kerja adalah sebagai berikut (Timmerhaus,2004):

1. Penanganan dan pengangkutan bahan menggunakan manusia harus seminimal mungkin.
2. Adanya penerangan yang cukup dan sistem pertukaran udara yang baik.
3. Jarak antar mesin-mesin dan peralatan lain cukup luas.
4. Setiap ruang gerak harus aman, bersih dan tidak licin
5. Setiap mesin dan peralatan lainnya harus dilengkapi alat pencegah kebakaran.
6. Tanda-tanda pengaman harus dipasang pada setiap tempat yang berbahaya.

7. Penyediaan fasilitas pengungsian bila terjadi kebakaran.

Bahaya-bahaya yang terjadi pada pabrik Vinil asetat dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, kebakaran dan peledakan, bahaya mekanik, bahaya listrik. Usaha untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang timbul di dalam pabrik antara lain:

1. Bahaya kebakaran dan peledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan terhadap pekerja maupun kerusakan peralatan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Terjadinya bahaya ini dapat disebabkan oleh :

- a. Valve atau pipa tangki penyimpanan bahan baku maupun produk terjadi kebocoran yang mengakibatkan percikan api disekitar storage sehingga mengakibatkan tangki meledak, atau terjadinya kontak antara bahan dengan oksigen dari udara.
- b. Terjadi hubungan singkat (konsleting) pada saklar stop kontak atau alat listrik lainnya baik pada peralatan instrumentasi maupun pada peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, computer, mesin fax, answering machin dan lain-lain.

Untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadi kebakaran antara lain:

- a. Memasang pipa air melingkar (*water hydrant*) di seluruh pabrik
- b. Memasang alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau di setiap tempat rawan ledakan dan kebakaran, terutama di sekitar alat-alat proses bertekanan dan bersuhu tinggi.
- c. Pemasangan alat-alat listrik harus ditata sedemikian rupa sehingga tidak berdekatan dengan sumber panas. (Kusnarjo, 2010)
- d. Pemasangan plakat-plakat, slogan-slogam atau *Standar Operation Procedures* (SOP) pada setiap proses yang menerangkan bahaya dari dari proses alat yang bersangkutan.

2. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik disebabkan oleh pengerjaan konstruksi bngunan atau alat proses yang tidak memenuhi syarat. Hal-hal harus diperhatikan untuk mencegah atau mengurangi terjadinya bahaya ini adalah:

- a. Perancangan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan

bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi.

- b. Pemasangan alat-alat pengendali atau indikator yang baik dan sesuai, serta perlu pemasangan alat pengaman proses pada alat-alat yang beresiko besar menciptakan terjadinya bahaya mekanik.

3. Bahaya listrik

Bahaya pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan pabrik, sehingga para pekerja dapat terjaga keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup
 - b. Peralatan yang penting seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang aman dan tersendiri.
 - c. Peralatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda dengan jelas.
- ### 4. Alat-alat penggerak

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

5. Karyawan

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan efektif sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Oleh karena itu pengetahuan tentang kesehatan dan keselamatan kerja (K3) perlu diketahui oleh seluruh karyawan, dari mulai karyawan operator proses sampai karyawan administrasi.

Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan atau penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan baru agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta di lingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagai mana dia bekerja. Apabila operator proses, karyawan wajib mengetahui cara-cara pemakaian alat-alat pelindung (masker, topi, safety belt, sepatu, sarung tangan dan lain-lain) dan mengetahui bahaya-bahaya yang akan terjadi mulai dari tangki bahan baku sampai tangki produk. Sedangkan karyawan gudang wajib mengetahui prosedur penggunaan kendaraan pengangkut sampai cara penyusunan kemasan produk. Selain itu pembuatan ventilasi setiap ruangan harus disesuaikan standar WHO (World Health Organization) agar lingkungan kerja yang

sehat dapat meningkatkan produktifitas karyawan dalam bekerja. (Kusnarjo, 2010)

Dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini perusahaan menyediakan alat perlindungan diri (APD) atau lebih dikenal dengan PPE (Personal Protection Equipment) bagi para pekerja untuk menjaga keselamatan dan kesehatan para pekerja. Alat perlindungan diri (APD) atau yang dikenal PPE (Personal Protection Equipment) didefinisikan sebagai segala perlengkapan yang dimaksudkan untuk dipakai atau dipegang oleh seseorang di tempat kerja yang melindunginya dari salah satu atau lebih resiko terhadap keselamatan dan kesehatannya termasuk pakaian, sarung tangan, perlindungan mata, sepatu, harness dan lain-lain. Perlengkapan seperti baju kerja biasa atau seragam yang tidak secara spesifik melindungi diri dari resiko keselamatan dan kesehatan tidak termasuk APD. (Cahyono, 2004)

Hal-hal yang harus diperhatikan saat menggunakan APD:

1. Memastikan pakaian pelindung pas dengan ukuran tubuh, dan sesuaikan posisi APD agar merasa nyaman saat bekerja.
2. Memastikan APD bekerja dengan baik dan benar, jika tidak segera laporkan.
3. Jika menggunakan dua atau lebih APD secara bersamaan pastikan mereka kompatibel dan tidak mengurangi keefektifan masing-masing APD.
4. Melaporkan gejala timbulnya rasa sakit atau tidak nyaman secepatnya.
5. Menginformasikan kepada pihak yang bertanggungjawab bila diperlukan pelatihan khusus.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika memilih APD yang tepat:

1. Kondisi dan resiko bahaya yang dihadapi ditempat kerja.
2. Kesuaian dengan pemakai.
3. Kondisi kesehatan pekerja.
4. Keperluan pekerjaan seperti waktu yang dibutuhkan, kejelasan pandangan, kemudahan komunikasi dan lain-lain.
5. Jika lebih dari satu APD dikenakan, apakah mereka dapat dipakai bersamaan secara efektif.

Alat perlindungan diri terdiri atas berbagai jenis yang dibagi sesuai dengan posisi peletakan atau pemakaiannya ditubuh pekerja dan fungsi atau kegunaannya. Secara garis besar dapat dibagi menjadi tubuh, kepala, tangan, kaki, mata dan wajah, pendengaran, pernafasan dan lain-lain.

Adapun alat-alat perlindungan diri yang digunakan pada pabrik Vinil asetat adalah sebagai berikut:

1. Perlindungan tubuh

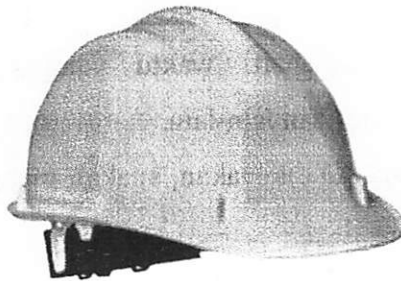
Pakaian pelindung untuk badan dapat menyediakan perlindungan dari panas, dingin, hujan, angin, bahan kimia, potongan material bila bekerja dengan kayu atau besi, atau sampah dan pengotor lainnya. Pakaian tersebut harus memudahkan untuk dilihat, dan menyediakan perlindungan fisik bagi tumbukan mekanik yang berakibat luka-luka.



Gambar 7.1. *Wearpack*

2. Perlindungan kepala

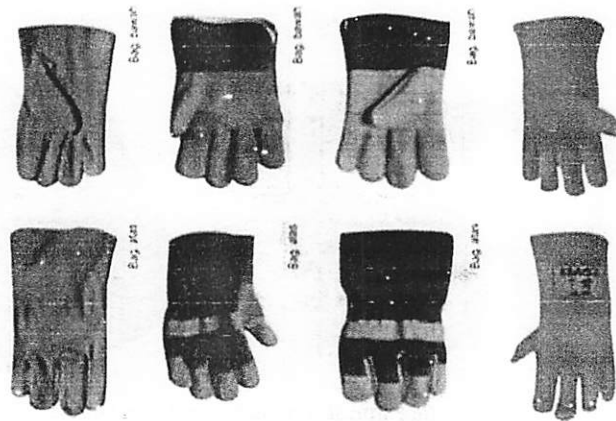
Kepala adalah bagian yang mudah terluka oleh tumbukan. Perlindungan kepala ditunjukkan untuk menyediakan perlindungan bagi tumbukan mekanis, terluka, dan terjebaknya rambut di dalam mesin yang bergerak (*scalping*). (Cahyono, 2004)



Gambar 7.2. Helm Pelindung Kepala

3. Perlindungan telapak tangan dan lengan

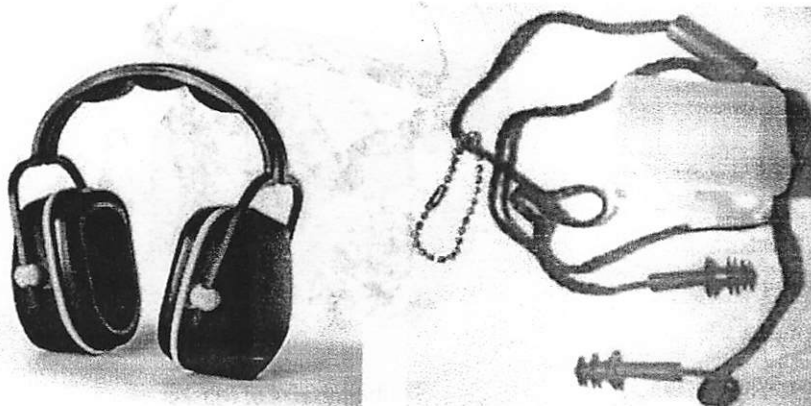
Perlindungan tangan dan lengan berwujud sarung tangan, sarung tangan sebagian, sarung tangan besi atau pelindung lengan. Tujuannya ialah melindungi dari potongan benda, abrasi, temperatur ekstrem, kontak dengan bahan kimia yang menyebabkan iritasi kulit dan dermatitis, kontak dengan bahan kimia korosif.



Gambar 7.3. Sarung Tangan

4. Perlindungan pendengaran

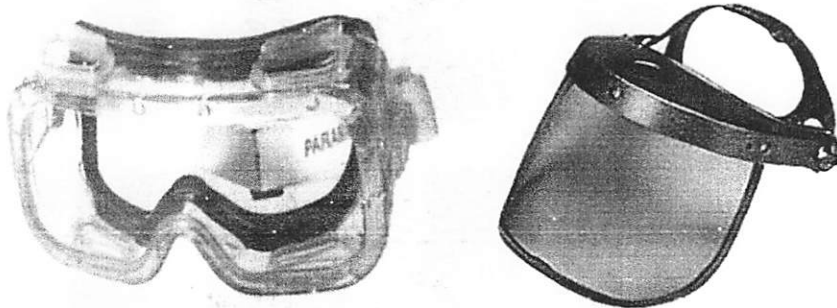
Alat perlindungan pendengaran dengan berbagai bentuk dirancang untuk mengurangi level intensitas suara yang mencapai mekanisme pendengaran pada bagian tengah dan dalam telinga. Telinga bagian luar mengalirkan getaran suara menuju gendang telinga. Getaran tersebut menyebabkan gendang telinga ikut bergetar, kemudian getaran ini ditransmisikan dan diubah menjadi impuls saraf. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.4. Ear Muffs & Ear Plug

5. Perlindungan mata dan wajah

Aktivitas yang dapat menyebabkan resiko pada wajah dan mata harus diidentifikasi bahayanya dan kemudian diperkirakan tingkat resikonya agar dapat diketahui tipe alat pelindung yang dikenakan. Pertimbangan tidak hanya diberikan pada orang yang terlibat langsung dalam proses atau aktivitas tetapi juga mereka yang mungkin melakukan kontak dan ikut beresiko dari bahaya yang ada.



Gambar 7.5. Goggle & Face Shield

6. Perlindungan pernafasan

Paru-paru harus dilindungi dari udara tercemar atau kemungkinan kekurangan oksigen dalam udara. Bahan-bahan pencemar dapat berbentuk gas, uap logam, kabut dan debu yang bersifat racun yang dapat terhirup melalui hidung. Sedangkan kekurangan oksigen mungkin terjadi ditempat-tempat yang pengudaraannya buruk seperti tangki atau pada areal boiler. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.6. Masker

7. Perlindungan kaki dan telapak kaki

Perlindungan kaki dan telapak kaki mencakup sepatu kerja (*safety shoes*), sepatu bot, bot spesial atau perlengkapan kaki yang sesuai dengan industri tertentu. Pada industri peleburan baja maupun petrokimia diperlukan khusus pada sepatu agar pekerja terlindungi dari percikan metal cair ataupun bahan kimia yang berbahaya. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.7. *Safety Shoes*

8. Perlindungan terhadap api

Perlindungan terhadap api perlu dimiliki oleh setiap petugas yang bekerja di setiap bagian pabrik. Dikarenakan bahaya terhadap api bisa terjadi dari hal sekecil mungkin. Maka diperlukan penanganan cepat tanggap di setiap bagian pabrik oleh karena itu perlu adanya alat *fire extinguisher* yang di taruh di setiap bagian pabrik.



Gambar 7.8. *Fire Extinguisher*

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik Vinil asetat

| No | Nama Alat Pengaman | Pekerja yang Dilindungi |
|-----|---------------------------------|--|
| 1. | <i>Wearpack</i> | Petugas yang bekerja di area proses pabrik, utilitas, bengkel, dan laboratorium. |
| 2. | Helm pelindung kepala | Petugas yang bekerja di area proses, utilitas, dan bengkel. |
| 3. | Sarung tangan | Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, utilitas, dan laboratorium. |
| 4. | <i>Ear muffs & Ear plug</i> | Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, dan boiler. |
| 5. | <i>Goggle & Face Shild</i> | Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, utilitas, dan boiler. |
| 6. | Masker | Petugas yang bekerja di area proses, laboratorium, utilitas, boiler dan bengkel. |
| 7. | <i>Safety shoes</i> | Petugas yang bekerja di area proses dan bengkel. |
| 8. | <i>Hydrant</i> | Petugas yang bekerja di area bahan baku, bahan bakar, proses, dan gudang. |
| 9. | <i>Safety Belt</i> | Petugas yang bekerja untuk perbaikan alat proses dan pembersihan gedung |
| 10. | <i>Fire Extinguisher</i> | Petugas di semua unit gedung terutama di bagian proses dan bahan baku. |

Apabila terjadi kecelakaan kerja, seperti terjadinya kebakaran pada pabrik, maka hal-hal yang harus dilakukan adalah (Sinnott, 2005):

1. Mematikan seluruh kegiatan pabrik, baik mesin maupun listrik.
2. Mengaktifkan alat pemadam kebakaran, dalam hal ini alat pemadam kebakaran yang digunakan disesuaikan dengan jenis kebakran yang terjadi yaitu:
 - Instalasi Pemadam dengan air

Untuk kebakaran yang terjadi pada bahan berpijar seperti kayu, arang, kertas, dan bahan berserat. Air dapat disemprotkan dalam bentuk kabut. Sebagai sumber air, biasanya digunakan air tanah yang dialirkan di sekitar areal pabrik. Air dipompakan dengan menggunakan pompa yang bekerja dengan instalasi listrik tersendiri, sehingga tidak terganggu apabila listrik pada pabrik dimatikan ketika kebakaran terjadi.

- Instalasi Pemadam dengan CO₂

CO₂ yang digunakan berbentuk cair dan mengalir dari beberapa tabung gas yang bertekanan yang disambung secara seri menuju *nozzle- nozzle*. Instalasi ini digunakan untuk kebakaran dalam ruang tertutup, seperti pada tempat tangki penyimpanan dan juga pemadam pada instalasi listrik.

Oleh karena itu keselamatan kerja yang tinggi dapat dicapai dengan penambahan nilai-nilai disiplin bagi para karyawan, yaitu(Sinnott,2005):

1. Setiap karyawan bertugas sesuai dengan pedoman-pedoman yang diberikan.
2. Setiap peraturan dan ketentuan yang ada harus dipatuhi.
3. Perlu keterampilan untuk mengatasi kecelakaan dengan menggunakan peralatan yang ada.
4. Setiap kecelakaan atau kejadian yang merugikan harus segera dilaporkan pada atasan.
5. Setiap karyawan harus saling mengingatkan perbuatan yang dapat menimbulkan bahaya.
6. Setiap kontrol secara periodik terhadap alat instalasi pabrik oleh petugas *maintenance*.



BAB VIII

UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya suatu proses produksi. Dalam suatu pabrik, utilitas memegang peranan yang penting. Karena suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika utilitas tidak ada. Oleh sebab itu, segala sarana dan prasarannya harus dirangsang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik.

Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rancang Pabrik Vinil Asetat yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air umpan boiler, air sanitasi, air pendingin 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 pengoperasian boiler dan generator.

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.

8.1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, direncanakan menggunakan air sungai. Pengambilan air sungai ditampung dalam bak-bak penampung air yang selanjutnya diproses untuk keperluan air pendingin, air boiler, air proses dan air sanitasi.

8.1.1. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pra Rancang Pabrik vinil asetat ini digunakan pada Vaporizer (V-113), Preheater Etilena (E-116), Preheater Udara (E-119a), Heater (E-132), dan Reboiler (E-136) sebesar 2708,3872 kg/jam. Air umpan boiler disediakan berlebih sebesar 20% untuk mengganti steam yang hilang karena adanya kebocoran transmisi.

Air yang dipakai untuk membuat steam harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu tidak boleh menimbulkan buih, *priming*, *carry over*, kerak (*scale*), korosi pada pipa-pipa dan *caustic imbrittlement*. Bahan-bahanyang dapat menyebabkan beberapa hal tersebut adalah kadar *soluble matter* yang tinggi, *suspended solid*, garam-garam Ca dan Mg, silica, sulfat, asam bebas (*free acid*) dan oksida serta *organic matter*.

Persyaratan air umpan boiler sangat tergantung dari macam atau jenis boilernya. Persyaratan tersebut seperti yang terlihat pada table 8.1 dan table 8.2.

Tabel 8.1. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

| Tekanan (psia) | Total Dissolved Solid (ppm) | Alkalinity (ppm) | Hardness (ppm) | Silika (ppm) | Turbidity (ppm) | Oil (ppm) | PO ₄ Residu (ppm) |
|----------------|-----------------------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------|------------------------------|
| 0-300 | 3500 | 700 | 0 | 100-60 | 175 | 7 | 140 |
| 301-405 | 3000 | 600 | 0 | 60-45 | 150 | 7 | 120 |
| 451-600 | 2500 | 500 | 0 | 45-35 | 125 | 7 | 100 |
| 601-750 | 2000 | 400 | 0 | 35-25 | 100 | 7 | 80 |
| 751-900 | 1500 | 300 | 0 | 25-15 | 75 | 7 | 60 |
| 901-1000 | 1250 | 250 | 0 | 15-12 | 63 | 7 | 50 |
| 1001-1500 | - | 200 | 0 | 12-2 | 50 | 7 | 40 |

(Kellogs, 1980)

Selain harus memenuhi persyaratan diatas air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa adalah :

- Kesulitan pembacaan tinggi permukaan dalam boiler
- Dapat menyebabkan percikan yang kuat yang menyebabkan adanya solid- solid yang menempel dan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

b. Tidak boleh membentuk kerak dalam reboiler

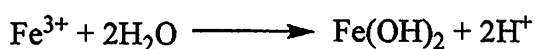
Kerak didalam boiler ini disebabkan garam-garam Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, SiO₂ dan Al₂O₃.

Kerak yang terbentuk di dinding boiler akan menyebabkan :

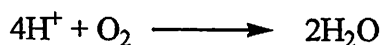
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran pada boiler akibat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

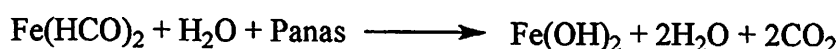
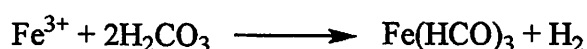


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



8.1.2. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang sudah bebas dari *suspended solid* dan mikrobiologis. Didalam industri, air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, cuci, mandi, taman, mencuci peralatan dan lantai pabrik serta pemadam kebakaran. Sebelum digunakan air bersih baik yang berasal dari air permukaan ataupun air tanah, perlu diolah terlebih dahulu. Kandungan mikrobiologis terutama jenis bakteri didalam air akan mempengaruhi kualitas air sanitasi, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah bagi kesehatan.

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, kantor, taman, peadam kebakan dan kebutuhan yang lain dengan persyaratan kualitas air seperti berikut :

1. Syarat fisika

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Lebih kecil dari 1 mg SiO₂/liter
- pH : Netral

2. Syarat kimia

Tabel 8.3. Syarat kimia air sanitasi

| No | Parameter | Maksimal Konsentrasi (ppm) |
|----|--|----------------------------|
| 1 | Zat terlarut | 1000 |
| 2 | Zat Organik (angka KMNO ₄) | 10 |
| 3 | CO ₂ Agresif | Tidak ada |
| 4 | H ₂ S | Tidak ada |
| 5 | NH ₄ ⁺ | Tidak ada |
| 6 | NO ₂ ⁻ | Tidak ada |
| 7 | SO ₃ ⁻ | 20 |
| 8 | Cl ⁻ | 250 |
| 9 | SO ₄ | 250 |
| 10 | Mg ⁺² | 125 |
| 11 | Fe ⁺² | 0,2 |
| 12 | Mn ⁺² | 0,1 |
| 13 | Ag ⁺² | 0,05 |
| 14 | Pb ⁺² | 3,0 |
| 15 | Cu ⁺² | 3,0 |
| 16 | Zn ⁺² | 5,0 |
| 17 | F ⁻ | 1-115 |
| 18 | pH | 6,5-9 |
| 19 | Kesadahan | 5-10 D° |

3. Syarat bakterologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- Angka kuman : 100/1 mL
- Bakteri coli, tidak ada dalam 100 mL

8.1.3. Air Pendingin

Air pendingin sebelum digunakan perlu diolah terlebih dahulu, baik yang berasal dari air permukaan ataupun air tanah. Kandungan bahan didalam air akan mempengaruhi sistem air pendingin, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah kerak yang menghambat perpindahan panas. Air pendingin digunakan untuk peralatan-peralatan yang memerlukan pendingin seperti *condenser* dan *cooler*. Dari total air pendingin yang diperlukan, diberikan faktor keamanan sebesar 20%. Untuk menghemat air pendingin biasanya dilakukan recycle sehingga air pendingin yang perlu disiapkan hanya berupa *make up water* yang jumlahnya diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

Di dalam pabrik vinil asetat sebagai media pendingin digunakan air pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi.

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung :

- Kesadahan (*hardness*), dapat memberikan efek pembentukan kerak
- Besi, penyebab korosi
- Silika, penyebab kerak
- Minyak, penyebab terganggunya film *corrosion inhibitor* yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas dan merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air pendingin tersebut digunakan pada Reaktor (R-110), Cooler Kondensor (E-121), Kondensor (E-133) 8322,5953 kg/jam. Penggunaan air pendingin diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

Tabel 8.4 Persyaratan Untuk Air Pendingin Resirkulasi Terbuka

| Parameter | Nilai |
|--|---------|
| 1. Konduktivitas (mhos/cm) | <1000 |
| 2. Turbiditas (ppm) | <10 |
| 3. Suspended Solid (ppm) | <10 |
| 4. Total hardness (ppm as CaCO ₃) | <100 |
| 5. Total iron (ppm as Fe) | <1.0 |
| 6. Residual chlorine (ppm as Cl ₂) | 0.5-1.0 |
| 7. Silicate (ppm as SiO ₂) | <150 |
| 8. Total Chromate (ppm as CrO ₄) | 1.5-2.5 |
| 9. pH | 6,5-7,5 |

(Sumber : Setiadi, 2007)

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam :

- Suhu (T) = 188°C
- Tekanan (P) = 174,19 Psia.

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 :

1. Tidak boleh berbuih (busa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan basa yang terlalu tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquid dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel sehingga menyebabkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas lebih lanjut.

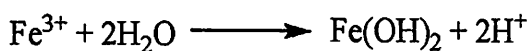
2. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan

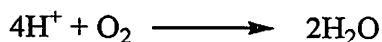
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

3. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

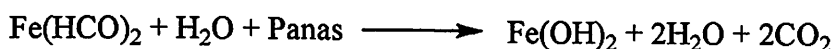
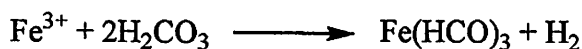


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air kawasan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air kawasan tersebut adalah sebagai berikut:

➤ Pengolahan Air Sanitasi

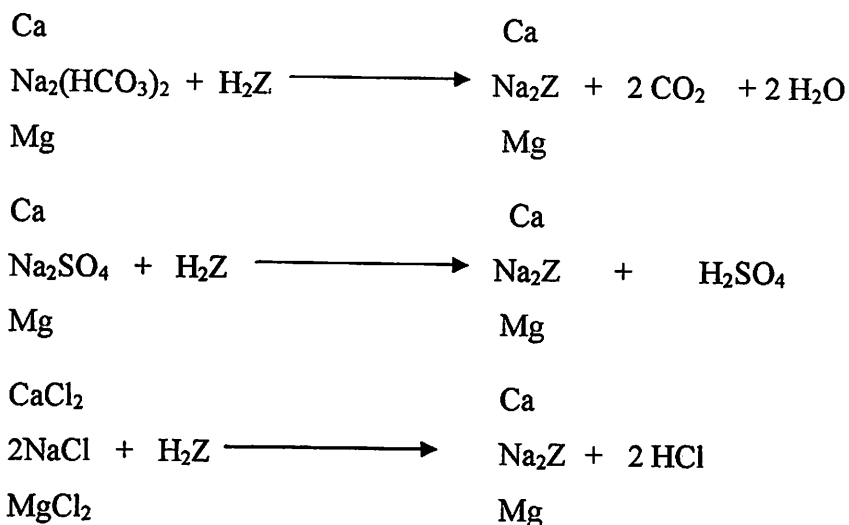
Air sungai dialirkan dengan pompa (L-211) kedalam bak sedimentasi (F-212) untuk mengendapkan kotoran, kemudian dialirkan dengan pompa (L-213) menuju bak skimmer (F-241) untuk memisahkan air dari padatan terapung. Dari bak skimmer kemudian dialirkan dengan pompa (L-215) menuju tangki clarifier (H-

216), kemudian dialirkan ke tangki sand filter (H-217) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih terkandung yang selanjutnya dialirkan ke bak air bersih (F-218). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa dengan (L-219) menuju bak klorinasi (F-241) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-243) dengan menggunakan pompa (L-242) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

➤ Pelunakan Air Umpan Boiler

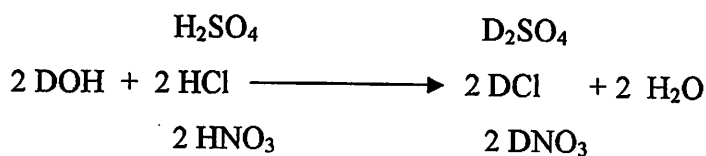
Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210 A) dan anion exchanger (D-210 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah de-acidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-212) dialirkan dengan pompa (L-221) menuju kation exchanger (D-210 A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut:



Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210 B) untuk dihilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki.

Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Sehingga keluaran dari tangki demineralisasi adalah garam-garam kalsium, natrium dan magnesium yang terikat pada kation *exchanger* dalam bentuk CaZ, NaZ dan MgZ. Sedangkan H_2SO_4 , HCl dan HNO_3 terikat pada anion *exchanger* dalam bentuk D_2SO_4 , DCl dan DNO_3 . Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah bebas dari ion-ion pengganggu.

Setelah keluar dari tangki demineralisasi, air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-222) yang selanjutnya dipompa (L-231) ke deaerator (D-232) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air siap diumpankan ke boiler (Q-230) dengan pompa (L-233). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

➤ Pengolahan Air Pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak (F-221) dipompa ke bak air pendingin (F-231) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-232). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower air di recycle ke bak air pendingin kembali.

8.3. Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik didalam Pabrik Vinil asetat dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Kebutuhan tenaga listrik Pabrik Vinil asetat bisa dipenuhi dengan cara menggunakan generator listrik yang digerakkan oleh turbin uap dan dibantu oleh PLN. Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Vinil asetat adalah 122,7680 kWh.

8.4. Pengolahan Limbah

Pada Pra Rencana Pabrik Vinil asetat ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Vinil asetat adalah :

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa H_2SO_4 sisa. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

1. Pre Treatment

Hal ini dilakukan untuk menghilangkan solid yang berat dengan cara pengendapan secara gravitasi dalam bak pengendapan.

2. Treatment Pertama

Treatment pertama dilakukan dengan menggunakan proses aerasi dengan menggunakan aerator untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair, serta dengan menggunakan lumpur aktif. Lumpur aktif ini bertujuan untuk memperbanyak bakteri pengurai limbah organik karena banyak terdapat pada lumpur aktif tersebut. Proses aerasi ini dilakukan selama beberapa jam sampai didapatkan nilai BOD, COD dan DO yang memenuhi standar yang telah ditetapkan pemerintah.

3. Treatment Kedua

Treatment kedua dilakukan apabila pH limbah cair terlalu asam atau terlalu basa, sehingga ditambahkan bahan kimia untuk menetralkan limbah cair sampai pH 7 (netral) ataupun dapat dilakukan dengan sejumlah air agar limbah cair yang dibuang ke sungai tidak terlalu asam ataupun terlalu basa.

4. Treatment Ketiga

Treatment ketiga dilakukan dengan menambahkan desinfektan berupa gas Cl_2 pada limbah cair untuk membunuh mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit.

Pada setiap treatment perlu dilakukan pengawasan secara ketat dan dilakukan analisa di laboratorium agar limbah cair yang dibuang ke sungai tidak akan mengganggu lingkungan di sekitar pabrik.

b. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari flashtank (D-120) dan pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprotkan dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitar.



BAB IX

TATA LETAK PABRIK

9.1. Tata Letak Pabrik (Plant Lay Out)

Pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor yang sangat berkaitan erat dengan efisiensi perusahaan ditinjau dari segi ekonomis, sedangkan tata letak pabrik dan tata letak peralatan proses merupakan faktor penting dalam kelancaran operasional pabrik. Lokasi yang sudah memenuhi syarat belum lah dapat menjamin pabrik tersebut akan mengalami sukses dalam operasinya, karena masih banyak faktor lain yang menentukan berhasilnya pabrik dalam menjalankan tugasnya. Salah satu dari faktor tersebut adalah plant lay out.

Plant lay out adalah pembagian ruangan atau luasan pabrik untuk peletakan bangunan dan peralatan pabrik. Bangunan dan peralatan pabrik yang dimaksud adalah storage bahan baku, ruang proses sesudah storage bahan baku sampai bahan jadi atau produk, kantor dan ruang lainnya yang menunjang pada kegiatan pabrik. Perencanaan lay out pabrik diatur sedemikian rupa untuk menunjang operasi yang baik, konstruksi yang ekonomis, ruang gerak bagi karyawan yang memadai dan keselamatan kerja bagi karyawan. Beberapa masalah khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik (plant lay out) antara lain :

1. Ruangan ditata sedemikian rupa sehingga semua pekerja dapat bergerak secara leluasa untuk menunjang operasional pabrik.
2. Proses pemindahan barang dapat diatur dengan leluasa
3. Membuat material handling menjadi semakin efisien
4. Mencegah adanya keterlambatan dalam pekerjaan pabrik
5. Bangunan dibuat meliputi tembok dan atap agar proses pekerjaan aman dari lingkungan sekitar.
6. Tata letak dibuat dengan adanya kemungkinan perluasan pabrik jika diperlukan kedepannya
7. Perancangan juga meliputi tempat penanganan bahan buangan pabrik
8. Bangunan di tata sebaik mungkin agar terhdar dari bahaya peledakan, kebakaran atau gas berbahaya
9. Tata letak fondasi bangunan ataupun peralatan proses dibuat sebaik mungkin

10. Memastikan adanya saluran udara dan adanya penerangan ruangan yang baik.

Fungsi Plant Lay Out

- Semua operasi perindustrian yang mengalami proses yang sama dan dari tipe yang sama dikerjakan dalam satu lingkungan sehingga mempercepat proses dan menghemat biaya produksi
- Produksi beraneka macam dan waktu produksi berlainan atau banyak mengalami perubahan dalam urutan operasi
- Menciptakan kelancaran kerja sehingga mempermudah proses produksi, mempercepat pengiriman bahan baku dan mempermudah operator dalam pengoperasian peralatan.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

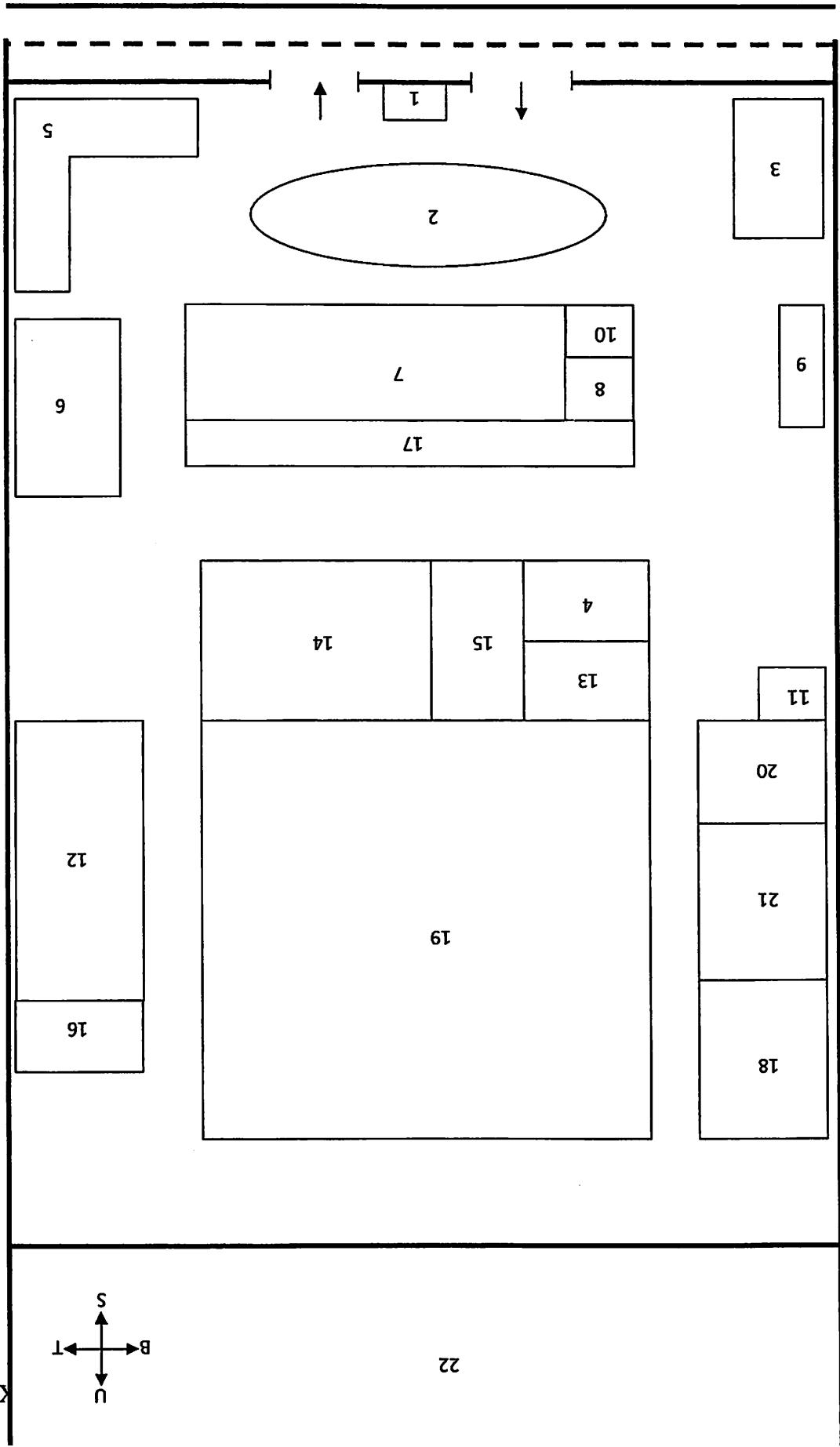
1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

9.2. Tata Letak Bangunan Pabrik

Pengaturan letak bangunan diatur sedemikian rupa, sehingga area pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan letak bangunan pabrik meliputi :

- Letak bangunan pabrik sesuai dengan urutan proses
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Letak bangunan proses dan perkantoran terpisah
- Menempatkan bahan-bahan yang berbahaya di daerah yang terisolasi
- Tersedianya lahan kosong untuk perluasan.

Rencana tata letak Pabrik Vinil Asetat dapat dilihat pada gambar 9.1.



Tabel 9.1. Jumlah luasan tanah dan bangunan pabrik etilen glikol

| No | Keterangan | Luas (m ²) |
|----|--------------------------|------------------------|
| 1 | Pos Keamanan | 20 |
| 2 | Taman | 300 |
| 3 | Tempat ibadah | 150 |
| 4 | Laboratorium | 80 |
| 5 | Parkir depan | 200 |
| 6 | Gedung serba guna (aula) | 200 |
| 7 | Kantor Pusat | 300 |
| 8 | Poliklinik | 30 |
| 9 | Kantin | 80 |
| 10 | Toilet | 30 |
| 11 | Toilet | 30 |
| 12 | Utilitas | 500 |
| 13 | Departemen Teknik | 50 |
| 14 | Area bahan baku | 300 |
| 15 | Ruang instrumentasi | 200 |
| 16 | Power plant | 150 |
| 17 | Parkir belakang | 200 |
| 18 | Pengolahan limbah | 200 |
| 19 | Area Produksi | 1500 |
| 20 | Gudang Peralatan | 200 |
| 21 | Gudang Produk | 300 |
| 22 | Area Perluasan | 800 |
| 23 | Tanah sisa dan jalan | 2000 |

Jumlah total luas tanah dan bangunan adalah 7.140 m²

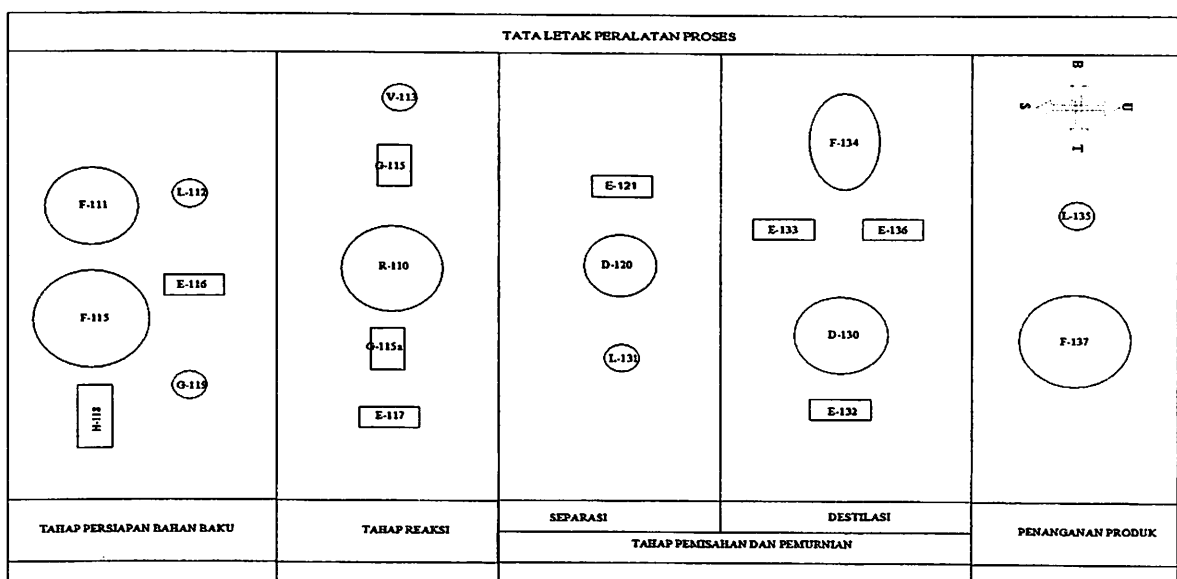
9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik

Desain tata letak peralatan pabrik atau *equipment lay out* menjadi sangat penting karena berpengaruh pada efisiensi pabrik, yang berkaitan dengan ruang dan waktu operasi maupun sistem perpipaanya. Tata ruang peralatan proses secara umum berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan bekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan ruang peralatan proses pabrik (*equipment lay out*), antara lain :

- Jarak yang cukup antara satu alat dengan alat proses lainnya untuk memudahkan melakukan pengamatan, perawatan dan menjamin keselamatan kerja bagi operator
- Urutan peralatan proses sesuai dengan fungsinya agar tidak menyulitkan pengoperasian
- Kenyamanan suasana ruangan pabrik walaupun banyak timbunan barang

- Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi dimana pemasangan sistem elevasi perlu memperhatikan ketinggian minimal 3 meter agar tidak mengganggu lalu lintas karyawan
- Aliran udara disekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja
- Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai apabila pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus
- Ruang gerak pekerja harus leluasa agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan dapat segera teratasi selain itu pengaturan peralatan dilakukan untuk mempertimbangkan kerusakan alat (*trouble shooting*)
- Efektifitas dan efisiensi agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi
- Jarak antar alat proses misalnya untuk peralatan proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat yang lainnya agar bila terjadi kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya.

Rencana tata letak peralatan pabrik vinil asetat dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Tata Letak Alat Pabrik Vinil Asetat

Keterangan :

1. F-111 : Storage asam asetat
2. L-112 : Pompa
3. V-113 : Vaporizer
4. G-115 : Kompresor
5. F-115 : Storage etilena
6. E-116 : Heater
7. G-119 : Blower
8. E-117 : Heater
9. G-115a : Kompresor
10. R-110 : Reaktor
11. E-121 : Cooler
12. D-120 : Flash tank
13. L-131 : Pompa
14. E-132 : Heater
15. D-130 : Kolom distilasi
16. E-133 : Kondensor
17. E-136 : Reboiler
18. F-134 : Akumulator
19. L-135 : Pompa
20. F-137 : Storage produk



BAB X

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Masalah organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektivitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Dalam upaya peningkatan efektivitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang. (Madura, 2000)

Struktur organisasi merupakan susunan sistem hubungan antar posisi kepemimpinan yang ada dalam organisasi. Hal ini merupakan hasil pertimbangan dan kesadaran tentang pentingnya perencanaan atas penentuan kekuasaan, tanggung jawab, spesialisasi setiap anggota organisasi. (Budiasih, 2012)

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang tinggi, diperlukan elemen dasar yang berfungsi sebagai penunjang dalam menjalankan suatu perusahaan untuk mencapai tujuannya. Unsur-unsur dari elemen tersebut terdiri dari:

- Manusia (*man*)
- Bahan (*material*)
- Mesin (*machine*)
- Metode (*methode*)
- Uang (*money*)
- Pasar (*market*)

10.1. Dasar Perusahaan

| | |
|--------------------|---|
| Bentuk Perusahaan | : Perseroan Terbatas (PT) |
| Status Perusahaan | : Swasta |
| Hasil Produksi | : Vinil Asetat |
| Kapasitas Produksi | : 80.000 ton / tahun |
| Lokasi Pabrik | : Jl. Raya Anyar KM 122, Ds. Gunung Sugih, Kec. |

Ciwandan, Kodya Cilegon, Banten.

10.2. Bentuk Perusahaan

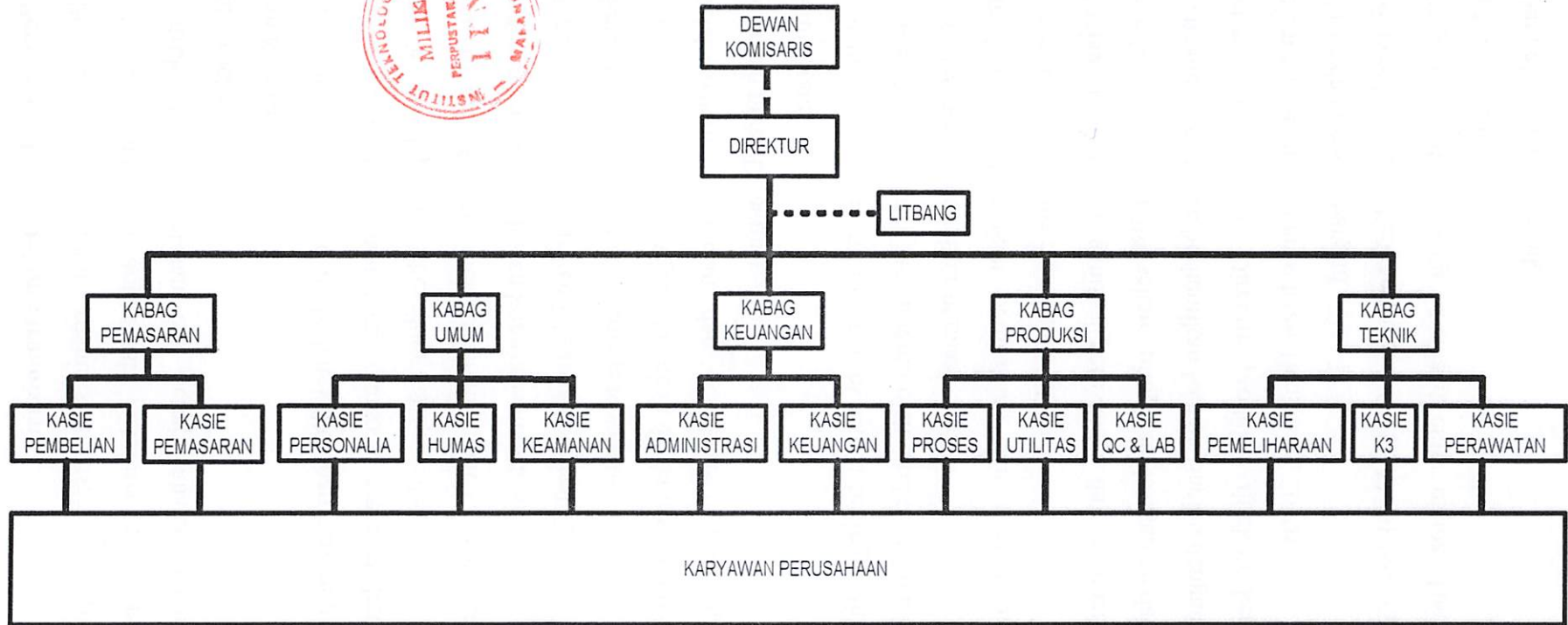
Pabrik Vinil Asetat yang akan direncanakan ini merupakan perusahaan swasta bersekala nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). PT adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 Tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya. Bentuk ini dipilih karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu:

- Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.
- Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual sahamnya kepada orang lain.
- Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham.
- Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap hutang perusahaan.
- Penempatan pemimpin atas kemampuan pelaksanaan tugas.

10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staf, alasan pemakaian sistem ini adalah :

- Struktur organisasinya sederhana dan mudah dipahami
- Wewenang dan tanggung jawab untuk setiap posisi jelas
- Setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang pemimpin
- Disiplin yang tegas
- Keputusan dapat diberikan secepat mungkin
- Setiap karyawan melaksanakan perintah langsung dari pimpinan dengan bebas tanpa kritik sehingga menciptakan kondisi kerja yang harmonis. (Kusnarjo, 2010)



Gambar 10.1. Struktur organisasi pra rencana pabrik vinyl asetat

10.4. Pembagian Kerja Dalam Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi perusahaan merupakan pembagian tugas, jabatan dan tanggung jawab antara satu pengurus dengan pengurus yang lain sesuai dengan strukturnya. Penjelasan dari setiap jabatan dalam organisasi perusahaan diterangkan sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang mewakili pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan. Tugas dewan komisaris antara lain:

- Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan rapat tahunan pemegang saham.
- Meminta laporan pertanggungjawaban direktur secara berkala.
- Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi di perusahaan dimana dalam menjalankan tugas sehari-hari dibantu oleh direktur teknik dan direktur administrasi. Tugas dan wewenang direktur utama:

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan kepada pemegang saham pada masa akhir jabatan
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan RUPS
- Bekerja sama dengan Direktur produksi, direktur keuangan dan administrasi dalam menjalankan perusahaan. (Kusnarjo, 2010)

3. Penelitian dan Pengembangan

Devisi Penelitian dan Pengembangan (LITBANG) bersifat independen. Devisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Tugas dan wewenang divisi LITBANG adalah:

- Mempelajari mutu produk

- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembangan produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk kesuatu tempat
- Mempertinggi efisiensi kerja.

4. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Teknik dan Produksi diangkat dan diberhentikan oleh Direktur Utama.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah :

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi, teknik dan pemasaran
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

5. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager Produksi dan Teknik. Tugas Direktur Administrasi dan Keuangan adalah:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dan bidang keuangan serta pelayanan umum
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

6. Kepala Bagian

- Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian teknik adalah kepala bagian yang bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan.

Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

- a. Seksi Pemeliharaan

Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses.

- b. Seksi Perawatan

Bertugas untuk merawat, memelihara gedung, taman dan peralatan proses termasuk utilitas serta bertugas dalam memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi.

c. Seksi K₃

Bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja termasuk memberikan pelatihan-pelatihan keselamatan kerja. (Kusnarjo, 2010)

• Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi adalah kepala bagian yang bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

a. Seksi Proses

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh divisi yang berwenang.

b. Seksi QC dan Laboratorium

- Mengawasi dan menganalisa mutu serta bahan pembuatan
- Mengawasi serta menganalisa mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
- Membuat laporan berkala kepada Manager Produksi.

c. Seksi Utilitas

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik.

• Kepala Bagian Umum

Bertanggungjawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Seksi-seksi yang dibawahinya meliputi:

a. Seksi Personalia

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antar pekerja dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.

b. Seksi Keamanan

- Menjaga semua bagian pabrik dan fasilitas perusahaan

- Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan.

c. Seksi Humas

Mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah. (Kusnarjo, 2010)

- Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab kepada direktur produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Seksi-seksi yang dibawahinya meliputi:

a. Seksi Pembelian

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan pemasaran
- Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

b. Seksi Pemasaran

- Merencanakan strategi hasil produksi
- Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang.

- Kepala Bagian Keuangan

Bertanggungjawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan. Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

a. Seksi Administrasi

Bertugas untuk menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.

b. Seksi Keuangan

Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengatur uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan.

10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jamianan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan karyawan tidak dapat melakukan pekerjaan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah:

a. Tunjangan

- Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukan dan lama pengabdianya kepada perusahaan.

- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan. (Kusnarjo, 2010)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Unuk 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 pengantian ongkos pengobatan penuh.

d. *Insentiv* atau bonus

Insentiv diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya *intensive* ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian *insentiv* untuk golongan pelaksana operasi diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan 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 diatas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan. (Kusnarjo, 2010)

10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik vinil asetat direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah *shut down*.

a. Pegawai *non shift*

Bekerja selama 5 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari Sabtu, 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 – 17.00 (istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 17.00 (istirahat : 11.00 – 13.00)

b. 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 : 23.00 – 07.00
- Shift II : 07.00 – 15.00
- Shift III : 15.00 – 23.00

Jam kerja bergiliran berlaku bagi karyawan. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, setiap karyawan shift dibagi menjadi empat regu dimana tiga regu kerja dan satu regu istirahat. Pada hari Minggu dan libur nasional karyawan shift tetap bekerja dan libur 1 hari setelah tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada table 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal jam kerja karyawan pabrik

| Regu | Hari | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A | I | I | I | II | II | II | - | - | III | III | III | - |
| B | II | II | II | - | - | III | III | III | - | I | I | I |
| C | - | - | III | III | III | - | I | I | I | II | II | II |
| D | III | III | - | I | I | I | II | II | II | - | - | II |

Keterangan : I = Pagi, II = siang, III = Malam, - = Libur

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawan, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya. (Kusnarjo, 2010)

10.7. Status Karyawan dan Sistem Pengupahan

Pabrik Vinil asetat mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalam kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja)
6. Upah minimum regional

Berdasarkan kriteria diatas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya dimana status kepegawaian terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Karyawan regular

Karyawan regular 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 manager pabrik berdasarkan nota persetujuan manager pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan. (Kusnarjo, 2010)

10.8. Perincian Jumlah Karyawan Operasional

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang ada. Pada Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Proses Utama

1. Penyediaan bahan baku terdiri dari

- Storage tank
- Transportasi

2. Tahap reaksi

3. Tahap pemisahan

4. Tahap penanganan produk

b. Tahap Tambahan atau Pembantu

1. Laboratorium

2. Utilitas terdiri dari

- Pengolahan air
- Boiler
- Pengolahan limbah
- Listrik
- Pemeliharaan

Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga kerja operasional adalah 5 tahap.

Step dalam proses = 5 tahap

Jumlah hari kerja dalam 1 tahun = 330 hari kerja

$$\text{Kapasitas produksi (P)} = \frac{80.000 \text{ ton/tahun}}{330 \text{ hari/tahun}} = 242,4242 \text{ ton/hari}$$

Berdasarkan Vilbrand and Dryden Fig. 6.35 halaman 235, didapatkan:

$$M = 24,4P^{0,25}$$

$$M = 24,4 \times (242,4242)^{0,25}$$

$$M = 96,2795 \text{ orang.jam/hari} = 97 \text{ orang.jam/hari}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 5 tahap, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 97 \text{ orang.jam/hari} \times 5 \text{ tahap} \\ &= 485 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Karena setiap hari ada 3 shift dimana karyawan shift bekerja 8 jam/hari, maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses} &= \frac{485 \text{ orang.jam}}{\text{hari}} \times \frac{1}{3 \text{ shift/hari}} \times \frac{1}{8 \text{ jam}} \\ &= 20,2083 \text{ orang/shift.hari} = 21 \text{ orang/shift.hari} \end{aligned}$$

Karena terdapat 4 regu shift, maka karyawan proses yang bekerja perhari adalah:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 21 \text{ orang/shift.hari} \times 4 \text{ shift} \\ &= 84 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

Sedangkan jumlah karyawan keseluruhan pabrik vinil asetat seperti berikut:

Tabel 10.2. Perincian kebutuhan tenaga kerja pabrik vinil asetat

| No. | Jabatan | SMA | D3 | S1 | S2 |
|-----|-------------------------|-----|----|----|----|
| 1. | Dewan komisaris | | | 2 | |
| 2. | Direktur Utama | | | 1 | |
| 3. | Direktur Teknik | | | | 2 |
| 4. | Direktur Administrasi | | | 1 | |
| 5. | Staf Litbang | | | 4 | |
| 6. | Sekretaris Direktur | | 4 | | |
| 7. | Kabag Teknik | | | | 1 |
| 8. | Kasie Perawatan | | | 1 | |
| 9. | Karyawan Perawatan | | 10 | | |
| 10. | Kasie Utilitas | | | 1 | |
| 11. | Karyawan Utilitas | | 15 | | |
| 12. | Kasie K ₃ | | | 1 | |
| 13. | Karyawan K ₃ | | 2 | | |
| 14. | Kabag Produksi | | | 1 | |
| 15. | Kasie Proses | | | 1 | |
| 16. | Karyawan Proses | | 50 | | |
| 17. | Kasie Gudang | | | 1 | |

| | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------------|-----|----|---|
| 18. | Karyawan Gudang | | 10 | | |
| 19. | Kasie QC & Lab | | | 1 | |
| 20. | Karyawan QC & Lab | | 8 | | |
| 21. | Kabag Pemasaran | | | 1 | |
| 22. | Kasie Market & Riset | | | 1 | |
| 23. | Karyawan Market & Riset | | 5 | | |
| 24. | Kasie Pemasaran | | | 1 | |
| 25. | Karyawan Pemasaran | | 5 | | |
| 26. | Kabag Umum | | | 1 | |
| 27. | Kasie Personalia | | | 1 | |
| 28. | Karyawan Personalia | | | 3 | |
| 29. | Kasie Humas | | | 1 | |
| 30. | Karyawan Humas | | 4 | | |
| 31. | Kasie Kesejahteraan Pekerja | | | 1 | |
| 32. | Karyawan Kesejahteraan Pekerja | | 2 | | |
| 33. | Kasie Keamanan | 1 | | | |
| 34. | Karyawan Keamanan | 16 | | | |
| 35. | Kabag Keuangan | | | 1 | |
| 36. | Kasie Keuangan & Pembukuan | | | 1 | |
| 37. | Karyawan Keuangan & Pembukuan | | 5 | | |
| 38. | Kasie Penyediaan & Pembelian | | | 1 | |
| 39. | Karyawan Penyediaan & Pembelian | | 4 | | |
| 40. | Dokter | | | 2 | |
| 41. | Karyawan Poliklinik | | 8 | | |
| 42. | Karyawan Kebersihan & Taman | 8 | | | |
| 43. | Karyawan Parkir | 4 | | | |
| 44. | Sopir | 4 | | | |
| Jumlah | | 33 | 122 | 28 | 3 |
| Total Karyawan | | 198 | | | |

10.9. Gaji Karyawan

Tabel 10.3. Daftar gaji karyawan per Bulan

| No. | Jabatan | Jumlah | Gaji (Rp) | |
|-----|-------------------------|--------|----------------|-------------|
| | | | Per Orang (Rp) | Total (Rp) |
| 1. | Dewan komisaris | 2 | 25.000.000 | 50.000.000 |
| 2. | Direktur Utama | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| 3. | Direktur Teknik | 2 | 15.000.000 | 30.000.000 |
| 4. | Direktur Administrasi | 1 | 10.000.000 | 10.000.000 |
| 5. | Staff Litbang | 4 | 9.000.000 | 36.000.000 |
| 6. | Sekretaris Direktur | 4 | 5.000.000 | 20.000.000 |
| 7. | Kabag Teknik | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |
| 8. | Kasie Perawatan | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 9. | Karyawan Perawatan | 10 | 3.500.000 | 35.000.000 |
| 10. | Kasie Utilitas | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |
| 11. | Karyawan Utilitas | 15 | 3.500.000 | 52.500.000 |
| 12. | Kasie K ₃ | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 13. | Karyawan K ₃ | 2 | 3.000.000 | 6.000.000 |
| 14. | Kabag Produksi | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |
| 15. | Kasie Proses | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 16. | Karyawan Proses | 50 | 4.000.000 | 200.000.000 |
| 17. | Kasie Gudang | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 18. | Karyawan Gudang | 10 | 3.000.000 | 30.000.000 |
| 19. | Kasie QC & Lab | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 20. | Karyawan QC & Lab | 8 | 3.500.000 | 28.000.000 |
| 21. | Kabag Pemasaran | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |
| 22. | Kasie Market & Riset | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 23. | Karyawan Market & Riset | 5 | 3.000.000 | 15.000.000 |
| 24. | Kasie Pemasaran | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 25. | Karyawan Pemasaran | 5 | 3.000.000 | 15.000.000 |
| 26. | Kabag Umum | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |

| | | | | |
|---------------|---------------------------------|------------|-----------|--------------------|
| 27. | Kasie Personalia | 1 | 7.000.000 | 7.00.0000 |
| 28. | Karyawan Personalia | 3 | 6.000.000 | 18.000.000 |
| 29. | Kasie Humas | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 30. | Karyawan Humas | 4 | 3.000.000 | 12.000.000 |
| 31. | Kasie Kesejahteraan Pekerja | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 32. | Karyawan Kesejahteraan Pekerja | 2 | 3.000.000 | 6.000.000 |
| 33. | Kasie Keamanan | 1 | 2.900.000 | 2.900.000 |
| 34. | Karyawan Keamanan | 16 | 2.800.000 | 44.800.000 |
| 35. | Kabag Keuangan | 1 | 7.500.000 | 7.500.000 |
| 36. | Kasie Keuangan & Pembukuan | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 37. | Karyawan Keuangan & Pembukuan | 5 | 3.500.000 | 17.500.000 |
| 38. | Kasie Penyediaan & Pembelian | 1 | 7.000.000 | 7.000.000 |
| 39. | Karyawan Penyediaan & Pembelian | 4 | 3.000.000 | 12.000.000 |
| 40. | Dokter | 2 | 8.000.000 | 16.000.000 |
| 41. | Karyawan Poliklinik | 8 | 3.000.000 | 24.000.000 |
| 42. | Karyawan Kebersihan & Taman | 8 | 2.760.000 | 22.080.000 |
| 43. | Karyawan Parkir | 4 | 2.760.000 | 11.040.000 |
| 44. | Sopir | 4 | 2.760.000 | 11.040.000 |
| Jumlah | | 198 | | 873.860.000 |



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Vinil asetat tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Etilen Glikol adalah sebagai berikut :

1. *Return of Invesment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Internal Rate of Return (IRR)*

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Invesment*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Invesment*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Invesment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran harga alat

11.1. Faktor - Faktor Penentu

11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

a. Modal Tetap (FCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

- a. Direct Cost

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Service Facilities
- Tanah

b. Indirect cost

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi

b. Modal Kerja (WCI)

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik, dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Pengemasan produk
- Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain
- Pajak yang harus dibayar
- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas.

Sehingga : $TCI = FCI + WCI$

11.1.2. Penentuan Biaya Produksi

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

a. Biaya Pembuatan

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

b. Biaya Pengeluaran Umum

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

Biaya tetap

Yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Yang termasuk biaya tetap antara lain :

- Bunga Bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

Biaya semi variabel (SVC)

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain :

- Biaya utilitas
- Biaya bahan baku
- Gaji karyawan
- Supervisor
- Pemeliharaan dan perbaikan

11.1.3. Penaksiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk

mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Vinil asetat ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984) dan (<http://www.che.com/EquipCost/index.htm> - 2013).

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Biaya Langsung (DC)

| | | | | | |
|-----|-----------------------------------|--------------|---------|-----|-----------------|
| 1. | Harga peralatan | | (E) = | Rp. | 42,810,206,094 |
| 2. | Instrument dan alat kontrol | 25% | E = | Rp. | 10,702,551,524 |
| 3. | Isolasi | 8% | E = | Rp. | 3,424,816,488 |
| 4. | Perpipaan terpasang | 50% | E = | Rp. | 21,405,103,047 |
| 5. | Listrik terpasang | 15% | E = | Rp. | 6,421,530,914 |
| 6. | Harga FOB | (jumlah 1-5) | (F) = | Rp. | 84,764,208,067 |
| 7. | Ongkos angkutan kapal laut | 10% | F = | Rp. | 8,476,420,807 |
| 8. | Harga C dan F | (jumlah 6-7) | (G) = | Rp. | 93,240,628,873 |
| 9. | Biaya asuransi | 1% | G = | Rp. | 932,406,289 |
| 10. | Harga CIF | (jumlah 8-9) | (H) = | Rp. | 94,173,035,162 |
| 11. | Biaya angkut barang ke plant | 10% | H = | Rp. | 9,417,303,516 |
| 12. | Pemasangan alat | 40% | E = | Rp. | 17,124,082,438 |
| 13. | Bangunan pabrik | 40% | E = | Rp. | 17,124,082,438 |
| 14. | Service facilities | 40% | E = | Rp. | 17,124,082,438 |
| 15. | Tanah | 5% | E = | Rp. | 2,140,510,305 |
| 16. | Biaya langsung (DC)(jumlah 10-15) | | = | Rp. | 157,103,096,296 |

Biaya Tak Langsung (IC)

| | | | | | |
|-----|---------------------------|-----|------|-----|----------------|
| 17. | Engineering dan Supervisi | 15% | DC = | Rp. | 23,565,464,444 |
| 18. | Kontruksi | 20% | DC = | Rp. | 31,420,619,259 |

Total Modal Tak Langsung (IC) = Rp. 54,986,083,704

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp } 44,150,212,791 \quad + \quad \text{Rp } 54,986,083,704 \\
 &= \text{Rp } 212,089,180,000
 \end{aligned}$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WC} &= 15\% \times \text{FCI} \\ &= 15\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \\ &= \text{Rp } 31,813,377,000 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WC} \\ &= \text{Rp } 212,089,180,000 + \text{Rp } 31,813,377,000 \\ &= \text{Rp } 243,902,557,000 \end{aligned}$$

f. Modal Perusahaan

| | | | | |
|---------------------|-----|-----|---|--------------------|
| Modal sendiri (MS) | 60% | TCI | = | Rp 146,341,534,200 |
| Modal pinjaman (MP) | 40% | TCI | = | Rp 97,561,022,800 |

Penentuan Total Capital Investment (TPC)

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

| | | | | |
|-----------------------------------|-----|------|---|-----------------------|
| - Bahan Baku | | | = | Rp. 1,200,849,539,942 |
| - Tenaga Kerja | | (TK) | = | Rp. 10,486,320,000 |
| - Supervisi | 15% | TK | = | Rp. 1,572,948,000 |
| - Utilitas | | | = | Rp. 7,016,973,190 |
| - Pemeliharaan dan perbaikan (PP) | 10% | FCI | = | Rp. 21,208,918,000 |
| - Penyediaan operasi | 12% | PP | = | Rp. 2,545,070,160 |
| - Laboratorium | 15% | PP | = | Rp. 3,181,337,700 |
| - Patent dan Royalti | 5% | TPC | = | Rp. 0,05 TPC |
| Biaya Produksi Langsung | | | = | Rp. 1,246,861,106,992 |
| | | | | + 0,05 TPC |

b. Biaya Tetap (FC)

| | | | | |
|------------------------------------|-------|-----|---|--------------------|
| - Depresiasi alat | 10% | FCI | = | Rp. 21,208,918,000 |
| - Depresiasi bangunan | 3% | FCI | = | Rp. 6,362,675,400 |
| - Pajak kekayaan | 3% | FCI | = | Rp. 6,362,675,400 |
| - Asuransi | 1,0% | FCI | = | Rp. 2,120,891,800 |
| - Bunga bank | 10,0% | MP | = | Rp. 9,756,102,280 |
| Biaya Tetap (Fixed Cost/FC) | | | = | Rp. 45,811,262,880 |

c. Biaya Overhead Pabrik

$$\text{Biaya Overhead} = 70\% \text{ TK} + \text{PP} = \text{Rp. } 22,186,666,600$$

d. Biaya pengeluaran umum (GE)

| | | |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| - Administrasi (15% PP) | = Rp. | 4,990,227,900 |
| - Distribusi dan pemasaran (10% TPC) | = Rp. | 0,1 TPC |
| - Litbang (5% TPC) | = Rp. | 0,05 TPC |
| Biaya Pengeluaran Umum (GE) | = Rp. | 4,990,227,900 |
| | | + 0,15 TPC |

e. Biaya Produksi Total (TPC)

| | | |
|-----|---|---------------------------------|
| TPC | = | DPC + FC + Biaya Overhead + GE |
| | = | Rp 1,319,849,264,372 + 0,20 TPC |
| TPC | = | Rp 1,649,811,580,465 |

| | | | |
|-----------|---|----------------------|--------|
| Maka, DPC | = | Rp 1,246,861,106,992 | + 0,05 |
| | = | Rp 1,329,351,686,015 | |
| GE | = | Rp 4,990,227,900 | + 0,15 |
| | = | Rp 252,461,964,970 | |

ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-undang ketentuan umum dan tata cara perpajakan (UU no.6/1983) :

- 15% untuk laba sampai Rp. 25.000.000,-
- 25% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 40% Untuk laba > Rp. 50.000.000

Asumsi yang diambil adalah :

- a. Bunga kredit sebesar 13,5 % per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi :

| | | | |
|-----------|---|------|----------------|
| Tahun I | : | 60% | produksi total |
| Tahun II | : | 80% | produksi total |
| Tahun III | : | 100% | produksi total |

1. Laba Perusahaan

Labanya Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp } 1,689,600,000,000 \text{ (kapasitas 100\%)}$$

$$\begin{aligned} \text{Labanya kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp } 1,689,600,000,000 - \text{Rp } 1,649,811,580,465 \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak penghasilan} &= 40\% \times \text{Labanya kotor} \\ &= 40\% \times \text{Rp } 39,788,419,535 \\ &= \text{Rp } 15,915,367,814 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Labanya Bersih} &= \text{Labanya kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 - 15,915,367,814 \\ &= \text{Rp } 23,873,051,721 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_{Abt}) :

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Labanya kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 + \text{Rp } 21,208,918,000 \\ &= \text{Rp } 60,997,337,535 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_{Aat}) :

$$\begin{aligned} C_{Aat} &= \text{Labanya bersih} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 23,873,051,721 + \text{Rp } 21,208,918,000 \\ &= \text{Rp } 45,081,969,721 \end{aligned}$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Labanya kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 39,788,419,535}{\text{Rp } 212,089,180,000} \times 100\% = 18,76\% \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$ROI_{AT} = \frac{\text{Labanya bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Rp } 23,873,051,721}{\text{Rp } 212,089,180,000} \times 100\% \\
 &= 11,26\% \quad \text{dari modal investasi} \\
 &= 11,26\% \times \text{Rp } 243,902,557,000 = \text{Rp } 27,454,009,479
 \end{aligned}$$

Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari labayang dihitung, dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned}
 \text{POT}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sbelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp } 212,089,180,000}{\text{Rp } 60,997,337,535} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 3,4 \text{ tahun} \\
 \text{POT}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp } 212,089,180,000}{\text{Rp } 60,997,337,535} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 4,7 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

4. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

a. **Biaya Tetap (FC)**

FC = Rp 12,874,202,050

b. **Biaya Variabel (VC)**

Bahan Baku pertahun = Rp 1,200,849,539,942

Biaya Utilitas pertahun = Rp 7,016,973,190

Total Biaya Variabel (VC) = Rp 1,207,866,513,132

c. **Biaya Semi Variabel (SVC)**

Biaya Umum (GE) = Rp 252,461,964,970

Biaya Overhead = Rp 22,186,666,600

| | | |
|--|---|---------------------------|
| Penyediaan operasi | = | Rp 2,545,070,160 |
| Biaya laboratorium | = | Rp 3,181,337,700 |
| Gaji karyawan langsung | = | Rp 10,486,320,000 |
| Supervisi | = | Rp 1,572,948,000 |
| Perawatan dan Pemeliharaan | = | Rp 21,208,918,000 |
| Royalti | = | Rp 16,498,115,805 |
| Total Biaya Semi Variable (SVC) | = | Rp 330,141,341,234 |

d. Harga Penjualan (S)

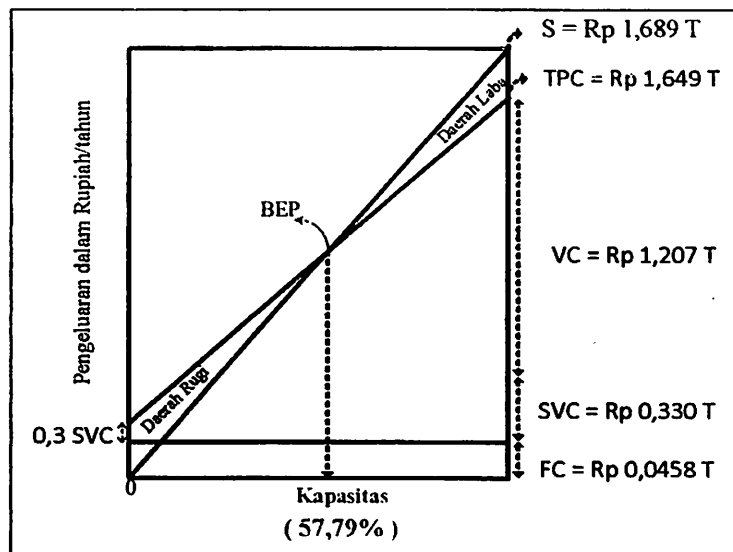
S = Rp 1,689,600,000,000

maka,

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= 57,79\%
 \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 57,79% × 80,000 ton/tahun
 = 46,236 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Formaldehid berada diantara nilai 40-60% sehingga nilai BEP diatas memadai.



Gambar 11.1. Grafik Break Even Point

Untuk produksi tahun pertama kapasitas 60% dari kapasitas yang sebenarnya sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

- PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)
- PB = keuntungan pada kapasitas 100%
- % kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp 23,873,051,721} = \frac{[100 - 57,79\%] - [100\% - 60\%]}{[100 - 57,79\%]}$$

$$PBi = Rp 5,295,156$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp 5,295,156 + Rp 21,208,918,000 \\ &= Rp 21,214,213,156 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun kedua kapasitas

keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

- PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)
- PB = keuntungan pada kapasitas 100%
- % kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp 23,873,051,721} = \frac{[100 - 57,79\%] - [100\% - 80\%]}{[100 - 57,79\%]}$$

$$PBi = Rp 53,318,811$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp 53,318,811 + Rp 21,208,918,000 \\ &= Rp 21,262,236,811 \end{aligned}$$

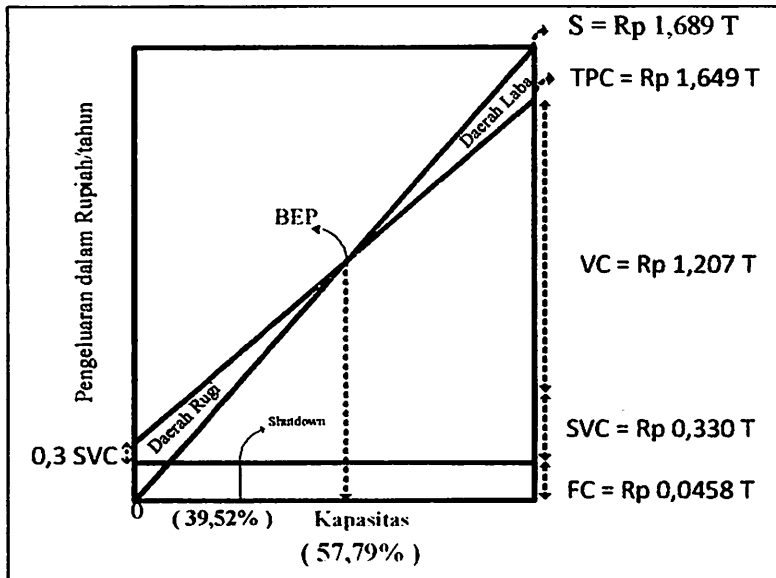
5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned}
 \text{SDP} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \\
 &= 39,52\%
 \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

$$\begin{aligned}
 &= 39,52\% \times \text{Rp } 1,689,600,000,000 \\
 &= \text{Rp } 667,673,488,661
 \end{aligned}$$



Gambar 11.2. Grafik Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

dengan nilai investasi sekarang.

Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun,

(tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%) :

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\
 &= 40\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \times 1,21 \\
 &= \text{Rp } 102,651,163,120
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1 \\
 &= 60\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \times 1,1000 \\
 &= \text{Rp } 139,978,858,800
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= -C_{A-1} - C_{A-2} \\
 &= -Rp139,978,858,800 - Rp 102,651,163,120 \\
 &= -Rp 242,630,021,920
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1+i)^n}$$

- Dimana :
- F_d = Faktor diskon
 - C_A = cash flow setelah pajak
 - i = tingkat bunga bank
 - n = tahun ke-n

| Tahun ke - | Cash Flow (C_A) (Rp) | F_d $i = 10\%$ | NPV (Rp) |
|--------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| 0 | -68,185,588,634 | 1,0 | -242,630,021,920 |
| 1 | 5,964,464,098 | 0,91 | 19,285,648,323 |
| 2 | 5,983,492,264 | 0,83 | 17,572,096,538 |
| 3 | 15,421,462,515 | 0,75 | 33,870,751,105 |
| 4 | 15,421,462,515 | 0,68 | 30,791,591,914 |
| 5 | 15,421,462,515 | 0,62 | 27,992,356,285 |
| 6 | 15,421,462,515 | 0,56 | 25,447,596,623 |
| 7 | 15,421,462,515 | 0,51 | 23,134,178,748 |
| 8 | 15,421,462,515 | 0,47 | 21,031,071,589 |
| 9 | 15,421,462,515 | 0,42 | 19,119,155,990 |
| 10 | 15,421,462,515 | 0,39 | 17,381,050,900 |
| WCI | | | 31,813,377,000 |
| Total | | | 24,808,853,097 |

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan

7. IRR (Internal Rate Of Return)

| Tahun ke - | Cash Flow (C _A) (Rp) | NPV ₁ (Rp) i = 0,15 | NPV ₂ (Rp) i = 0,18 |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | -242,630,021,920 | -242,630,021,920 | -242,630,021,920 |
| 1 | 21,214,213,156 | 18,447,141,875 | 17,978,146,742 |
| 2 | 21,262,236,811 | 16,077,305,717 | 15,270,207,419 |
| 3 | 45,081,969,721 | 29,642,126,882 | 27,438,278,573 |
| 4 | 45,081,969,721 | 25,775,762,506 | 23,252,778,452 |
| 5 | 45,081,969,721 | 22,413,706,527 | 19,705,744,451 |
| 6 | 45,081,969,721 | 19,490,179,589 | 16,699,783,433 |
| 7 | 45,081,969,721 | 16,947,982,251 | 14,152,358,842 |
| 8 | 45,081,969,721 | 14,737,375,870 | 11,993,524,442 |
| 9 | 45,081,969,721 | 12,815,109,452 | 10,164,003,764 |
| 10 | 45,081,969,721 | 11,143,573,437 | 8,613,562,512 |
| WCI | | 31,813,377,000 | 31,813,377,000 |
| Total | | -23,326,380,815 | -45,548,256,289 |

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dimana :

i_1 = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

i_2 = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

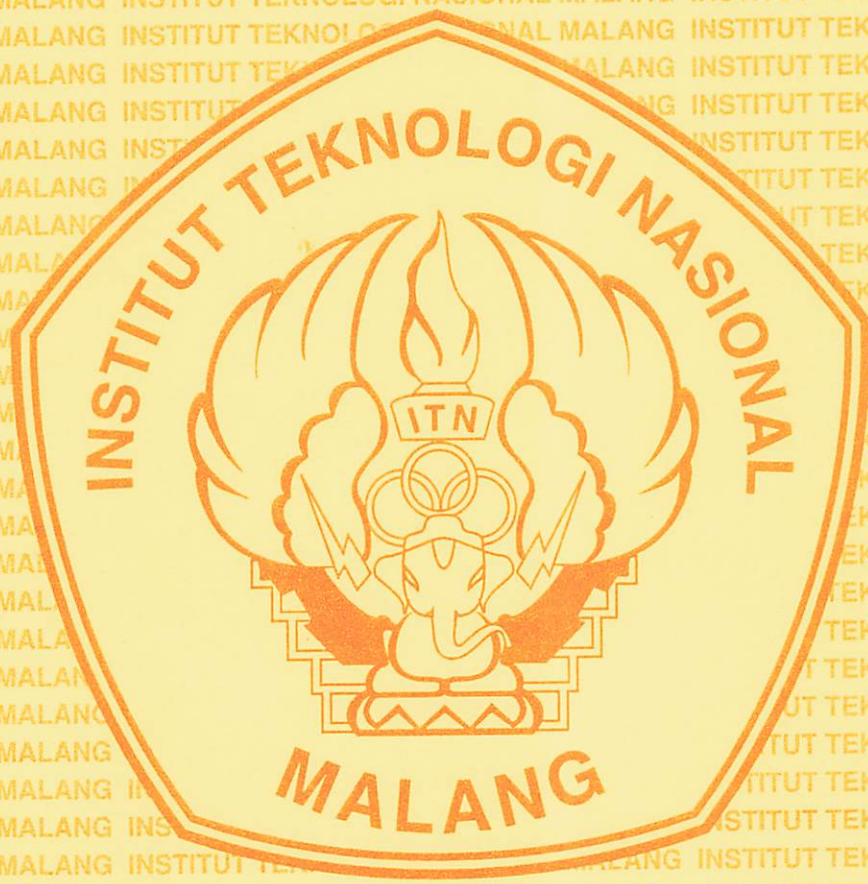
Sehingga,

$$IRR = 18\% + \frac{-45,548,256,289}{-45,548,256,289 - (-23,326,380,815)} \times \{0,18-0,15\}$$

$$= 24,15\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai IRR 24,15% per tahun

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (13,5%), maka Pabrik Vinil asetat ini layak didirikan.



BAB XII

KESIMPULAN

Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat ini diharapkan akan mencapai hasil produksi yang sesuai dengan tujuan, sehingga dari hasil produksi tersebut akan dapat memenuhi konsumsi dalam negeri dan diharapkan dapat menembus pasaran dunia sehingga dapat menembah devisa negara dari nilai eksportnya.

Dari hasil analisa, Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat ini cukup menguntungkan. Kesimpulan ini dapat diambil dengan memperhatikan beberapa aspek sbb :

12.1. Aspek Teknis

Bila ditinjau dari segi teknis, proses pembuatan Vinil Asetat ini adalah baik. Disamping prosesnya tidak begitu rumit, juga mempunyai kadar produk dan kemurnian yang tinggi dan impuritis yang rendah.

12.2. Aspek Sosial

Pendirian Pabrik Vinil Asetat ini dinilai sangat menguntungkan, karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja
- Meningkatkan pendapatan per kapita daerah sekitar lokasi pabrik

12.3. Segi Lokasi Pabrik

- Dekat dengan bahan baku
- Dekat dengan daerah pemasaran
- Persediaan air memadai
- Tenaga kerja yang cukup dan murah

- Tersedianya sarana transportasi yang memadai, baik untuk pengangkutan bahan baku maupun produk Vinil Asetat

12.4. Segi Pemasaran

- Penggunaan Vinil Asetat merupakan pilihan utama sebagai bahan baku industri-industri lain, karena pemakaiannya tidak memerlukan perawatan khusus.
- Pendirian pabrik ini juga ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan negara Indonesia baru yang didukung oleh sektor perindustrian yang kuat

12.5. Segi Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk melihat layak tidaknya suatu pabrik untuk didirikan, baik untuk rencana jangka pendek maupun rencana jangka panjang. Setelah dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat, maka didapatkan data-data sbb :

- Internal Rate of Return (IRR) = 24,15%
- Pay Out Time (POT) = 4,7 tahun
- Return of Invesment (ROI) = 11,26 %
- Break Event Point (BEP) = 57,79 %

Dari data-data diatas, dengan cara membandingkan dengan bunga bank saat ini untuk kredit usaha sebesar 13,5% per tahun, maka Pabrik Vinil Asetat layak untuk didirikan.





DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2014. *Data: Ekspor-Impor Menurut Komoditi 2009-2013*, diakses tanggal 24 Maret 2014.
- Brownell E. Lloyd, “*Process Equipment Design*”, John Willey and Sons Inc, New Delhi, India, 1959.
- Coulson and Richardson, 1994. “*Chemical Engineering*”, 4thed, Pergamon Press, Oxford.
- Faith, Keyes, Clarks. 1995. *Industri Chemicals*, 4th. New York.
- Geankoplis, C.J, 1983. “*Transport Process and Unit Operation*”, 3rded, Allyn and Bacon Inc, Boston.
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., “*Process Equipment Design*”, D. Van Nostrand Co, New Jersey, 1981.
- J.M Smith and Van Ness, 1965. “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 4thed, International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.
- Jobson, S. Dan Watson, D.J. 2000. *Integrated Process For The Production Of Vinyl Acetate And Or Acetic Acid*. United States Patent Application Publication.No US: 2000/006040474A. United States.
- Kern, D.Q, 1956 “*Process Heat Transfer*”, International Student Edition, Mc.Graw Hill Book Company, Singapore.
- Ludwig E.E, 1979. *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*, vol 2, 3rdedition, Gulf Publishing. United States.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 9, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 12, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 23, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 25, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Perry, Robert H, 1997. “*Perry’s chemical Engineering Handbook*”, 7th ed, Mc Graw Hill Company, United States of America.

Peter and Timmerhause, 1991. "*Plant Design and Economic for Chemical Engineer*",
4thed, Mc. Graw Hill Company, Singapore.

Ulrich, Gael. D. 1984. "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economic*", University of New Hampshire, John Willey and Son Inc, New York.