

PRA RENCANA PABRIK
ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSANOL
DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN ALAT UTAMA
EVAPORATOR VAKUM

SKRIPSI

Disusun Oleh :

RINI ROSDIANA 1214010



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016

REPUBLIC OF INDONESIA

MINISTER OF EDUCATION AND CULTURE
JANUARY 1963

MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE
JANUARY 1963

REPUBLIC

MINISTER

MINISTER OF EDUCATION AND CULTURE

MINISTER OF EDUCATION AND CULTURE
MINISTER OF EDUCATION AND CULTURE
MINISTER OF EDUCATION AND CULTURE
1963

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSANOL DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA EVAPORATOR VAKUM

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

RINI ROSDIANA

12.14.010

Malang, 22 Agustus 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


M. Istiaehy Hudha, ST, MT
NIP P 1030400400

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Faidliyah Nilna Minah, ST, MT
NIP P 1030400392

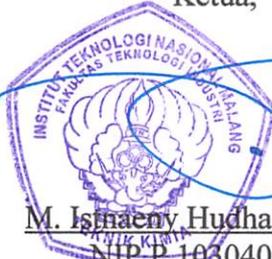
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : RINI ROSDIANA
NIM : 1214010
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
JudulSkripsi : PRA RENCANA PABRIK ASAM ADIPAT DARI
SIKLOHEKSANOL DAN ASAM NITRAT DENGAN
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 9 Agustus 2016
Nilai : B+

Ketua,

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

Sekretaris,


Elvianto Dwi Daryono, ST. MT.
NIP.P. 1030000351

Penguji Pertama,


Dr. Nanik Astuti Rahman, ST. MT.
NIP.P. 1030400391

Anggota Penguji,

Penguji Kedua,


Rini Kartika Dewi, ST. MT.
NIP.P. 1030100370

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Sayayang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : RINI ROSDIANA
NIM : 1214010
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK

ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSANOL DAN ASAM NITRAT KAPASITAS PRODUKSI 60.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA EVAPORATOR VAKUM

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

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan,



RINI ROSDIANA
NIM. 1214010

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat Kapasitas Produksi 60.000 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 terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak M. Istnaeny Hudha, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang
4. Ibu Faidliyah Nilnah Minah, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan serta doa
6. Bapak/ Ibu dosen, rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya 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, Agustus 2016

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat ini mengambil lokasi pendirian di Karawang, Jawa Barat, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 60.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Sikloheksanol dan Asam Nitrat
- Utilitas : Air, steam, listrik dan bahan bakar
- Organisasi Perusahaan
 - ✓ Bentuk : Perseroan Terbatas
 - ✓ Struktur : Garis dan staff
 - ✓ Karyawan : 226 orang
- Analisaekonomi
 - ✓ TCI : Rp. 588.973.500.965
 - ✓ ROI_{AT} : 33,9%
 - ✓ POT : 2,4 tahun
 - ✓ BEP : 45,45 %
 - ✓ IRR : 32,70%

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra Rencana Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II – 1
BAB III NERACA MASSA	III – 1
BAB IV NERACA PANAS	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN.....	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.....	IX – 1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI	X – 1
BAB XI ANALISIS EKONOMI	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA	APP.A – 1
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS	APP.B – 1
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN	APP.C – 1
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS	APP.D – 1
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI	APP.E – 1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Daftar analisa pasar.....	I-4
Tabel 1.2.	Nilai impor, produk dan kebutuhan Asam Adipat di Indonesia	I-4
Tabel 2.1.	Seleksi proses pembuatan asam adipat	II-3
Tabel 7.1.	Alat-alat kontrol yang dipakai pada setiap peralatan.....	VII-4
Tabel 7.2.	Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik asam adipat.....	VII-7
Tabel 7.3.	Bahaya Zat Kimia Pabrik Asam Adipat	VII-9
Tabel 7.4.	Peralatan keselamatan kerja.....	VII-14
Tabel 9.1.	Keterangan dan rincian luas pabrik asam adipat.....	IX-2
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Karyawan Pabrik	X-10
Tabel 10.2.	Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Asam Adipat	X-14
Tabel 10.3.	Daftar Upah (Gaji) Karyawan	X-17
Tabel 11.1	<i>Cash flow</i> untuk NPV selama 10 tahun	XI-11
Tabel 11.2	<i>Cash flow</i> untuk IRR	XI-11

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Indonesia.....	I-8
Gambar 1.2.	Peta Provinsi Jawa Barat	I-8
Gambar 1.3.	Peta lokasi pabrik asam adipat	I-8
Gambar 2.1.	Blok diagram proses oksidasi asam nitrat dari sikloheksanol.....	II-1
Gambar 2.2.	Blok Diagram Pembuatan Heksametilentetramin Dengan Proses Meissner	II-2
Gambar 9.1.	Skema Tata Letak Pabrik Asam Adipat	IX-3
Gambar 9.2.	Skema Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Asam Adipat.....	IX-6
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pabrik Asam Adipat	X-8
Gambar 11.1.	<i>Break Even Point</i>	XI-8
Gambar 11.2.	Kapasitas pada Keadaan <i>Shut Down Rate</i>	XI-10

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Asam adipat ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$) adalah senyawa golongan asam dikarboksilat yang mempunyai 6 karbon ikatan rantai kimia lurus, sedikit larut dalam air dan larut dalam alkohol dan aseton. Nama lain dari asam adipat ini antara lain asam hexanedioat, asam-1,4-butandikarboksilat, asam-1,6-hexanedioat, asam adipinic, acifloctin, dan acinetten. Asam adipat hampir 90% digunakan dalam produksi nilon yang diolah menjadi serat untuk pembuatan karpet dan pakaian. Asam adipat juga digunakan sebagai bahan pembuat plastik dan pelumas.

(www.chemicaland21.com)

Kebutuhan asam adipat semakin meningkat dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut hingga saat ini asam adipat masih harus mengimpor dari negara lain, maka perlu dipertimbangkan untuk memproduksi asam adipat sendiri di Indonesia untuk menunjang kebutuhan yang semakin meningkat tersebut.

1.2. Perkembangan Industri Asam Adipat

Asam adipat diproduksi dalam skala yang sangat besar di beberapa lokasi di seluruh dunia. Asam adipat ini kebanyakan digunakan dalam pembuatan nylon-6,6 poliamida. Tim peneliti H. Carothers di Perusahaan Du Pont menemukan nilon pada tahun 1930-an. Pada tahun 1989 permintaan asam adipat meningkat hampir dua miliar ton pertahun di seluruh dunia. Perkembangan industri asam adipat pun semakin maju saat ini.

(Kirk Othmer, Vol 1:1949)

1.3. Kegunaan Asam Adipat

Adapun kegunaan Asam Adipat dalam industri antara lain:

- Dipergunakan secara khusus dalam pembuatan nylon-6,6.
- Digunakan sebagai resin, perekat, *coating*, pembuatan plastik dan busa poliuretan.
- Dalam industri makanan digunakan sebagai acidulant makanan pada selai, jeli, gelatin dan dapat digunakan sebagai buffer makanan.

- Kadang-kadang digunakan juga sebagai agen pelunakan kulit.

(Kirk Othmer, Vol 1: 1949)

1.4. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Bahan Baku

- Sikloheksanol

Sifat-sifat Fisika:

- Rumus molekul : $C_6H_{11}OH$
- Berat molekul : 100,159
- Bentuk : Cairan kental dan tidak berwarna
- Titik leleh : 25,15 °C
- Titik didih : 161,1 °C
- Berat jenis : 0,9493 g/mL
- Kemurnian : 95%

Sifat-sifat Kimia:

- Dapat larut dalam air
- Dapat bercampur dengan pelarut organik lain dan minyak
- Beracun jika berupa gas / uap

(Kirk Othmer, Vol 1:1949)

- Asam Nitrat

Sifat-sifat Fisika:

- Rumus molekul : HNO_3
- Berat molekul : 63,01
- Bentuk : Cairan tidak berwarna
- Titik leleh : -22 °C
- Titik didih : 120,4 °C
- Berat jenis : 1,3667 g/mL
- Kemurnian : 60%

Sifat-sifat Kimia

- Dapat bercampur dengan air dan uap
- Beracun, korosif dan mudah terbakar

(www.chemicaland21.com)

- **Vanadium**

Sifat Fisika:

- Rumus molekul : V
- Berat molekul : 50,94
- Bentuk : Logam berwarna abu-abu
- Titik leleh : 1890 °C
- Titik didih : 3380 °C
- Berat jenis : 6,11 g/cm³

Sifat Kimia

- Tahan dengan api
- Tahan korosi
- Relatif bercampur dengan oksigen, nitrogen dan hidrogen pada suhu ruang

(Kirk Othmer, Vol 24: 1949)

1.4.2. Produk

- **Asam Adipat**

Sifat-sifat Fisika

- Rumus molekul : C₆H₁₀O₆
- Berat molekul : 146,14
- Bentuk : Kristal berwarna putih
- Titik leleh : 152,1 °C
- Titik didih : 337,5 °C
- Berat jenis (padat, 18°C) : 1,344
(cair, 170°C) : 1,07 g/mL

Sifat-sifat Kimia

- Sangat larut dalam metanol dan etanol
- Cukup stabil sebagai oksidator
- Bereaksi dengan asam karboksilat membentuk garam dan ester

(Kirk Othmer, Vol 1: 1949)

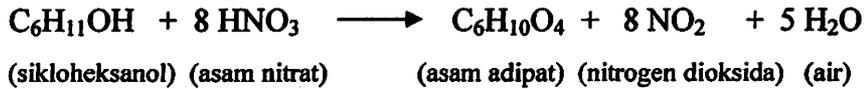
1.5. Analisis Pasar

Analisa Ekonomi

Pemasaran produk asam adipat untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah dapat dipenuhi maka

pemasaran diarahkan ke luar Indonesia. Maka untuk mengetahui analisa pasar perlu mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Reaksi:



Tabel 1.1 Tabel Analisa Pasar

No	Bahan	Berat molekul	Harga (\$/kg)
1.	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$	100,159	1,2
2.	HNO_3	63,01	0,25
3.	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$	146,14	3

Sumber: www.alibaba.com

EP = Produk – Reaktan

$$= (1 \times 3 \times 146,14) - (1 \times 1,2 \times 100,159) - (8 \times 0,25 \times 63,01)$$

$$= \$ 192,2092/\text{kg mol}$$

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik asam adipat memperoleh keuntungan sebesar \$ 161,43/kg mol dan dapat didirikan pada tahun 2020.

1.6. Penentuan Kapasitas

Dalam mendirikan suatu industri diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan permintaan. Untuk menghitung kapasitas produksi diperlukan data presentase kenaikan mengenai impor, konsumsi dan produksi. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1.2 Nilai impor, produk dan kebutuhan Asam Adipat di Indonesia:

Tahun	Massa (kg)	Kenaikan Impor (%)
2006	11.710.174	-
2007	10.526.932	-10,10%
2008	12.652.987	20,20%
2009	14.705.724	16,22%
2010	16.529.243	12,40%
2011	17.725.401	7,24%
2012	18.018.583	1,65%
2013	18.425.132	2,26%

2014	17.331.990	-5,93%
2015	18.203.586	5,03%
Rata-rata		5,49%

Sumber : Biro Pusat Statistik

Perkiraan kapasitas produksi pabrik baru dapat ditentukan menurut data dari nilai impor setiap tahun dengan menggunakan rumus:

$$M = P (1 + i)^n$$

Dimana :

M : jumlah produk tahun 2020

P : data impor tahun 2015

i : rata-rata kenaikan tiap tahun

N : jumlah tahun (5 tahun)

Sehingga perkiraan impor pada tahun 2020 adalah:

$$\begin{aligned} M &= 18.203.586 (1 + 0,0549)^5 \\ &= 23.781.407 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Dengan mengetahui impor tahun 2020 maka dapat ditentukan kapasitas pabrik baru dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

Dimana :

M₁ : Nilai impor = 0 (pabrik berdiri sehingga impor diberhentikan)

M₂ : Kapasitas pabrik lama = 0 (belum ada yang memproduksi di Indonesia)

M₃ : Kapasitas pabrik baru

M₄ : Jumlah ekspor (diperkirakan 60% dari kapasitas pabrik baru)

M₅ : Konsumsi dalam negeri = 23.781.407 kg/tahun

Maka

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

$$M_3 = (0,6 M_3 + 23.781.407) - (0 + 0)$$

$$0,4M_3 = 23.781.407$$

$$M_3 = 23.781.407 / 0,4$$

$$M_3 = 59.453.517 \text{ kg/tahun}$$

$$= 59.453,517 \text{ ton/tahun}$$

Dari perhitungan diatas, maka peluang kapasitas pabrik baru tahun 2020 adalah 59.453,517 ton/tahun. Sehingga untuk kapasitas produksi pabrik baru tahun 2020 diambil 60.000 ton/tahun.

1.7. Pemilihan Lokasi

Dasar penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi sehingga lokasi terpilih benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala aspek. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua faktor yaitu faktor utama dan faktor khusus.

Faktor Utama

Yang termasuk di dalamnya adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Tersedianya dan harga bahan baku sering menentukan lokasi suatu pabrik. Ditinjau dari segi ini maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku yaitu meliputi :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya
- Kualitas bahan baku yang ada apakah sesuai dengan syarat kualitas yang diinginkan
- Cara mendapatkan dan pengangkutan bahan baku tersebut

2. Pemasaran

Merupakan salah satu faktor yang penting dalam suatu pabrik atau industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Dimana produk akan dipasarkan
- Kebutuhan akan produk pada saat sekarang dan akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada

- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk sampai ke daerah pemasaran.

3. Utilitas

Utilitas dari suatu pabrik terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

a. Air

Air merupakan kebutuhan penting dalam suatu industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber yaitu :

- Air sungai (sumber)
- Air laut
- Air kawasan

Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air laut akan lebih ekonomis. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sumber air yaitu :

- Kemampuan sumber air untuk melayani pabrik
- Kualitas air yang disediakan
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air

b. Listrik dan bahan bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan penting terutama sebagai motor penggerak selain penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ada tidaknya serta jumlah tenaga listrik yang tersedia di daerah itu
- Harga tenaga listrik dan bahan bakar di masa yang akan datang
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar

4. Iklim dan alam sekitarnya

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Keadaan alam yang menyulitkan akan mempengaruhi spesifikasi peralatan dan konstruksi peralatan
- Keadaan angin (kecepatan dan arah) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut
- Gempa bumi yang pernah terjadi
- Kemungkinan untuk perluasan di masa yang akan datang

Faktor Khusus

Yang termasuk dalam kategori faktor khusus antara lain sebagai berikut :

1. Transportasi

Masalah transportasi perlu dipertimbangkan agar kelancaran pengadaan (*supply*) bahan baku dan penyaluran produk akan lebih terjadi dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti :

- Jalan raya yang dapat dilalui kendaraan bermotor
- Jalur kereta api
- Sungai yang dapat dilayari kapal atau perahu
- Adanya pelabuhan laut dan pelabuhan udara

2. Tenaga Kerja

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Mudah tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut

3. Karakteristik Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi sawah, rawa, bukit, dsb
- Susunan tanah, daya dukung tahap pondasi bangunan pabrik, kondisi jalan serta pengaruh air
- Penyediaan fasilitas tanah untuk perluasan atau pembangunan unit baru
- Harga tanah dan fasilitas lainnya

4. Masalah lingkungan (komunitas)

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Adat istiadat atau kebudayaan di daerah sekitar lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan, sekolah, poliklinik dan tempat ibadah
- Apakah merupakan perkotaan atau pedesaan

5. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah industri
- Ketentuan-ketentuan mengenai jalan umum yang ada

- Ketentuan-ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut

6. Pembuangan limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan atau pencemaran lingkungan yang disebabkan buangan pabrik yang berupa gas, cair atau padat dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

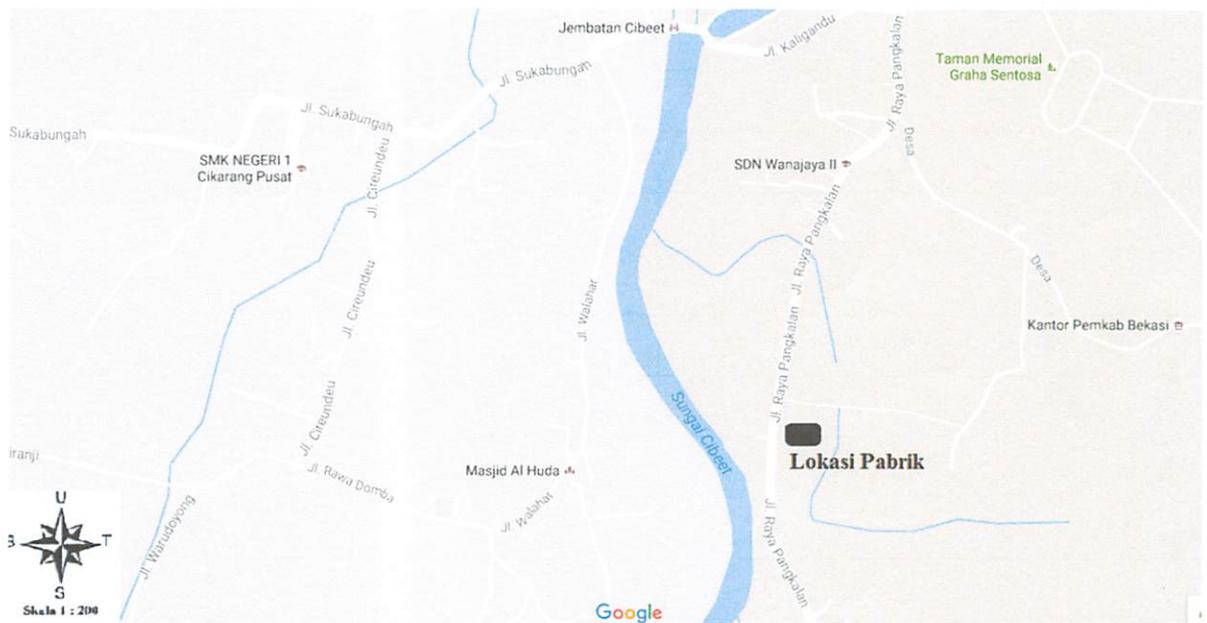
Berdasarkan pertimbangan di atas dapat ditentukan bahwa lokasi yang dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik asam adipat ini adalah di **Jl. Raya Pangkalan, Kecamatan Telukjambe Barat, Kabupaten Karawang, Jawa Barat**. Peta lokasi pabrik asam adipat dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.1 Peta Indonesia



Gambar 1.2 Peta Provinsi Jawa Barat



Gambar 1.3 Peta Lokasi Pabrik Asam adipat

BAB II

SELEKSI PROSES

2.1. Berbagai Macam Proses Pembuatan Asam Adipat

Beberapa ulasan mengenai proses pembuatan asam adipat dikomersialkan sejak pada tahun 1940-an. Asam adipat umumnya diproduksi dari sikloheksana dan fenol. Sejak asam adipat telah diproduksi dalam jumlah komersial selama hampir 50 tahun, tidak mengherankan bahwa banyak variasi dan perbaikan telah dilakukan pada proses dasar sikloheksana. Pada saat ini, hampir seluruh proses industri menggunakan asam nitrat pada tahap oksidasi akhir. Berikut ini adalah beberapa proses pembuatan asam adipat:

1. Oksidasi Sikloheksana
2. Hidrogenasi Fenol
3. Oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol

2.1.1. Oksidasi Sikloheksana

Proses oksidasi sikloheksana awalnya dipelopori oleh Du Pont pada tahun 1940-an. Proses ini juga disebut oksidasi katalis logam, yang dapat dikerjakan oleh katalis yang dapat larut dalam sikloheksana umumnya kobalt naphtanate dan kobalt octoate. Kondisi operasi pada suhu 150-175°C dan tekanan (800 - 1200 kPa = 115 - 175 psi). Udara diumpankan ke masing-masing dari serangkaian reaktor tangki berpengaduk atau ke reaktor kolom yang berisi berbagai tahapan reaksi, bersama dengan sikloheksana. Konsentrasi katalis 0,3-3 ppm berdasarkan umpan sikloheksana, biasanya dicampur dengan menyuntikkan ke dalam aliran umpan, meskipun tidak jarang membagi aliran katalis ke masing-masing reaktor seri. Konversi sikloheksana menjadi produk teroksidasi adalah 3-8% mol, merupakan konversi yang cukup rendah untuk skala industri. Berikut merupakan beberapa literatur paten dari beberapa proses dan perusahaan.

(Kirk Othmer, 4th Edition Vol 1 Hal 411)

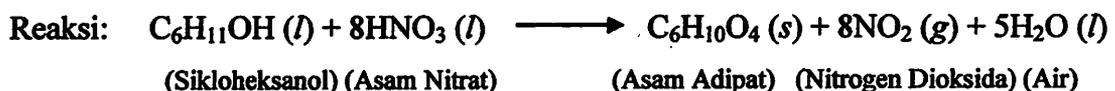
2.1.2. Hidrogenasi Fenol

Fenol dapat dihidrogenasi untuk KA yield yang sangat tinggi, biasanya 97-99%. Tergantung pada kondisi pilihan katalis dan operasi, rasio K ke A produk dapat bervariasi pada range yang luas. Karena yield yang dihasilkan tinggi maka pemurnian relatif sederhana, yaitu hanya membuang sebagian kecil fenol bereaksi melalui pertukaran ion. Analisa Ekonomi telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, menunjukkan bahwa proses ini tidak dianjurkan karena biaya yang relatif tinggi fenol dibandingkan dengan sikloheksana. Kondisi operasi pada suhu 140° C dan 400 kPa (58 psi) menggunakan nikel heterogen pada katalis silica.

(Kirk Othmer, 4th Edition Vol 1 Hal 414)

2.1.3. Oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol

Proses ini dilakukan dengan oksidasi dengan 40-60% asam nitrat dengan katalis tembaga dan vanadium. Reaksi berlangsung pada tingkat tinggi, dan cukup eksotermis. Yield asam adipat adalah 92-96%. KA bereaksi dalam reaktor dengan 45-55% asam nitrat yang mengandung tembaga (0,1-0,5%) dan katalis vanadium (0,02-0,1%). Reaksi terjadi pada 60-90°C dan 0,1-0,4 MPa (14-58 psi). Hal ini sangat eksotermis (6280 kJ/kg = 1500 kcal/kg), dan dapat mencapai keadaan *autocatalytic* pada suhu di atas sekitar 150°C. Kontrol dilakukan dengan menetapkan KA sebagai limiting reaktan, dan Asam Nitrat sebagai excess pada reaktor berpengaduk (Kirk Othmer, 4th Edition Vol 1 hal 416).



Larutan asam Nitrat 50% yang mengandung 0.2% katalis (ammonium metavanadate dan tembaga) dan sikloheksanol direaksikan didalam reaktor. Waktu reaksi selama 10-30 menit pada suhu 50-90°C dan tekanan 1-4 atm (0,1-0,4 mPa). Setelah bereaksi produk keluaran reaktor, tahap selanjutnya adalah proses kristalisasi, sentrifugasi, dan pengeringan.

(Faith W.L., Keyes, 4th ed hal 52)

2.2. Seleksi Proses

Dari ketiga proses yang telah dijabarkan diatas, dibawah ini merupakan ringkasan berbagai proses pembuatan asam adipat.

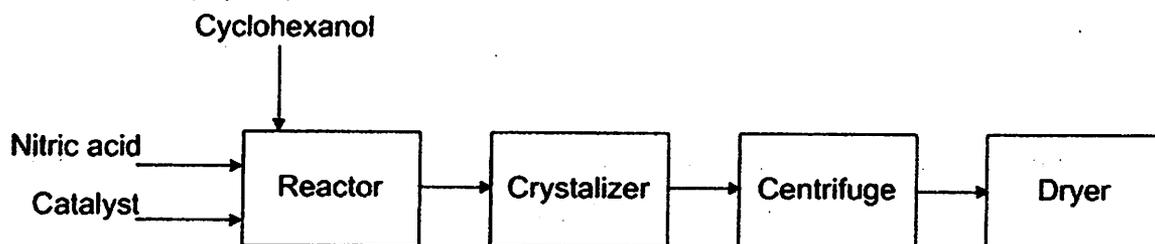
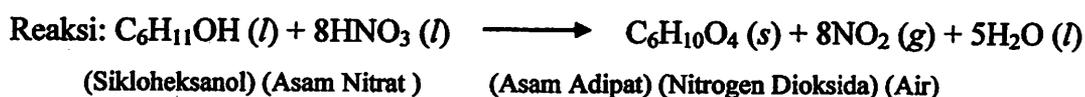
Tabel 2.1. Seleksi proses pembuatan asam adipat dari berbagai proses dari beberapa parameter

Parameter	Jenis Proses		
	Oksidasi Sikloheksana	Hidrogenasi Phenol	Oksidasi Asam Nitrat dan Sikloheksanol
Suhu (°C)	100-165	140	60-90
Tekanan (MPa)	0,9-1,8	0,4	0,1-0,4
Yield (%)	77-87	97-99	92-96
Jenis Katalis	kobalt naphtanate dan kobalt octoate	nikel, tembaga, krom	vanadium
Konsentrasi katalis	0,3-3 ppm	-	0,02-1%

Berdasarkan beberapa proses pembuatan asam adipat diatas, maka dipilih proses Oksidasi Sikloheksanol dan Asam Nitrat dengan pertimbangan yield yang dihasilkan tinggi dengan kondisi operasi suhu 60-90 °C, tekanan 0,1-0,4MPa dan konsentrasi katalis 0,02-1%.

2.3.Uraian Proses

Proses pembuatan asam adipat menggunakan bahan baku sikloheksanol dengan kadar 95% dan asam nitrat dengan kadar 60%. Untuk mempercepat reaksi ditambahkan katalis vanadium dengan konsentrasi 0,2%. Di dalam reaktor terjadi reaksi antar bahan baku dan bersifat endotermis, pada kondisi ini yield yang dihasilkan 92-96%. Hasil reaksi berupa asam adipat, air, nitrogen dioksida dan sisa reaktan.



Gambar 2.1 Blok diagram proses oksidasi asam nitrat dari sikloheksanol

Setelah terjadi reaksi pada reaktor, proses selanjutnya adalah pemisahan menggunakan rotary vakum filter dan evaporator. Cairan pekat keluaran evaporator kemudian dimurnikan menggunakan kristaliser oleh air pendingin. Kristal yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan mother liquornya menggunakan sentrifuge. Produk asam adipat keluaran sentrifuge kemudian dikeringkan dengan rotary dryer.

Pada tahap akhir produk adalah size reduction oleh hammer mill, pengemasan, dan penyimpanan pada bin produk.

Pada pra rencana pabrik asam adipat ini, dengan proses oksidasi dapat dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

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

Berikut merupakan penjelasan dari tahapan proses tersebut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku sikloheksanol (kadar 95%) yang berbentuk cair dari storage (F-111) dialirkan oleh pompa (L-113 A) menuju *heater* (E-115 A) untuk dinaikkan suhunya mencapai 70°C. Asam nitrat (kadar 60%) berbentuk cair dari storage (F-114) oleh pompa (L-113 B) menuju *heater* (E-115 B) untuk dinaikkan suhunya mencapai 70°C.

2. Tahap Reaksi

Setelah mencapai suhu 70°C kedua bahan dialirkan ke reaktor (R-110) dan ditambahkan katalis Vanadium (0,2% HNO₃) yang berasal dari bin (F-112) yang dipasang diatas reaktor. Didalam reaktor terjadi reaksi oksidasi antar bahan baku dan bersifat endotermis.



Reaktor beroperasi secara kontinu pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Pada kondisi ini, dapat dicapai yield sebesar 95%. Reaktor (R-110) yang dipergunakan adalah MFR (Mixed Flow Reactor) dengan jenis pengaduk axial turbine. Karena reaksi bersifat endotermis, maka dipasang coil untuk mempertahankan suhu. Hasil reaksi berupa Kristal asam adipat, gas nitrogen dioksida dan sisa reaktan.

3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Keluaran reaktor pada suhu 70°C dialirkan menuju *cooler* (E-117) oleh pompa (L-116) untuk didinginkan suhunya menjadi 30°C dan dialirkan menuju *Rotary Vacuum Filter* (H-118) untuk memisahkan produk dari kandungan katalis yaitu berupa *cake* dan filtrat. *Cake* yang mengandung katalis dan produk samping lainnya dialirkan ke tangki penampungan *cake*.

Filtratnya dialirkan oleh pompa (L-119) menuju *double effect evaporator* vakum (V-120A dan V-120B) dengan kondisi operasi pada badan I dan II secara berturut-turut adalah $T_1 = 97,3965^\circ\text{C}$ dan $P_1 = 0,9139 \text{ atm}$, dan $T_2 = 60^\circ\text{C}$ dan $P_2 = 0,1966 \text{ atm}$, untuk menghilangkan kandungan air dan memekatkan hasil reaksi. Sehingga didapatkan konsentrasi bahan keluaran badan I dan II secara berturut-turut adalah 40,36% dan 70%.

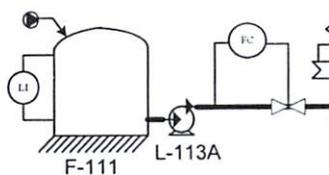
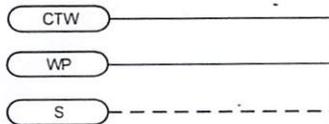
Larutan jenuh asam adipat yang terbentuk dialirkan oleh pompa (L-121 B) menuju kristaliser (X-124) untuk membentuk produk asam adipat. Pembentukan kristal pada kristaliser terjadi dengan penambahan air pendingin. Kondisi operasi pada kristaliser dengan suhu 60°C dan tekanan 1 atm.

Kristal asam adipat yang telah terbentuk dalam kristaliser dialirkan menuju *Centrifuge* (H-125) untuk memisahkan asam adipat dengan zat pengotor. Produk utama berupa kristal dialirkan menuju *Rotary Dryer* (B-130) dengan bantuan *Belt Conveyor* (J-136). Sedangkan zat pengotor (*mother liquor*) menuju waste treatment. Di dalam *rotary dryer* (B-130) terjadi pengeringan kristal Asam Adipat. Media pemanas yang digunakan berupa udara kering yang dikontakkan secara langsung pada kristal. Untuk mensuplai udara pengering itu digunakan *Blower* (G-134) untuk menghembuskan udara dari filter udara (H-135) serta *Heater Udara* (E-133) untuk memanaskan udara.

Kristal Asam Adipat yang terikat udara pengering dipisahkan dengan *Cyclone* (H-132) dengan bantuan *Exhaust* (G-131) kemudian dikembalikan lagi ke aliran produk yang menuju *Belt Conveyor* (J-136). Produk utama kristal Asam Adipat yang keluar dari *Rotary Dryer* (B-130) dialirkan dengan bantuan *Belt Conveyor* (J-136) menuju *Hammer Mill* (C-137) untuk memperoleh partikel dengan ukuran kecil sedangkan ukuran partikel produk yang lebih besar dari 50 mesh dikembalikan lagi ke *Hammer Mill* (C-137).

4. Tahap Penanganan Produk

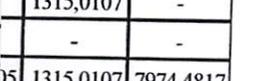
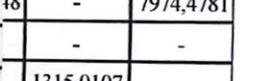
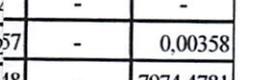
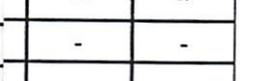
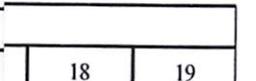
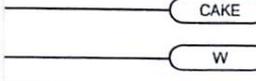
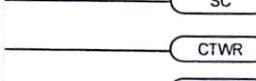
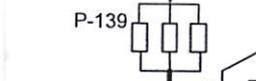
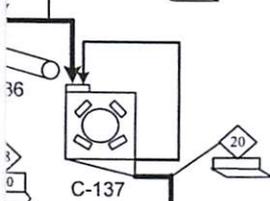
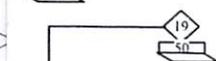
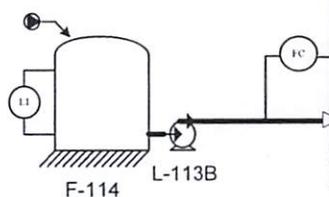
Produk asam adipat kristal ditampung sementara dalam Bin Produk Asam Adipat (F-138) sebelum dimasukkan ke mesin pengemas (P-139), untuk selanjutnya dilakukan pengepakan menggunakan kantung yang terbuat dari propilen (PP) kemudian dibawa menuju Gudang Produk Asam Adipat (F-140).



→ STACK



H-132



18		TEMPERATUR
17		ALIRAN PADAT
16		ALIRAN GAS
15		ALIRAN LIQUID
14		NOMOR ALIRAN
13		TEKANAN
12	PC	PRESURE CONTROLLER
11	TC	TEMPERATUR CONTROLLER
10	WC	WEIGHT CONTROLLER
9	TI	TEMPERATUR INDICATOR
8	LI	LEVEL INDICATOR
7		WASTE
6		CAKE
5		COOLING TOWER WATER RETURN
4		STEAM CONDENSAT
3		WATER PROCESS
2		COOLING TOWER WATER
1		STEAM
No	KODE ALAT	KETERANGAN

31	F-140	GUDANG	1
30	P-139	PENGEMAS	1
29	F-138	BIN PRODUK	1
28	C-137	HAMMER MILL	1
27	J-136	BELT CONVEYOR	1
26	H-135	FILTER UDARA	1
25	G-134	BLOWER	1
24	E-133	HEATER UDARA	1
23	H-132	CYCLONE	1
22	G-131	EXHAUST	1
21	B-130	ROTARY DRYER	1
20	J-126	SCREW CONVEYOR	1
19	H-125	CENTRIFUGE	1
18	X-124	KRISTALIZER	1
17	E-123	BAROMETRIK KONDENSOR	1
16	G-122	JET EJECTOR	1
15	L-121A	POMPA	1
14	L-121B	POMPA	1
13	V-120A/B	EVAPORATOR	2
12	L-119	POMPA	1
11	H-118	ROTARY VACUM FILTER	1
10	E-117	COOLER	1
9	L-116	POMPA	1
8	E-115B	HEATER II	1
7	E-115A	HEATER I	1
6	L-113B	POMPA	1
5	L-113A	POMPA	1
4	F-114	STORAGE ASAM NITRAT	1
3	F-112	BIN STORAGE VANADIUM	1
2	F-111	STORAGE SIKLOHEKSANOL	1
1	R-110	REAKTOR	1
No	KODE	KETERANGAN	JUMLAH

Komponen	1	2	18	19
C ₆ H ₁₁ OH	4935,2071	-	-	-
HNO ₃	-	24873,4	-	-
H ₂ O	259,7477	16582,227	-	0,00358
C ₆ H ₁₀ O ₄	-	-	48	7974,4781
NO ₂	-	-	-	-
Udara	-	-	1315,0107	-
Vanadium	-	-	-	-
Total	5194,9548	41455,725	1315,0107	7974,4817

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FLOW SHEET PRA RENCANA PABRIK
ASAM ADIPAT

DIRANCANG OLEH :

DISETUJUI
DOSEN PEMBIMBING :

Rini Rosdiana NIM. 1214010
Whindy Pradita Septiani NIM. 1214012

Fadliyah Nilna Minah, ST.MT.
NIP. P. 103 0400 392

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Asam Adipat direncanakan = 60000 ton/tahun

Jumlah hari kerja = 1 tahun = 330 hari

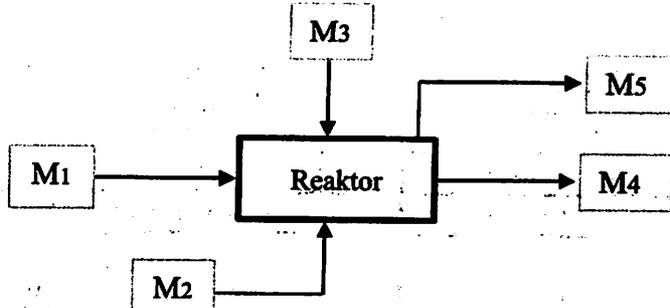
Jumlah waktu kerja perhar = 1 hari = 24 jam

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi Asam Adipat} &= \frac{60.000}{\text{tahun}} \times \frac{1000}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24} \\ &= 7575,7576 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Basis} = 5194,9548 \text{ kg/jam}$$

1. Reaktor (R-110)

Fungsi: Untuk mereaksikan Sikloheksanol & Asam Nitrat dengan katalis Vanadium



$$\text{Neraca Massa Total} = M1 + M2 + M3 = M4$$

M1 = Massa larutan C₆H₁₁OH 95%

M2 = Massa larutan HNO₃ 60%

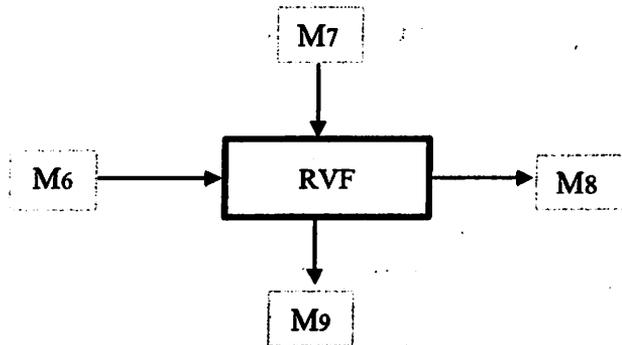
M3 = Massa katalis vanadium 0,2%

M4 = Massa larutan produk menuju rotary vakum filter

M5 = Massa gas NO₂ yang keluar

Neraca Massa Reaktor (R-110)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari tangki C₆H₁₁OH		Ke RVF	
C ₆ H ₁₁ OH 95%	4935,2071	C ₆ H ₁₁ OH	246,7604
H ₂ O	259,7477	HNO ₃	1243,6722
Jumlah	5194,9548	C ₆ H ₁₀ O ₄	6845,1322
Dari tangki HNO₃		Vanadium	10,3899
HNO ₃ (60%)	24873,4436	H ₂ O reaksi total	21061,65
H ₂ O	16582,2958	Jumlah	29407,6002
Jumlah	41455,7394	Massa gas yang keluar	
Dari tube katalis		NO ₂	17253,4839
Vanadium	10,3899		
Total	46661,0841	Total	46661,0841

2. Rotary Vacum Filter (H-118)



$$\text{Neraca Massa Total} = M6 + M7 = M8 + M9$$

M6 = Massa larutan dari reaktor

M7 = Massa air pencuci

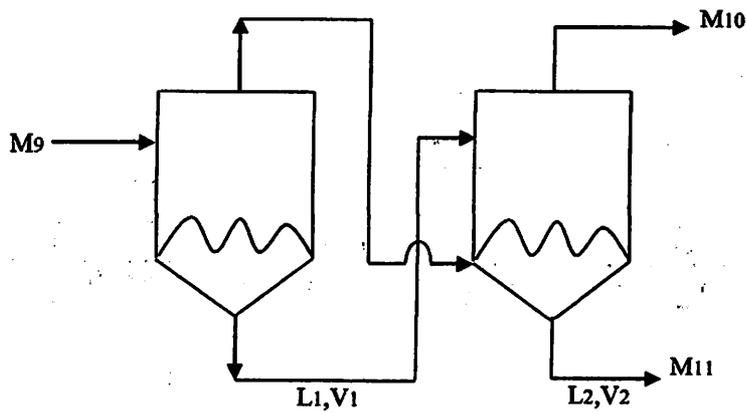
M8 = Massa padatan cake keluar

M9 = Massa filtrat keluar menuju evaporator

Neraca Massa Rotary Vakum Filter			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Reaktor (M6)		Ke Evaporator (M9)	
C ₆ H ₁₁ OH	246,7604	C ₆ H ₁₀ O ₄ pada filtrat	8335,4955
HNO ₃	1243,6722	H ₂ O pada filtrat	21065,1781
C ₆ H ₁₀ O ₄	6845,1322	Jumlah	29400,6736
Vanadium	10,3899	Cake yang keluar (M8)	
H ₂ O reaksi total	21061,65	Vanadium	10,3899
Jumlah	29407,6002	Air pencuci yang terikut cake	6,8573
Proses Pencucian (M7)		Liquid yang terikut cake	0,0693
Air pencuci	10,3899	Jumlah	17,3165
		Total	29417,9901
Total	29417,9901	Total	29417,9901

3. Evaporator

Fungsi : Untuk memekatkan larutan $C_6H_{10}O_4$



Neraca Massa Total = $M_9 = M_{10} + M_{11}$

Dimana:

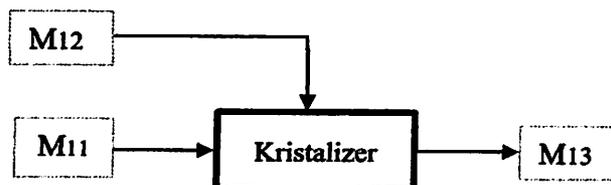
M_9 = Feed masuk

M_{10} = Uap air keluar

M_{11} = Kosentrat keluar

Neraca Massa Triple Effect Evaporator			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M ₉ dari F-122		M ₁₀ menuju G-122	
C ₆ H ₁₀ O ₄	8335,495476	H ₂ O	17492,82291
H ₂ O	21065,17811	M ₁₁ menuju X-124	
		C ₆ H ₁₀ O ₄	8335,495476
		H ₂ O	3572,355204
		Jumlah	11907,85068
Total	29400,67359	Total	29400,67359

4. Kristalizer



Neraca Massa Total = $M_{11} + M_{12} = M_{13}$

Dimana :

M_{11} = Feed masuk dari Evaporator II

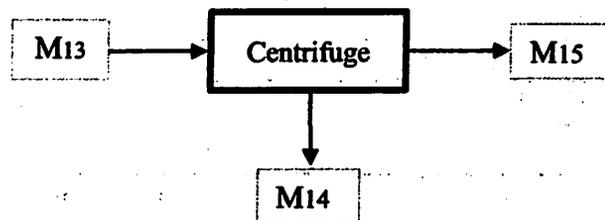
M_{12} = Air pendingin

M_{13} = Produk yang keluar menuju centrifuge

Neraca Massa Kristalizer			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Evaporator II (M_{11})		Ke Cetrifuge (M_{13})	
$C_6H_{10}O_4$	8335,4955	$C_6H_{10}O_4$ Kristal	8063,0915
H_2O	3572,3552	$C_6H_{10}O_4$ sebagai mother liquor	272,4040
Jumlah	11907,8507	H_2O	3572,3552
		Jumlah	11907,8507
Total	11907,8507	Total	11907,8507

5. Centrifuge

Fungs : Untuk memisahkan kristal $C_6H_{10}O_4$ dengan mother liquornya dan memperbesar kristal yang terbentuk.



Neraca Massa Total = $M_{13} = M_{14} + M_{15}$

Dimana :

M_{13} = Bahan masuk dari kristalizer

M_{14} = Massa keluar sebagai larutan sisa

M_{15} = Massa keluar sebagai produk menuju screw conveyer

Neraca Massa Centrifuge			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Centrifuge (M13)		Ke Screw Conveyor (M15)	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	8063,0915	C ₆ H ₁₀ O ₄ Kristal	8055,0284
C ₆ H ₁₀ O ₄ sebagai mother liquor	272,4040	H ₂ O	3,5724
H ₂ O	3572,3552	Larutan sisa: C ₆ H ₁₀ O ₄ sebagai mother liquor	0,2724
Jumlah	11907,8507	Jumlah	8058,8732
		Ke Pengolahan Limbah (M14) :	
		C ₆ H ₁₀ O ₄	8,0631
		Larutan sisa: C ₆ H ₁₀ O ₄ sebagai mother liquor	272,1316
		H ₂ O	3568,7828
		Jumlah	3848,9775
Total	11907,8507	Total	11907,8507

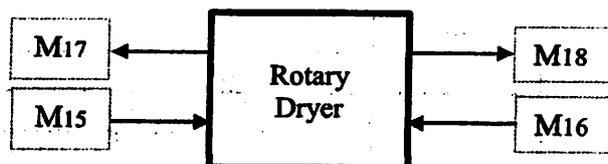
6. Screw Conveyor

Fungsi : Untuk mengalirkan produk dari centrifuge ke rotary dryer

Neraca Massa Screw Conveyor			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Centrifuge :		Ke Rotary Dryer :	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	8055,0284	C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	8055,0284
H ₂ O	3,5724	H ₂ O	3,5724
C ₆ H ₁₀ O ₄ sebagai mother liquor	0,2724	C ₆ H ₁₀ O ₄ sebagai mother liquor	0,2724
Jumlah	8058,8732	Jumlah	8058,8732
Total	8058,8732	Total	8058,8732

7. Rotary Dryer

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan filtrat yang ada dalam bahan masuk sebesar 99%, sehingga kandungan filtrat pada bahan keluar sebesar 1%.



$$\text{Neraca Massa Total} = M_{15} + M_{16} = M_{17} + M_{18}$$

Dimana:

M_{15} = Bahan masuk dari screw conveyer

M_{16} = Udara kering

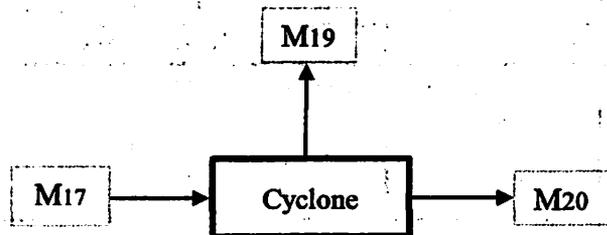
M_{17} = Uap Air + Cyclone Udara

M_{18} = Produk menuju Hammer Mill

Neraca Massa Rotary Dryer			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Centrifuge (M_{15}) :		Ke Hammer Mill (M_{18}) :	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	8055,0284	C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	7974,4781
H ₂ O	3,5724	H ₂ O	0,0036
Jumlah	8058,6007	Jumlah	7974,4817
		Ke Cyclone (M_{17}) :	
		C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	80,5503
		H ₂ O	3,5688
		Jumlah	84,1191
Total	8058,6007	Total	8058,6007

8. Cyclone

Fungsi : Untuk memisahkan partikel C₆H₁₀O₄ dengan udara dan massa padatan yang terikut oleh H₂O.



Neraca Massa Cyclone			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Rotary Dryer (M_{17}) :		Ke Hammer Mill (M_{20}) :	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	80,5503	C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	79,7448
H ₂ O	3,5688	H ₂ O	0,0357
Jumlah	84,1191	Jumlah	79,7805
		Ke Udara (M_{19}) :	
		C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	0,8055
		H ₂ O	3,5331
		Jumlah	4,3386
Total	84,1191	Total	84,1191

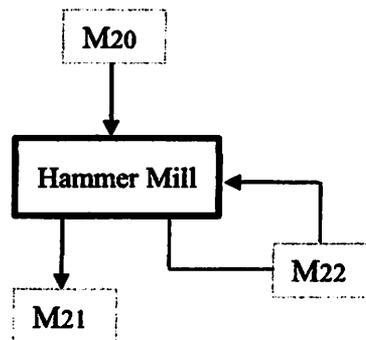
9. Belt Conveyor

Fungsi : Untuk mengalirkan produk dari Rotary Dryer menuju Hammer Mill

Neraca Massa Belt Conveyor			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Rotary Dryer (M ₁₇) :		Ke Hammer Mill (M ₂₀) :	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	7974,4781	C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	7974,4781
H ₂ O	0,0036	H ₂ O	0,0036
Jumlah	7974,4817	Jumlah	7974,4817
Total	7974,4817	Total	7974,4817

10. Hammer Mill

Fungsi : Untuk memecahkan C₆H₁₀O₄



Neraca Massa Total : $M_{21} = M_{20} + M_{22}$

Dimana :

M_{20} = C₆H₁₀O₄ kristal dari Belt Conveyor

M_{21} = C₆H₁₀O₄ kristal yang keluar dari screen ke tangki penampung

M_{22} = C₆H₁₀O₄ kristal yang di recycle

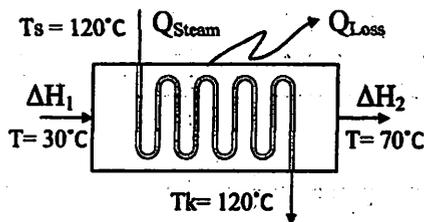
Neraca Massa Hammer Mill			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari Belt Conveyor (M ₁₇) :		Ke Bin Produk (M ₂₁) :	
C ₆ H ₁₀ O ₄ kristal	7974,4781	C ₆ H ₁₀ O ₄	7575,7576
H ₂ O	0,0036	C ₆ H ₁₀ O ₄ yang di recycle (M ₂₂):	
Jumlah	7974,4817	C ₆ H ₁₀ O ₄	398,7239
		H ₂ O	0,0002
		Jumlah	398,7241
Total	7974,4817	Total	7974,4817

BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas produksi Etilen Dibromida = 60000 ton/tahun
 Jumlah hari kerja = 1 tahun = 330 hari
 Jumlah waktu kerja perhar = 1 hari = 24 jam
 Kapasitas produksi Etilen Dibromida = $\frac{60000}{\text{tahun}} \times \frac{1000}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24}$
 = 7575,75758 kg/jam
 Suhu referensi = 25 °C = 298,15 K
 Suhu lingkungan = 30 °C = 303,15 K
 Satuan = K Kal/jam

1. Heater (E-116 A)

Fungsi : untuk memanaskan sikloheksanol dari suhu 30°C sampai suhu 70°C



Neraca panas Total :

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

ΔH_1 : Panas yang terkandung pada bahan sikloheksanol masuk heater

ΔH_2 : Panas yang terkandung pada bahan sikloheksanol keluar heater

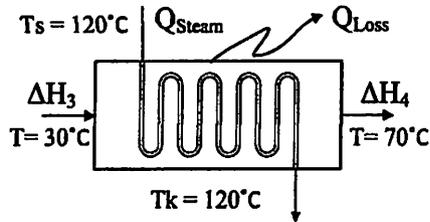
Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (1% panas masuk).

Neraca Panas Heater			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_1	8447,0301	ΔH_2	80327,5550
Q_{steam}	72691,9144	Q_{loss}	811,3894
Total	81138,9444	Total	81138,9444

2. Preheater (E-116 B)

Fungsi : untuk memanaskan asam nitrat dari suhu 30°C sampai suhu 70°C



Neraca panas Total :

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

ΔH_3 : Panas yang terkandung pada bahan asam nitrat masuk heater

ΔH_4 : Panas yang terkandung pada bahan asam nitrat keluar heater

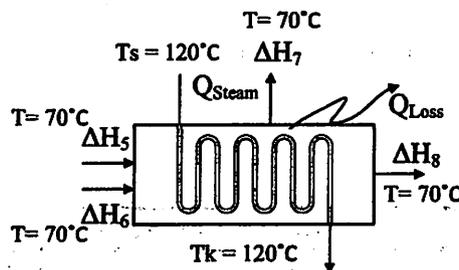
Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (1% panas masuk).

Neraca Panas Heater			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_3	62675,8804	ΔH_4	572725,5610
Q_{steam}	515834,7873	Q_{loss}	5785,1067
Total	578510,6677	Total	578510,6677

3. Reaktor (R-110)

Fungsi : untuk mereaksikan sikloheksanol dengan asam nitrat



Keterangan:

ΔH_5 : Panas yang terkandung pada bahan sikloheksanol

ΔH_6 : Panas yang terkandung pada bahan asam nitrat

ΔH_7 : Panas yang terkandung pada gas yang keluar dari reaktor

ΔH_8 : Panas yang keluar produk dari reaktor

ΔH_9 : Panas yang terkandung dalam air pendingin masuk

ΔH_{10} : Panas yang diserap oleh air pendingin

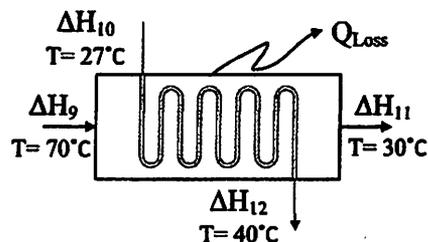
ΔH_R : Panas Reaksi

Q_{loss} : Panas yang hilang.

Neraca Panas Reaktor			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_5	8447,0301	ΔH_7	155248,9563
ΔH_6	572725,5610	ΔH_8	821677,5431
Q_{steam}	583099,9825	ΔH_R	129132,4456
		Q_{loss}	58213,6287
Total	1164272,5736	Total	1164272,5736

4. Cooler (E116-C)

Fungsi : untuk menurunkan suhu bahan keluaran reaktor 70°C menjadi 30°C selanjutnya akan masuk rotary vakum filter.



Neraca panas total:

$$\Delta H_9 + \Delta H_{10} = \Delta H_{11} + \Delta H_{12} + Q_{\text{loss}}$$

ΔH_9 : Panas yang terkandung terkandung pada bahan masuk cooler dari reaktor

ΔH_{10} : Panas yang terkandung pada air pendingin masuk cooler

ΔH_{11} : Panas yang terkandung terkandung pada bahan keluar cooler ke RVF

ΔH_{12} : Panas yang terkandung pada air pendingin keluar cooler

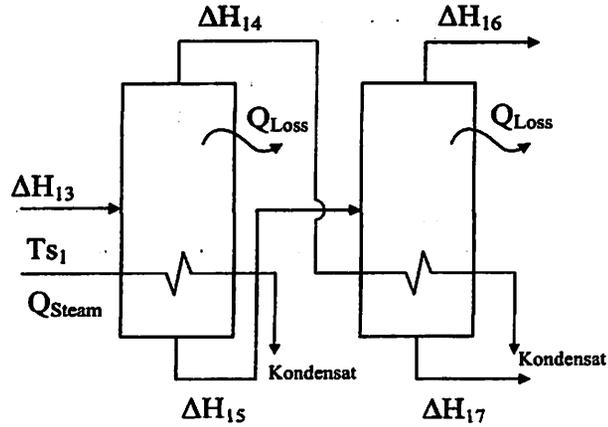
Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (1% panas masuk).

Neraca Panas Cooler			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_9	821677,5431	ΔH_{11}	89089,1091
ΔH_{10}	111270,6050	ΔH_{12}	834529,5375
		Q_{loss}	9329,5015
Total	932948,1481	Total	932948,1481

5. Double Effect Evaporator (V-120)

Fungsi : Untuk memisahkan kandungan air dalam produk



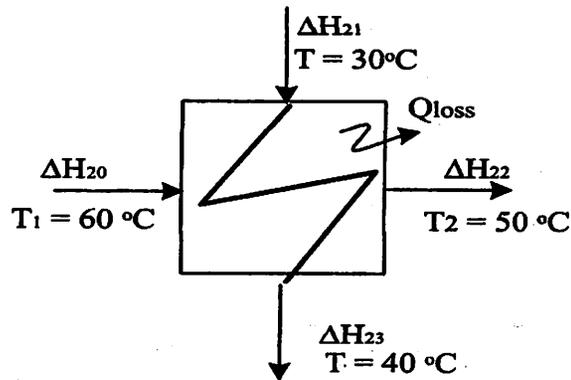
Keterangan:

- ΔH_{13} : Panas bahan keluar rotary vakum filter
- ΔH_{14} : Panas uap keluar effect I
- ΔH_{15} : Panas liquid keluar effect I
- ΔH_{16} : Panas uap keluar effect II
- ΔH_{17} : Panas liquid keluar effect II
- Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam
- Q_{loss} : Panas yang hilang (5% panas masuk).

Neraca Panas Double Effect Evaporator			
Neraca Panas Effect I			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{13}	742846,0052	ΔH_{14}	5341172,1353
Q_{steam}	7600430,0645	ΔH_{15}	1585875,3555
		Q_{loss}	1470,0337
		ΔH_{kon1}	1414758,5453
Total	8343276,0698	Total	8343276,0698
Neraca Panas Effect II			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
Q_{14}	5341172,1353	ΔH_{16}	5692995,8520
ΔH_{15}	1587345,3892	ΔH_{17}	167540,1594
		Q_{loss}	267058,6068
		ΔH_{kon2}	800922,9063
Total	6928517,5245	Total	6928517,5245

6. Baromatik Kondensator (E-124)

Fungsi : untuk menurunkan suhu bahan keluaran evaporator 60°C menjadi 50°C



Neraca panas total:

$$\Delta H_{20} + \Delta H_{21} = \Delta H_{22} + \Delta H_{23} + Q_{\text{loss}}$$

ΔH_{20} : Panas yang terkandung pada uap air dari evaporator

ΔH_{21} : Panas yang terkandung pada air pendingin masuk

ΔH_{22} : Panas pada udara/ gas-gas yang tidak mengembun keluar

ΔH_{23} : Panas yang terkandung pada air pendingin keluar

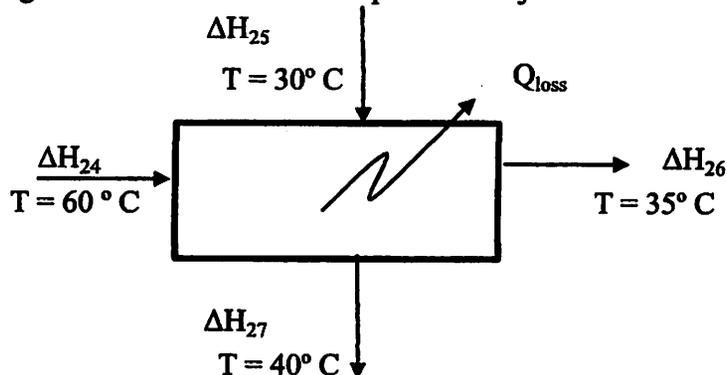
Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (5% panas masuk).

Neraca Panas Baromatik Kondensator			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{20}	5692995,8520	ΔH_{22}	5200249,7452
ΔH_{21}	71672,0374	ΔH_{23}	537540,2803
		Q_{loss}	26877,8638
Total	5764667,8894	Total	5764667,8894

7. Kristalizer (X-125)

Fungsi : untuk membentuk produk menjadi kristal



Neraca panas total:

$$\Delta H_{24} + \Delta H_{25} = \Delta H_{26} + \Delta H_{27} + Q_{\text{loss}}$$

ΔH_{24} : Panas pada feed masuk kristalizer

ΔH_{25} : Panas pada air pendingin masuk

ΔH_{26} : Panas pada produk keluar

ΔH_{27} : Panas pada air pendingin keluar

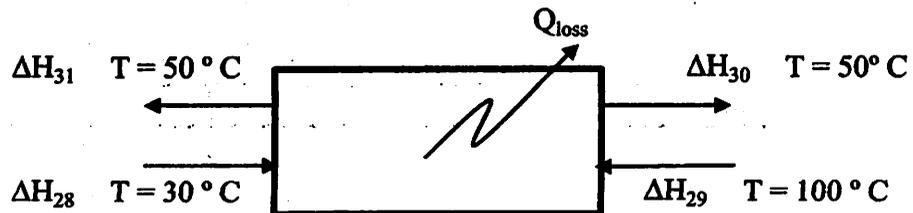
Q_{steam} : Panas yang diberikan oleh steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (1% panas masuk).

Neraca Panas Kristalizer			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{24}	5200249,7452	ΔH_{26}	3650852,7061
ΔH_{25}	230014,5225	ΔH_{27}	1725108,9189
		Q_{loss}	54302,6427
Total	5430264,2677	Total	5430264,2677

9. Rotary Dryer (B-130)

Fungsi : Untuk menguapkan kandungan filtrat yang ada dalam bahan masuk 99%, sehingga kandungan filtrat pada bahan keluar 1%.



Neraca panas total:

$$\Delta H_{28} + \Delta H_{29} = \Delta H_{30} + \Delta H_{31} + Q_{\text{loss}}$$

ΔH_{28} : Panas pada feed masuk rotary dryer

ΔH_{29} : Panas pada udara masuk

ΔH_{30} : Panas pada produk keluar rotary dryer

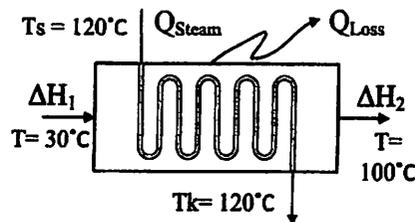
ΔH_{31} : Panas pada udara keluar

Q_{loss} : Panas yang hilang (5% panas masuk).

Neraca Panas Rotary Dryer			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{28}	14148,8396	ΔH_{30}	35625,0723
ΔH_{29}	23772,0556	ΔH_{31}	399,7782
		Q_{loss}	1896,0448
Total	37920,8953	Total	37920,8953

9. Heater Udara (E-133)

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk Rotary Dryer



Neraca panas total:

$$\Delta H_{32} + Q = \Delta H_{33} + Q_{loss}$$

ΔH_{32} : Panas pada feed masuk kristaliser

ΔH_{33} : Panas pada air pendingin masuk

Q : Panas yang terkandung pada steam

Q_{loss} : Panas yang hilang (5% panas masuk).

Neraca Panas Heater Udara			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{32}	763,6716	ΔH_{33}	11525,2031
Q	11368,1211	Q_{loss}	606,5896
Total	12131,7928	Total	12131,7928

BAB V
SPESIFIKASI PERALATAN

No	Nama alat	Kode	Jenis	Ukuran	Bahan konstruksi	Jumlah
1.	Storage Sikloheksanol	F - 111	Silinder tegak	di = 382,9340 in do = 385 in Ls = 577,5 in ts = 5/8 in th = 3/4 in tha = 65,07 in H = 642,57 in	Stainless Steel SA 240 grade M type 316	1
2.	Pompa Sikloheksanol	L-113A	Pompa Sentrifugal	Rate = 24,3559 gal/m Power = 1 Hp	Carbon steel	1
3.	Bin Penampung Katalis Vanadium	F - 112	Silinder tegak	di = 47,625 in do = 48 in Ls = 68,2748 in ts = 3/16 in thb = 3/16 in hb = 13,7486 H = 82,0233 in	Stainless Steel SA 240 grade M type 316	1
4.	Storage Asam Nitrat	F - 114	Silinder Tegak	di = 705,4052 in do = 707 in Ls = 1061 in ts = 1 5/8 in th = 4 1/8 in tha = 119,4830 in H = 1179,983 in	Stainless Steel SA 240 grade M type 316	1
5.	Pompa Asam Nitrat	L-113B	Pompa Sentrifugal	Rate = 151,142 gal/m Power = 3 Hp	Carbon Steel	1

6.	Heater Sikloheksanol	E-115A	DPHE	<p>Do = 2,38 in Di = 2,067 in A = 5,7748 ft² L = 9,2842 ft Kapasitas = 5194,9548 kg/jam</p>	Carbon Steel	1
7.	Heater Asam Nitrat	E-115B	DPHE	<p>Do = 2,38 in Di = 2,067 in A = 46,1416 ft² L = 74,1826 ft Kapasitas = 41455,739 kg/jam</p>	Carbon Steel	1
8.	Reaktor	R-110	Mixed Flow	<p>Volume tangki= 2161,7880 ft³ Dimensi Tangki - do = 144 in - di = 143,625 in - Ls = 191,2548 in - ts = 3/16 in - tha = 3/16 in - ha = 24,2726 in - thb = 3/16 in - hb = 71,8125 in - H = 289,3399 in Dimensi pengaduk - Diameter impeller = 47,875 in - Diameter poros = 2,50785 in - Lebar impeller = 8,1388 in - Panjang impeller = 11,9688 in - Panjang poros = 193,5049 in - Daya pengaduk = 53 Hp Dimensi coil - dip = 2,067 in - dop = 2,38 in - Jumlah lilitan= 9 buah</p>	HAS SA 240 grade M type 316	1

				- Tinggi coil = 29,42 in		
9.	Pompa	L-116	Pompa Sentrifugal	Rate = 118,928 gal/m Power = 2 Hp	Carbon Steel	2
10.	Cooler	E-117	DPHE	Do = 2,38 in Di = 2,067 in A = 98,7442 ft ² L = 158,573 ft Kapasitas = 29407,6002 kg/jam	Carbon Steel	1
11.	Rotary Vacuum Filter	H-118	Rotary Drum Vakum Filter	Volume = 31,7903 ft ³ /putaran Kapasitas = 29407,6002 kg/jam Luas cake = 19,3794 ft ² Luas drum = 135,1914 ft ² Power motor = 40 Hp	Carbon Steel	1
12.	Pompa	L-119	Pompa Sentrifugal	Rate = 118,9488 gal/m Power = 2 Hp	Carbon Steel	1
13.	Evaporator	V-120	Double Effect Evaporator	Do = 48 in Di = 47,625 in ts = 3/16 in Ls = 150 in H = 171,7968 in tha = 3/16 in thb = 3/16 in ha = 8,0486 in hb = 13,7482 in	Stainless stell SA 240 grade M type 316	2
14.	Pompa	L-121A	Pompa Sentrifugal	Rate = 122,4334 gal/m Power = 2 Hp	Carbon Steel	1
15.	Jet Ejector	G-122	Single Stage	Rate uap = 8746,4115 kg/jam Q = 143,9862 ft ³ /detik Steam yang dibutuhkan = 0,8775 kg/jam	Carbon Steel	1
16.	Barometik Kondensor	E-123	Wet air paralel	Diameter Kondensor = 24,3114 in Diameter Pipa:	Carbon Steel SA	1

			current kondensor	- Pipa uap masuk = 1/8 in sch 80 - Pipa masuk air pendingin = 1/4 in sch 40 - Pipa keluar air pendingin = 1/4 in sch 80	240 grade M type 316	
17.	Pompa	L-121B	Pompa Sentrifugal	Rate = 44,3285 gal/m Power = 1 Hp	Carbon Steel	1
18.	Kristalizer	X-124	Swenson-Walker Crystallizer	D = 24 in L = 432 in Putaran pengaduk = 15 rpm Daya = 6 Hp	Carbon Steel	1
19.	Centrifuge	H-125	Disk-Centrifuge Bowl	Kapasitas maksimum = 50 gpm Diameter bowl = 13 in Putaran = 7500 rpm Power = 6 Hp	Carbon Steel	1
20.	Screw Conveyor	J-126		Diameter flights = 10 in Diameter pipa = 2,5 in Speed = 55 rpm Diameter feed masuk = 9 in Diameter shafts = 2 in Diameter screw = 18 in Panjang = 30 ft Power = 1 Hp		1
21.	Rotary Dryer	B-130	Single Shell Direct Heat Rotary Dryer	Dimensi silinder = 59,0551 in Panjang silinder = 944,2683 in Tebal silinder = 3/16 in Putaran = 4,2064 rpm Daya = 2 Hp	Stainless stell SA 240 grade O type 405	1
22.	Exhaust	G-131	Centrifugal Blower	Rate = 42,7552 ft ³ /menit Power motor = 3 Hp	Carbon Steel SA 240 grade M type	1

					316	
23.	Cyclone	H-132	Ducclone Collector	Kecepatan udara = 50 ft/detik Luas aliran = 0,0009 ft ² Diameter = 0,1199 ft	Carbon Steel SA 240 grade M type 316	1
24.	Heater Udara	E-133	DPHE	Do = 2,63 in Di = 2,02 in A = 2,7482 ft ² L = 12 ft Kapasitas = 1315,0107 kg/jam	Carbon Steel	1
25.	Blower	G-134	Centrifugal Blower	Rate = 668,3813 ft ³ /menit Power motor = 36 Hp	Carbon Steel SA 240 grade M type 316	1
26.	Filter Udara	H-135	Dry Filter	Rate = 0,6872 ft ³ /menit Ukuran dry filter = 20 x 20 in	Carbon Steel	1
27.	Belt Conveyor	J-136	Flat Belt On Continuous Plate	Rate = 210,4928 ft ³ /jam Residence time = 1 menit Panjang = 20 meter Lebar = 0,5 meter Kecepatan = 1 m/detik Power pompa = 12 Hp		1
28.	Hammer Mill	C-137	Milling	Kapasitas = 7974,4817 kg/jam Power = 169 Hp		1
29.	Bin Produk	F-138	Tangki Silinder	Di = 71,625 in thb = 3/16 in ts = 3/16 in H = 120,914 in	Carbon Steel SA 240 grade M type	1

BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Fungsi : Untuk menguapkan air yang terkandung dalam laruta $C_6H_{10}O_4$ dengan konsentrasi 28,35% menjadi 70%
- Jenis : *Double Effect Evaporator*
- Tipe : Short tube vertikal (*calandria*), dengan tipe tutup atas berbentuk standard dished head dan tutup bawah berbentuk conical
- Bahan Konstruksi : Stainless steel SA 240 Grade M tipe 316
- Perlengkapan : *Shell and tube exchanger*, dimana pada bagian *tube* mengalir fluida yang akan dipekatkan, sedangkan pada bagian *shell* mengalir steam yang berfungsi sebagai media pemanas.
- (Brownell Young, hal 343)

Dasar pemilihan:

- Biaya rendah (inexpensive)
- Efisien

Kondisi operasi:

- Jumlah larutan masuk : 29400,6736 kg/jam = 64817,7288 lb/jam
- Suhu larutan masuk : 30 °C = 86 °F
- Suhu operasi : 97,3824 °C = 207,28826 °F
- Suhu *steam* : 120 °C = 248 °F
- Tekanan *steam* : 198,5400 kPa = 28,7845 psia
- Tekanan operasi : 92,5547 kPa = 13,4187 psia
- Suhu produk keluar : 97,3824 °C = 207,28826 °F
- Suhu kondensat keluar : 120 °C = 248 °F
- Jumlah *steam* masuk (S) : 11751,5270 kg/jam = 25907,8177 lb/jam
- Jumlah kondensat keluar (C) : 11751,5270 kg/jam = 25907,8177 lb/jam
- Jumlah larutan keluar (L) : 20654,2621 kg/jam = 45535,0915 lb/jam
- Jumlah uap keluar (V) : 8746,4115 kg/jam = 19282,6373 lb/jam

Direncanakan :

Bagian pemanas dan bagian badan akan berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup atas berbentuk conis dengan sudut puncak $\alpha = 120$ harga $f = 18750$ (App.D. Brownell and Young, hal 342)

Effisiensi pengelasan jenis Double Welded Butt Joint dengar = 0,8 dan

faktor korosi $C = \frac{1}{16}$ in

6.1. Perhitungan Luas Pemanas

$$\begin{aligned}
 \text{Dari neraca panas diperoleh } Q &= S \times \lambda && \text{(Geankoplis, hal 509)} \\
 &= 11751,5270 \text{ kg/jam} \times 2202,3 \text{ kJ/kg} \\
 &= 25880387,9305 \text{ kJ/jam} \\
 &= 24546253,9327 \text{ btu/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung ΔT_{LMTD}

$$\begin{aligned}
 - t_1 &= 30,0000 \text{ } ^\circ\text{C} = 86,0000 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 - t_2 &= 97,3824 \text{ } ^\circ\text{C} = 207,2883 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 - T_1 &= 120,0000 \text{ } ^\circ\text{C} = 248,0000 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 - T_2 &= 120,0000 \text{ } ^\circ\text{C} = 248,0000 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \Delta t_1 &= 248,0000 \text{ } ^\circ\text{C} - 207,2883 \text{ } ^\circ\text{F} = 40,7117 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \Delta t_2 &= 248,0000 \text{ } ^\circ\text{C} - 86,0000 \text{ } ^\circ\text{F} = 162,0000 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Trial } \Delta T_{LMTD} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \\
 &= \frac{40,712 - 162,0000}{\ln \frac{40,7117}{162,0000}} = \frac{-121,2883}{\ln 0,2513} = 87,8213 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 &= 31,0118 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Menentukan μ campuran

Komponen	Massa (kg/jam)	xi (massa)	μ	xi μ i
			lb/ft.s	
$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$	8335,4955	0,28351	0,0031	0,0009
H_2O	21065,1781	0,71649	0,0005	0,0004
Jumlah	29400,6736	1,00000	0,0036	0,0013

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ campuran} &= \frac{\sum xi \cdot \mu_i}{\sum xi} \\
 &= \frac{0,0013}{1,00000} = 0,0012504 \text{ lb/ft.s} = 0,0020 \text{ Pa.s}
 \end{aligned}$$

Jadi karena fluida yang dipanaskan mempunyai $\mu = 0,0020 \text{ Pa.s}$
Maka nilai U_D dapat dicari dari gambar 4.4 pada Ulrich hal 102, yaitu:

$$U_D \text{ base value} = 400 \text{ btu/jam.ft}^2/\text{ } ^\circ\text{F}$$

Base kofisien 78%

(Kern, fig 14.7 hal 382)

$$U_D = 400 \times 78\% = 312 \text{ btu/jam.ft}^2/\text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} \\
 &= \frac{24546253,9327 \text{ btu/jam}}{312 \text{ btu/jam.ft}^2/\text{ } ^\circ\text{F} \times 87,8213 \text{ } ^\circ\text{F}} = 895,8404 \text{ ft}^2 = 83,2236 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dari Ulrich tabel 4-7 hal.94, luas pemanas berada pada kisaran 30 - 300 m² memenuhi syarat untuk menggunakan evaporator jenis short tube (calandria)

Dari neraca panas diketahui

$$V_1 = 8362,1599 \text{ kg/jam} = 18435,5033 \text{ lb/jam}$$

$$V_2 = 9130,6630 \text{ kg/jam} = 20129,7713 \text{ lb/jam}$$

$$S = 11751,5270 \text{ kg/jam} = 25907,8177 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Steam Ekonomi} = \frac{V_1 + V_2}{S} = \frac{38565,2746}{25907,8177} = 1,4886$$

6.2. Perhitungan Dimensi Pemanas

Menentukan ρ campuran

Komponen	Massa (kg/jam)	xi (massa)	ρ	xi pi
			lb/ft ³	
C ₆ H ₁₀ O ₄	8335,4955	0,28351	82,5555	23,4056
H ₂ O	21065,1781	0,71649	62,1603	44,5370
Jumlah	29400,6736	1,00000	144,7158	67,9426

$$\begin{aligned} \rho \text{ campuran} &= \frac{\sum xi \cdot pi}{\sum xi} \\ &= \frac{67,9426}{1,00000} = 67,94261 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Dari App.Kern tabel 11 hal 843 dirancang dimensi pemanas dengan menggunakan tube dengan menggunakan ukura 1 ½ in 15 BWG

- Panjang tube = 5 ft
- Diameter luar (OD) = 1,5000 in = 0,1250 ft
- Diameter dalam (ID) = 1,3600 in = 0,1133 ft
- Susunan tube triangular pitch
- Luas pemanasan (A) = 895,8404 ft²

A. Volume liquida pada tiap pipa V₁

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \times L \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1133^2 \times 5 = 0,0504 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

B. Massa liquid masuk tiap pipa m₁

$$\begin{aligned} m_1 &= V \times \rho \\ &= 0,0504 \text{ ft}^3 \times 67,9426 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 3,42529 \text{ lb} \end{aligned}$$

C. Menentukan luas per tube

$$\begin{aligned} \text{Luas per tube} &= \pi \times OD^2 \times 1/4 \\ &= 3,14 \times 0,0156 \times 0,25 = 0,0123 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

D. Menentukan jumlah tube

$$\text{Jumlah tube} = \frac{895,8404}{1,7793} = 503,4697 = 503$$

E. Massa total liquid masuk m_2

$$\begin{aligned} m_2 &= \text{Jumlah tube} \times m_1 \\ &= 503,4697 \times 3,425289 \text{ lb} \\ &= 1724,5291 \text{ lb} \end{aligned}$$

F. Menentukan volume liquida total di dalam tube V_2

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho} = \frac{1724,5291 \text{ lb}}{67,94261 \text{ lb/ft}^3} = 25,3821 \text{ ft}^3$$

Direncanakan susunan pipa berbentuk segitiga (triangular pitch) dengan sudut 60° dari tabel 9, Kern hal.842 penggunaan tube dengan O 1 in $\frac{1}{2}$ triangular pitch

Asumsi:

$$P_T = 1 \frac{7}{8} \text{ in} = 0,1563 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas triangular pitch} &= \frac{1}{2} \times P_T^2 \times \sin 60^\circ \\ &= 0,5 \times 0,1563^2 \times 0,8660 = 0,0106 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah luasan triangular} &= \text{jumlah tube} \times \text{luas triangular} \\ &= 503 \times 0,0106 = 5,3224 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Safety factor untuk penempatan tube} = 20\% \text{ dari luas per tube}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety factor untuk penempatan tube} &= 5,3224 \times 0,0025 \\ &= 0,01306 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

6.3. Perhitungan Dimensi Evaporator**A. Menghitung luas ruang kosong pada susunan tube**

Susunan tube triangular pitch sehingga:

$$\begin{aligned} A_{v_{tk}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 3 \left(\frac{1}{2} \text{ OD} \right) \times \sqrt{\left(\frac{1}{2} \text{ OD} \right)^2 - \left(\frac{1}{4} \text{ OD} + \frac{1}{2} \text{ OD} \right)^2} \\ &= \frac{1}{2} \times 3 \times 1,5 \text{ OD} \times \sqrt{1,5 \text{ OD}^2 - 0,75 \text{ OD}^2} \\ &= 0,5 \times 0,1875 \times 0,16238 \\ &= 0,01522 \text{ ft}^2 = 2,1921268 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Sehingga luas total $A_{v_{tk}}$

$$A_{v_{tk}} = 503 \times 2,19213 \text{ in}^2 = 1103,6694 \text{ in}^2 = 7,66437 \text{ ft}^2$$

B. Menghitung luas *down take*

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } down \text{ take} &= 0,25 \times (A_{vrk} + A_{tube}) \\
 &= 0,25 \times (7,66437 + 0,0123) \\
 &= 1,9192 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

C. Menghitung luas shell

$$\begin{aligned}
 A_{shell} &= A_{vrk} + A_{tube} + A_{down \text{ take}} \\
 &= 7,66437 + 0,0123 + 1,9192 \\
 &= 9,5958 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

D. Menghitung diameter evaporator

$$\begin{aligned}
 A_{shell} &= \frac{1}{4} \times \pi \times di^2 \\
 9,5958 &= 0,7850 \text{ di}^2 \\
 12,2239 &= di^2 \\
 di &= 3,4963 \text{ ft} = 41,9553 \text{ in}
 \end{aligned}$$

E. Volume Shell pemanas

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Shell pemanas} &= \text{tinggi} \times A_{vrk} \\
 &= 5 \times 7,66437 = 38,3219 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

F. Waktu tinggal di dalam evaporator 1, jam sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume liquid} &= \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{64817,7288 \text{ lb}}{67,9426 \text{ lb/ft}^3} = 954,0070 \text{ ft}^3 \\
 &= 954,0070 \text{ ft}^3 / \text{jam} \times 1 \text{ jam} \\
 &= 954,0070 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

G. Direncanakan volume bahan 80% volume evaporator:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume evaporator} &= (\text{Volume steam pada tiap pipa} + \text{volume liquid}) \times 80\% \\
 &= (38,3219 + 954,0070) \times 80\% \\
 &= 793,8631165 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

H. Menentukan volume larutan di dalam tutup bawah

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi \times di^3}{24 \times \text{tg } \frac{1}{2} \alpha} = 0,0755 \text{ di}^3 \\
 &= 0,0755 \times 3,4963^3 \\
 &= 3,22674 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

I. Menentukan volume larutan dalam badan silinder

$$\begin{aligned}
 V_s &= \text{Volume liquid} - \text{Volume steam pada tiap pipa} - \text{Volume} \\
 &\quad \text{liquid tutup bawah} - \text{Volume liquid dalam tube} \\
 &= 954,0070 - 38,3219 - 3,22674 - 25,3821 \\
 &= 887,0763 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

J. Menentukan tinggi larutan (lls) dalam badan silinder

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{\pi}{4} \times d_i^3 \times lls \\
 887,0763 &= 0,25 \times 3,14 \times 3,4963^3 \times lls \\
 887,0763 &= 33,5495 \text{ lls} \\
 lls &= 26,4408 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

K. Menentukan tinggi larutan di dalam tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned}
 hb &= \frac{\frac{1}{2} d_i}{\tan \frac{1}{2} \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \times 3,4963}{\tan 60} = \frac{1,74814}{1,73205} = 1,0093 \text{ ft} \\
 &= 12,1115 \text{ in}
 \end{aligned}$$

H = Tinggi liquid di dalam badan evaporator

$$\begin{aligned}
 &= lls + hb + \text{Tinggi tube} \\
 &= 26,4408 + 1,0093 + 5 \\
 &= 32,4501 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

L. Menentukan tekanan design

$$P_{design} = P_{operasi} + P_{hidrostatik}$$

$$P_{operasi} = 13,4187 \text{ psia}$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{\rho (H-1)}{144}$$

$$= \frac{67,9426 \times (32,4501 - 1)}{144} = 14,8389 \text{ psia}$$

$$P_{design} = 13,4187 + 14,8389 = 28,2576 \text{ psia} = 14,8389 \text{ psig}$$

M. Menentukan tebal silinder

Tinggi silinder (Ls)

Tinggi silinder dibuat = 2,5 kali dari tinggi tube (Hugot, hal 500)

$$\begin{aligned}
 L_s &= 2,5 \text{ tinggi tube} \\
 &= 2,5 \times 5 = 12,5 \text{ ft} = 150 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} + C \\
 &= \frac{14,8389 \times 1,74814}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,06337 \times \frac{16}{16} = \frac{1,01384}{16} \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standarisasi do:

$$\begin{aligned}
 do &= d_i + 2 t_s \\
 &= 41,9553 + 2 \times \left(\frac{3}{16} \right) \\
 &= 42,3303 \text{ in} = 3,5275 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari fig 5.7 hal 91 Brownell & Young didapat:

$$D_o = 48 \text{ in}$$

$$I_{cr} = 3$$

$$r = 48 \text{ in}$$

Menentukan harga di baru

$$\begin{aligned} d_i &= d_o - 2 t_s \\ &= 48,0000 - 2 \times \left(\frac{3}{16} \right) \\ &= 47,6250 \text{ in} = 3,9688 \text{ ft} \end{aligned}$$

N. Menentukan tebal tinggi tutup atas yang berbentuk standard dished

- Menentukan tebal tutup atas (tha)

Dimana : $r = d$

$$\begin{aligned} t_{ha} &= \frac{0,885 \times P_i \times d_i}{(fE - 0,1 P_i)} + C \\ &= \frac{0,885 \times 14,8389 \times 47,6250}{\left(18750 \times 0,8 - 0,1 \times 14,8389 \right)} + \frac{1}{16} \\ &= 0,1042 \times \frac{16}{16} = \frac{1,66719}{16} \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned} h_a &= 0,169 \times d_i \\ &= 0,169 \times 47,6250 \\ &= 8,04863 \text{ in} \end{aligned}$$

M. Menentukan tebal dan tinggi tutup bawah yang berbentuk conis

- Menentukan tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned} t_{hb} &= \frac{P_i \times d_i}{2(fE - 0,6 P_i) \times \cos \frac{1}{2} \alpha} + C \\ &= \frac{14,839 \times 47,6250}{2 \left(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389 \right) \cos 60^\circ} + \frac{1}{16} \\ &= \frac{706,7021}{2 \times \left(14991,0967 \right) \times 0,5} + \frac{1}{16} \\ &= 0,1096 \times \frac{16}{16} = \frac{1,75426}{16} \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi tutup bawah(hb)

$$\begin{aligned} h_b &= \frac{\frac{1}{2} d_i}{\text{tg } \frac{1}{2} \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \times 47,6250}{\text{tg } \frac{1}{2} \times 120} = \frac{23,8125}{1,73205} \text{ in} = 13,7482 \text{ in} \\ &= 1,1457 \text{ ft} \end{aligned}$$

O. Menghitung tinggi total evaporator

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total} &= h_a + h_b + h_{\text{silinder}} \\ &= 8,04863 + 13,7482 + 150 \\ &= 171,7968 \text{ in} = 14,3164 \text{ ft} \end{aligned}$$

6.4. Perhitungan dimensi lubang

Ada 5 buah lubang pada perancangan evaporator ini yaitu:

1. Lubang masuk steam
2. Lubang bahan masuk
3. Lubang prosuk keluar
4. Lubang kondensat keluar
5. Lubang uap keluar

Perancangan:

1. Lubang steam masuk

$$\begin{aligned} \text{Suhu steam masuk} &= 120 \text{ } ^\circ\text{C} = 248 \text{ } ^\circ\text{F} \\ \text{Jumlah steam masuk} &= 25907,8177 \text{ lb/jam} \\ \text{Sv} &= 248 \text{ } ^\circ\text{F} = 0,01748 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Kern, Hal 817)} \\ \mu \text{ steam} &= 0,1130 \text{ cp} = 0,2735 \text{ lb/ft.jam} \\ &= 0,0001 \text{ lb/ft.det} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ steam} = \frac{1}{\text{Sv}} = \frac{1}{0,01748} = 57,2082 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Flowrate} &= \frac{25907,8177}{57,2082} = 452,86865 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,1257968 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Asumsi : Aliran Turbulen

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,1258)^{0,45} \times (57,2082)^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3934 \times 1,6923 \\ &= 2,5965 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari App A.5-1, Geankoplis, Hal 892 diperoleh: 3 in sch = 80

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi ID} &= 2,900 \text{ in} \\ &= 0,24167 \text{ ft} = 0,07318 \text{ m} \\ \text{OD} &= 3,5 \text{ in} \\ &= 0,29167 \text{ ft} = 0,08832 \text{ m} \\ \text{Luas (A)} &= 0,0459 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{452,86865}{0,04587} = 9872,8723 \text{ ft/jam} \\ &= 2,7425 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Menghitung Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} N_{\text{Re}} &= \frac{Dvp}{\mu} = \frac{2,900 \times 2,7425 \times 57,2082}{0,00008} \\ &= 5989716,6757 > 2100 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \end{aligned}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Geankoplis, hal 60})$$

2. Lubang bahan masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu bahan masuk} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \text{Jumlah Bahan Masuk} &= 64.817,7288 \text{ lb/jam} \\
 \mu \text{ steam} &= 0,0120 \text{ lb/ft.det} \\
 \rho \text{ steam} &= 0,9600 \text{ g/cm}^3 = 59,9328 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Flowrate} &= \frac{64817,7288}{59,9328} = 1081,5068 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,3004 \text{ ft}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Asumsi : Aliran Turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times (0,3004)^{0,45} \times (59,9328)^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,5821 \times 1,7025 \\
 &= 3,8649 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari App A.5-1, Geankoplis, Hal 892 diperoleh: 4 in sch = 40

$$\begin{aligned}
 \text{Standarisasi ID} &= 4,026 \text{ in} \\
 &= 0,3355 \text{ ft} = 0,1016 \text{ m} \\
 \text{OD} &= 4,5 \text{ in} \\
 &= 0,375 \text{ ft} = 0,1136 \text{ m} \\
 \text{Luas (A)} &= 0,0884 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{1081,5068}{0,0884} = 12234,2394 \text{ ft/jam} \\
 &= 3,3984 \text{ ft/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung Bilangan Reynold

$$\begin{aligned}
 N_{\text{Re}} &= \frac{Dvp}{\mu} = \frac{4,0260 \times 3,3984 \times 59,9328}{0,01200} \\
 &= 68333,1699 > 2100 \quad (\text{Aliran Turbulen})
 \end{aligned}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Geankoplis, hal 60})$$

3. Lubang produk keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu bahan keluar} &= 97,3824 \text{ } ^\circ\text{C} = 207,28826 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \text{Jumlah bahan keluar} &= 45535,0915 \text{ lb/jam} \\
 \mu \text{ steam} &= 0,0140 \text{ lb/ft.det} \\
 \rho \text{ steam} &= 0,9600 \text{ g/cm}^3 = 59,9328 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Flowrate} &= \frac{45535,0915}{59,9328} = 759,76913 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,2110 \text{ ft}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Asumsi : Aliran Turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times (0,2110)^{0,45} \times (59,9328)^{0,13}
 \end{aligned}$$

$$= 3,9 \times 0,4966 \times 1,7025$$

$$= 3,2971 \text{ in}$$

Dari *App A.5-1, Geankoplis, Hal 892* diperoleh: 3 ½ in sch = 80

Standarisasi ID = 3,364 in
 = 0,28033 ft = 0,08488 m

OD = 4 in
 = 0,33333 ft = 0,10093 m

Luas (A) = 0,06170 ft²

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{759,76913}{0,0617} = 12313,9243 \text{ ft/jam}$$

$$= 3,4205 \text{ ft/s}$$

Menghitung Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{Dvp}{\mu} = \frac{3,364 \times 3,4205 \times 59,9328}{0,01400}$$

$$= 49259,1031 > 2100 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

$$\alpha = 1$$

(Geankoplis, hal 60)

4. Lubang kondensat keluar

Suhu kondensat keluar = 120 °C = 248 °F

Jumlah kondensat keluar = 25907,8177 lb/jam

Sv = 248 °F = 0,01725 lb/ft³ (Kem, Hal 817)

μ steam = 0,9600 cp = 0,64509 lb/ft.det

ρ steam = $\frac{1}{Sv} = \frac{1}{0,01725} = 57,9710 \text{ lb/ft}^3$

Flowrate = $\frac{25907,8177}{57,9710} = 446,90985 \text{ ft}^3/\text{jam}$

= 0,1241 ft³/det

Asumsi : Aliran Turbulen

Sehingga : ID optimal = $3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$

$$= 3,9 \times (0,1241)^{0,45} \times (57,9710)^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,3911 \times 1,6952$$

$$= 2,5855 \text{ in}$$

Dari *App A.5-1, Geankoplis, Hal 892* diperoleh: 3 in sch = 80

Standarisasi ID = 2,900 in
 = 0,24167 ft = 0,07318 m

OD = 3,5 in
 = 0,29167 ft = 0,08832 m

Luas (A) = 0,04587 ft²

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{446,90985}{0,04587} = 9742,9661 \text{ ft/jam} \\ &= 2,7064 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Menghitung Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{Dvp}{\mu} = \frac{2,900 \times 9742,9661 \times 57,9710}{0,64509} \\ &= 2539099,8498 > 2100 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \end{aligned}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Geankoplis, hal 60})$$

5. Lubang steam keluar

$$\begin{aligned} \text{Suhu steam keluar} &= 120 \text{ } ^\circ\text{C} = 248,0000 \text{ } ^\circ\text{F} \\ \text{Jumlah steam keluar} &= 19282,6373 \text{ lb/jam} \\ \mu \text{ steam} &= 0,0100 \text{ lb/ft.det} \\ \rho \text{ steam} &= 0,9600 \text{ g/cm}^3 = 59,9328 \text{ lb/ft}^3 \\ \text{Flowrate} &= \frac{19282,6373}{59,9328} = 321,73763 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0894 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Asumsi : Aliran Turbulen

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0894)^{0,45} \times (59,9328)^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,3373 \times 1,7025 \\ &= 2,2398 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari App A.5-1, Geankoplis, Hal 892 diperoleh: 2 ½ sch 40

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi ID} &= 2,323 \text{ in} \\ &= 0,19358 \text{ ft} = 0,05862 \text{ m} \\ \text{OD} &= 2,875 \text{ in} \\ &= 0,23958 \text{ ft} = 0,07255 \text{ m} \\ \text{Luas (A)} &= 0,02942 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{321,73763}{0,02942} = 10936,0175 \text{ ft/jam} \\ &= 3,0377826 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Menghitung Bilangan Reynold (N_{Re})

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{Dvp}{\mu} = \frac{2,323 \times 3,0378 \times 59,9328}{0,01000} \\ &= 42293,1929 > 2100 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \end{aligned}$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Geankoplis, hal 60})$$

6.5. Menentukan Flange Pada Lubang

Ukuran flange pada lubang standard 150 lb steel weeding-neck flange (168) dari brownell 221

Dimensi flange pada masing-masing pipa

No	Lubang	NPS	A	T	R	E	K	L	B
1	Steam	3	7 ½	15/16	5	4 1/4	3,5	2 3/4	3,07
2	Feed	4	9	15/16	6 3/16	5 5/16	4,5	3	4
3	Produk	3 ½	8 ½	15/16	5 ½	4 13/16	4	2 13/16	3,55
4	Kondensat	3	7 ½	15/16	5	4 1/4	3,5	2 3/4	3,07
5	Uap	2 ½	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2,88	2 3/4	2,47

Dimana:

- NPS = Nominal Pipe Size (in)
 A = Diameter luar flange (in)
 T = Diameter minimal flange (in)
 R = Diameter luar pembesaran (in)
 E = Diameter dari hubungan dasar (in)
 K = Diameter hubungan pada titik pengelasan (in)
 L = Panjang hubungan (in)
 B = Diameter dalam dari dinding pipa standard (in)

Diameter dimensi Flange

No	Lubang	NPS	Diameter Lubang	Diameter Baut	Sirkulasi Baut	Jumlah Baut
1	Steam	3	3/4	5/8	6	10
2	Feed	4	3/4	5/8	7 1/2	15
3	Produk	3 ½	3/4	5/8	7	12
4	Kondensat	3	3/4	5/8	6	10
5	Uap	2 ½	3/4	5/8	5 1/2	8

6.6. Menentukan Flange Pada Lubang

a. Dimensi Man Hole

Sebuah man hole direncanakan dengan diameter man = 24 in = 2 ft

Flange untuk man hole digunakan type standard 150 lb forced slip-on flanges (1680)

(Brownell and Young, hal 222)

1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 24 in
2. Do flange (A) = 32 in
3. Ketebalan Flange (T) = 1 7/8 in
4. Do dari pembesaran permukaan (R) = 27 1/4 in

5	D pusat dari dasar E	=	26 1/6	in
6.	Panjang (L)	=	3 1/4	in
7.	Diameter Luar Bor (B)	=	24,2	in
8.	Jumlah Lubang Baut	=	20	buah
9.	Diameter Lubang	=	1 3/8	in
10.	Diameter Baut	=	1 1/4	in
11.	Bolt Circle	=	29 1/2	in

b. Tutup man hole

Dipilih standard 150 lb blind flange (168)

(Brownell and Young, hal 222)

1.	Ukuran nominal pipa (NPS)	=	24	in
2.	Do flange (A)	=	32	in
3.	Ketebalan Flange Minimum (T)	=	1 7/8	in
4.	Do dari pembesaran permukaan (R)	=	27 1/4	in
5	Diameter lubang	=	1 3/8	in
6.	Jumlah lubang baut	=	20	in
7.	Diameter baut	=	1 1/4	in
8.	Bolt Cycle	=	29 1/2	in

6.7. Perhitungan perlu tidaknya penguat lubang dan man hole

Ada 6 lubang dalam perencanaan evaporator, yaitu:

1. Lubang steam masuk
2. Lubang bahan masuk
3. Lubang produk keluar
4. Lubang kondensat keluar
5. Lubang uap keluar
6. Lubang man hole

Perancangannya adalah:

1. Lubang steam masuk

Diameter lubang	=	3	in
Diameter dalam	=	2,900	in
Diameter luar	=	3,5	in

Asumsi:

two	=	tebal pengelasan luar	=	0,25	in
twi	=	tebal pengelasan dalam	=	0,25	in
tp	=	3/16	in		
ts	=	3/16	in		

Diketahui:

t min	=	terkecil diantara ts, tn dan tp
tn	=	Do lubang - Di lubang

$$\begin{aligned}
 &= 3,5 - 2,900 \\
 &= 0,6000 \\
 \text{two in} &= 0,5 \times t \text{ min} \\
 &= 0,5 \times 0,250 \\
 &= 0,1250
 \end{aligned}$$

two > two min, maka pengelasan memadai.

Diameter penguatan maksimum

$$\begin{aligned}
 D_p &= 2 \times D_{in \text{ max}} \\
 &= 2 \times 2,900 \\
 &= 5,8000 \text{ in} \\
 &= 0,48333 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,9688 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 2,900 \text{ in} = 0,2417 \text{ ft}$$

Maka

- Tebal silinder teoritis (trs)

$$\begin{aligned}
 \text{trs} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\
 &= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\
 &= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)} \\
 &= 0,02357 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Tebal silinder teoritis (trn)

$$\begin{aligned}
 \text{trn} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\
 &= \frac{14,8389 \times 2,9000}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\
 &= \frac{43,0328}{2 \times (14991,0967)} \\
 &= 0,00144 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = \text{trs} \times d_{in} = 0,0235707 \times 2,900 = 0,0684 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (t_s - \text{trs} - C) \times d_{in} \\
 &= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 2,900 \\
 &= 0,29414 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 2 \left[(t_n - t_{rn} - C) \times \left(2 \frac{1}{4} t_n + t_p \right) \right] \\
 &= 2 \left[\left(0,6 - 0,0014353 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} 0,6 + \frac{3}{16} \right) \right] \\
 &= 2 \times (0,53606 \times 0,4875) \\
 &= 0,52266 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 = 0,29414 + 0,5227 = 0,81681 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

2. Lubang bahan masuk

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

$$\text{Diameter dalam} = 4,026 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 4,5 \text{ in}$$

Asumsi:

$$t_{wo} = \text{tebal pengelasan luar} = 0,25 \text{ in}$$

$$t_{wi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 0,25 \text{ in}$$

$$t_p = 3/16 \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui:

$$t_{\min} = \text{terkecil diantara } t_s, t_n \text{ dan } t_p$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 4,5 - 4,026$$

$$= 0,4740$$

$$t_{wo \text{ in}} = 0,5 \times t_{\min}$$

$$= 0,5 \times 0,250$$

$$= 0,1250$$

$t_{wo} > t_{wo \text{ min}}$, maka pengelasan memadai.

$$D_p = 2 \times D_{in \text{ max}}$$

$$= 2 \times 4,026$$

$$= 8,0520 \text{ in}$$

$$= 0,671 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,96875 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 4,026 \text{ in} = 0,3355 \text{ ft}$$

Maka

- Tebal silinder teoritis (t_{rs})

$$t_{rs} = \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)}$$

$$= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)}$$

$$= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)}$$

$$= 0,02357 \text{ in}$$

- Tebal silinder teoritis (trn)

$$trn = \frac{Pi \times di}{2 (fE - 0,6 Pi)}$$

$$= \frac{14,8389 \times 4,0260}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)}$$

$$= \frac{59,7414}{2 \times (14991,0967)}$$

$$= 0,00199 \text{ in}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = trs \times din = 0,0235707 \times 4,026 = 0,0949 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (ts - trs - C) \times din$$

$$= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 4,026$$

$$= 0,40835 \text{ in}^2$$

$$A_2 = 2 \left[(tn - trn - C) \times \left(2 \frac{1}{4} tn + tp \right) \right]$$

$$= 2 \left[\left(0,5 - 0,0019926 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} 0,5 + \frac{3}{16} \right) \right]$$

$$= 2 \times (0,40951 \times 0,4245)$$

$$= 0,34767 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 = 0,4084 + 0,3477 = 0,7560 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

3. Lubang produk keluar

$$\text{Diameter lubang} = 3 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 3,364 \text{ in}$$

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

Asumsi:

$$two = \text{tebal pengelasan luar} = 0,25 \text{ in}$$

$$twi = \text{tebal pengelasan dalam} = 0,25 \text{ in}$$

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

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

Diketahui:

$$t_{\min} = \text{terkecil diantara } ts, tn \text{ dan } tp$$

$$tn = Do \text{ lubang} - Di \text{ lubang}$$

$$= 4 - 3,364$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6360 \\
 \text{two in} &= 0,5 \times t \text{ min} \\
 &= 0,5 \times 0,250 \\
 &= 0,1250
 \end{aligned}$$

two > two min, maka pengelasan memadai.

Diameter penguatan maksimum

$$\begin{aligned}
 D_p &= 2 \times D_{in \text{ max}} \\
 &= 2 \times 3,364 \\
 &= 6,7280 \text{ in} \\
 &= 0,56067 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,9688 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 3,364 \text{ in} = 0,2803 \text{ ft}$$

Maka

- Tebal silinder teoritis (trs)

$$\begin{aligned}
 \text{trs} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\
 &= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\
 &= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)} \\
 &= 0,02357 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Tebal silinder teoritis (trn)

$$\begin{aligned}
 \text{trn} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\
 &= \frac{14,8389 \times 3,3640}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\
 &= \frac{49,9180}{2 \times (14991,0967)} \\
 &= 0,00166 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = \text{trs} \times d_{in} = 0,0235707 \times 3,364 = 0,0793 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (t_s - \text{trs} - C) \times d_{in} \\
 &= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 3,364 \\
 &= 0,34121 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$A_2 = 2 \left[(t_n - \text{trn} - C) \times \left(2 \frac{1}{4} t_n + t_p \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \left[\left(0,6 - 0,0016649 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} \cdot 0,6 + \frac{3}{16} \right) \right] \\
 &= 2 \times (0,57184 \times 0,5055) \\
 &= 0,57813 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 = 0,34121 + 0,5781253 = 0,91933 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

4. Lubang kondensat keluar

$$\text{Diameter lubang} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 2,900 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 3,5 \text{ in}$$

Asumsi:

$$t_{wo} = \text{tebal pengelasan luar} = 0,25 \text{ in}$$

$$t_{wi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 0,25 \text{ in}$$

$$t_p = 3/16 \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui:

$$t_{\min} = \text{terkecil diantara } t_s, t_n \text{ dan } t_p$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 3,5 - 2,900$$

$$= 0,6000$$

$$t_{wo \text{ in}} = 0,5 \times t_{\min}$$

$$= 0,5 \times 0,250$$

$$= 0,1250$$

$t_{wo} > t_{wo \text{ min}}$, maka pengelasan memadai.

$$D_p = 2 \times D_{in \text{ max}}$$

$$= 2 \times 2,900$$

$$= 5,8000 \text{ in}$$

$$= 0,48333 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,96875 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 2,900 \text{ in} = 0,24167 \text{ ft}$$

Maka

Maka

- Tebal silinder teoritis (t_{rs})

$$t_{rs} = \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)}$$

$$= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)}$$

$$= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)}$$

$$= 0,02357 \text{ in}$$

- Tebal silinder teoritis (t_{rn})

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{P_i \times d_i}{2(fE - 0,6 P_i)} \\ &= \frac{14,8389 \times 2,9000}{2(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\ &= \frac{43,0328}{2 \times (14991,0967)} \\ &= 0,00144 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0235707 \times 2,900 = 0,0684 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} A_1 &= (t_s - t_{rs} - C) \times d_{in} \\ &= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 2,900 \\ &= 0,29414 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \left[(t_n - t_{rn} - C) \times \left(2 \frac{1}{4} t_n + t_p \right) \right] \\ &= 2 \left[\left(3,5 - 0,0014353 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} 3,5 + \frac{3}{16} \right) \right] \\ &= 2 \times (3,43606 \times 1,9375) \\ &= 13,3148 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 = 0,29414 + 13,314751 = 13,6089 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

5. Lubang uap keluar

$$\text{Diameter lubang} = 2 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 2,323 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 2,875 \text{ in}$$

Asumsi:

$$t_{wo} = \text{tebal pengelasan luar} = 0,25 \text{ in}$$

$$t_{wi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 0,25 \text{ in}$$

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

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

Diketahui:

$$t_{\min} = \text{terkecil diantara } t_s, t_n \text{ dan } t_p$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 2,875 - 2,323$$

$$= 0,5520$$

$$\begin{aligned} \text{two in} &= 0,5 \times t \text{ min} \\ &= 0,5 \times 0,250 \\ &= 0,1250 \end{aligned}$$

two > two min, maka pengelasan memadai.

$$\begin{aligned} D_p &= 2 \times D_{in \text{ max}} \\ &= 2 \times 2,323 \\ &= 4,6460 \text{ in} \\ &= 0,38717 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,96875 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 2,323 \text{ in} = 0,19358 \text{ ft}$$

Maka

- Tebal silinder teoritis (trs)

$$\begin{aligned} \text{trs} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\ &= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\ &= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)} \\ &= 0,02357 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tebal silinder teoritis (trn)

$$\begin{aligned} \text{trn} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\ &= \frac{14,8389 \times 2,3230}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\ &= \frac{34,4707}{2 \times (14991,0967)} \\ &= 0,00115 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = \text{trs} \times d_{in} = 0,0235707 \times 2,323 = 0,0548 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} A_1 &= (t_s - \text{trs} - C) \times d_{in} \\ &= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 2,323 \\ &= 0,23562 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \left[(t_n - \text{trn} - C) \times \left(2 \frac{1}{4} t_n + t_p \right) \right] \\ &= 2 \left[\left(2,9 - 0,0011497 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} 2,9 + \frac{3}{16} \right) \right] \end{aligned}$$

$$= 2 \times (2,81135 \times 1,625)$$

$$= 9,13689 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 = 0,23562 + 9,1368885 = 9,37251 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

6. Lubang man hole

$$\text{Diameter lubang} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 23,250 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 24 \text{ in}$$

Asumsi:

$$\text{two} = \text{tebal pengelasan luar} = 0,25 \text{ in}$$

$$\text{twi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 0,25 \text{ in}$$

$$\text{tp} = 3/16 \text{ in}$$

$$\text{ts} = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui:

$$t \text{ min} = \text{terkecil diantara ts, tn dan tp}$$

$$\text{tn} = \text{Do lubang} - \text{Di lubang}$$

$$= 24 - 23,250$$

$$= 0,7500$$

$$\text{two in} = 0,5 \times t \text{ min}$$

$$= 0,5 \times 0,250$$

$$= 0,1250$$

$\text{two} > \text{two min}$, maka pengelasan memadai.

$$D_p = 2 \times D_{in \text{ max}}$$

$$= 2 \times 23,250$$

$$= 46,5000 \text{ in}$$

$$= 3,875 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 47,6250 \text{ in} = 3,96875 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ lubang} = 23,250 \text{ in} = 1,9375 \text{ ft}$$

Maka

- Tebal silinder teoritis (trs)

$$\text{trs} = \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)}$$

$$= \frac{14,8389 \times 47,6250}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)}$$

$$= \frac{706,7021}{2 \times (14991,0967)}$$

$$= 0,02357 \text{ in}$$

- Tebal silinder teoritis (t_{rn})

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{P_i \times d_i}{2 (fE - 0,6 P_i)} \\ &= \frac{14,8389 \times 23,2500}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,8389)} \\ &= \frac{345,0042}{2 \times (14991,0967)} \\ &= 0,01151 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung:

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0235707 \times 23,250 = 0,5480 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} A_1 &= (t_s - t_{rs} - C) \times d_{in} \\ &= \left(\frac{3}{16} - 0,02357 - \frac{1}{16} \right) \times 23,250 \\ &= 2,35823 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 2 \left[(t_n - t_{rn} - C) \times \left(2 \frac{1}{4} t_n + t_p \right) \right] \\ &= 2 \left[\left(0,8 - 0,011507 - \frac{1}{16} \right) \times \left(2 \frac{1}{4} 0,8 + \frac{3}{16} \right) \right] \\ &= 2 \times (0,67599 \times 0,5625) \\ &= 0,76049 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 = 2,35823 + 0,7604922 = 3,11872 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

6.9. Perhitungan dimensi gasket, bolting, dan flange pada tangki

Bagian tutup evaporator dan bagian shell evaporator dihubungkan secara flange untuk mempermudah perbaikan dan perawatan

1. Gasket

Dari Brownell & Young, Fig 12.11 hal 228, didapat:

Bahan Konstruksi : Asbestos

Gasket factor (m) : 2

Tebal : 1/8

Min design seting stress : 1600

a. Perhitungan lebar gasket

Dari Brownell & Young, Pers 12.11 hal 228, didapat:

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

Dimana

- d_o = diameter luar gasket

- d_i = diameter dalam gasket
- y = yield stress
- p = internal pressure
- m = Gasket factor (C)

Maka didapatkan:

$$\frac{d_o}{d_i} = \frac{\sqrt{1600 - (30,8530 \times 2)}}{\sqrt{1600 - 30,8530(2+1)}} = \left(\frac{1543,4849}{1515,2273} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,00928 \text{ in}$$

Asumsi : ID gasket = 47,6250 in , maka OD

$$OD = 47,6250 \times 1,0092815 = 48,067029 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= \frac{d_o - d_i}{2} = \frac{48,067029 - 47,6250}{2} \\ &= 0,2210 \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

b. Perhitungan beban gasket

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

Dimana:

- b = lebar efektif gasket
- y = design stress minimal
- g = diameter rata-rata gasket
- n = tebal gasket
- G = $g + n$

$$= 47,6250 + \frac{1}{8}$$

$$= 47,7500$$

$$b_o = n/2$$

Dari Brownell & Young, fig 12.12 hal 229, diketahui bahwa:

$$b_o = b_o < 0,25$$

$$b_o = \frac{1/8}{2} = 0,0625 \text{ in}$$

$$b = b_o = 0,0625 \text{ in}$$

maka:

$$\begin{aligned} W_{m2} &= H_y = \pi \times b \times G \times y \\ &= 3,14 \times 0,0625 \times 47,7500 \times 1600 \\ &= 14993,5000 \text{ lb} \end{aligned}$$

Menghitung beban operasi total pada kondisi kerja W_{m1} ,

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

- Beban untuk menjaga sambungan (H_p)

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

$$= 2 \times 0,0625 \times 3,14 \times 47,7500 \times 28,2576 \times 2$$

$$= 1059,1993 \text{ lb}$$

- Beban tekanan dalam

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

$$= \frac{3,14}{4} \times 47,7500^2 \times 28,2576$$

$$= 50576,7677 \text{ lb}$$

Jadi beban berat pada kondisi operasi didapatkan:

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

$$= 50576,7677 + 1059,1993 = 51635,9670 \text{ lb}$$

$W_{m1} > W_{m2}$ maka beban yang mengontrol dalam proses adalah W_{m1}

2. Bolting

Dari Brownell Young App. D-4 hal 344, didapat:

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 193 Grade B8 type 304

Tensile Strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 15000 psia

a. Menghitung luas minimum baut area A_m

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{fb} = \frac{51635,9670}{15000} = 3,4424 \text{ in}^2$$

Ukuran baut optimum, dari Brownell hal. 188 dicoba ukuran baut 1 in
maka root area = 0,55 in²

Jumlah bolting minimum (Brownell hal.188)

$$N = \frac{A_{m1}}{\text{Root Area}} = \frac{3,4423978}{0,551} = 6,2475 = 6$$

Sehingga dari Brownell and Young hal. 188 diperoleh

- Ukuran nominal baut = 1 in
- Root area = 1 in²
- Bolt spacing = 2 1/4 in
- Jarak radial minimum (R) = 1 3/8 in
- Jarak dari tepi (E) = 1 1/16 in
- Nut dimension = 1 5/8 in
- Radius filter maks (r) = 7/16 in

b. Pengecekan lebar gasket

$$Ab \text{ actual} = \text{Jumlah baut} \times \text{Root Area}$$

$$= 6 \times 0,551 = 3,3060 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum

$$W = \frac{Ab \text{ actual} \times \text{Allowable}}{2 \times y \times G \times \pi}$$

$$= \frac{3,306 \times 15000}{2 \times 75000 \times 47,7500 \times 3,14}$$

$$= 0,0022 \text{ in}$$

Karena $W = 0,0022 \text{ in} < \text{lebar gasket yang ditentukan } 1/8 \text{ maka}$
lebar gasket memadai

3. Flange

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

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 193 Grade S type 304

Tensile Strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750 psia

a. Menghitung diameter luar flange (A)

$$\text{Flange OD} = A = \text{bolt circle diameter} + 2E$$

$$= C + 2E$$

$$R = 1 \frac{5}{16} \text{ in dan } E = \frac{3}{4}$$

$$C = 2 \times (1,4150 \text{ go} + R) + \text{ID gasket} \quad (\text{Brownell \& Young, Hal 243})$$

$$\text{Dimana go} > \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$\text{Diambil go} = 0,8 \text{ in}$$

$$C = 2 \times (1,4150 \times 0,8 + 1 \frac{5}{16}) + 47,6250$$

$$= 50,5140 \text{ in}$$

$$A = \text{OD}$$

$$= 50,5140 + (2 \times \frac{3}{4}) = 52,014$$

Perhitungan momen

Total momen pada kondisi up (tanpa tekanan dalam)

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{1}{2} \times (A_{m1} + A_b) \times \text{fall} \quad (\text{Brownell \& Young, Hal 243})$$

$$= 0,5 \times (3,4423978 + 3,3060) \times 18750$$

$$= 63266,2294 \text{ lb}$$

- Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle

$$h_G = \frac{1}{2} \times (C - G)$$

$$= 0,5 \times (50,5140 - 47,7500)$$

$$= 1,3820 \text{ in}$$

Momen flange (M_a)

$$\begin{aligned} M_a &= h_G \times W \\ &= 1,3820 \times 63266,2294 \\ &= 87433,92903 \text{ lb in} \end{aligned}$$

Untuk kondisi operasi

$$\begin{aligned} W &= W_{m1} && \text{(Brownell \& Young, Hal 243)} \\ &= H + H_p \\ &= 50576,7677 + 1059,1993 = 51635,9670 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Menghitung momen M_D

$$M_D = H_D \times h_D$$

- Tekanan hidrostatik pada daerah flange (H_D)

$$H_D = 0,7850 \times B^2 \times P$$

$$\text{Dimana: } B = \text{OD shell} = 50,5140 \text{ in}$$

$$P = 28,2576$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } H_D &= 0,79 \times 50,5140^2 \times 28,2576 \\ &= 56601,4867 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Jarak jari-jari bolt circle pada h_D

$$h_D = \frac{1}{2} \times (C - G)$$

$$= 0,5 \times (50,5140 - 47,7500)$$

$$= 1,3820 \text{ in}$$

Momen komponen M_D

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \times h_D \\ &= 56601,4867 \times 1,3820 \\ &= 78223,2547 \text{ lb in} \end{aligned}$$

c. Menghitung komponen momen ke M_G

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$h_G = 1,3820 \text{ in}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total

$$\begin{aligned} H_G &= W - H = W_{m1} - H \\ &= 51635,9670 - 50576,7677 \\ &= 1059,1993 \text{ lb} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 1059,1993 \times 1,3820 \\ &= 1463,8135 \text{ lb in} \end{aligned}$$

d. Menghitung komponen momen ke M_T

$$M_T = H_T \times h_T$$

- Perbedaan antara gaya hidrostatik total dengan gaya hidrostatik dalam area flange

$$\begin{aligned} H_T &= H_D - H \\ &= 56601,4867 - 50576,7677 \\ &= 6024,7190 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_T &= \frac{1}{2} \times (h_D + h_G) \\ &= 0,5 \times (1,3820 + 1,3820) \\ &= 1,3820 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 6024,7190 \times 1,3820 \\ &= 8326,1617 \text{ lb in} \end{aligned}$$

e. Total momen pada kondisi operasi

$$\begin{aligned} M_O &= M_D + M_G + M_T \\ &= 78223,2547 + 1463,8135 + 8326,1617 \\ &= 88013,2298 \text{ lb in} \end{aligned}$$

e. Perhitungan tebal flange

$$T = \frac{Y \times M_{\max}}{f \times B}$$

Dimana

$$M_{\max} = M_O$$

$$f = \text{stress} = 18750$$

$$\text{Do flange} = A = 52,0140$$

$$B = \text{OD evaporator} = 48,000 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = \frac{52,0140}{48,0000} = 1,0836 \text{ in}$$

Dari fig. 12.12, hal 238, Brownell and Young, didapatkan

$$Y = 27$$

$$\begin{aligned} T &= \sqrt{\frac{27 \times 78119,5565}{18750 \times 42}} \\ &= 1,62493 \end{aligned}$$

Dipakai tebal flange = 3 in

Kesimpulan :

1. Gasket

Bahan Kontruksi	= Asbestos
Gasket factor (m)	= 2
Tebal	= 1/8
Min design setting stress	= 1600

2. Bolting

Bahan Konstruksi	= Stainless Steel SA 193 Grade B8 type 304
Tensil Strength minimum	= 75000 psia
Allowable stress (f)	= 15000 psia

3. Flange

Bahan Konstruksi	= Stainless Steel SA 193 Grade S type 304
Tensil Strength minimum	= 75000 psia
Allowable stress (f)	= 18750 psia

6.10. Perhitungan Sistem Penyangga Evaporator

a. Berat bejana kosong

$$OD = 48,0000$$

$$ID = 47,6250$$

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

$$\text{Densitas bejana } (\rho) = 489$$

(Perry, edisi 6, tabel 3-118)

$$\text{Tinggi Silinder } (L_s) = 150 = 12,5$$

$$W_s = \frac{\pi}{4} \times (do^2 - di^2) \times \rho \times H$$

$$= \frac{3,14}{4} \times (48,0000^2 - 47,6250^2) \times 489 \times 12,5$$

$$= 0,7850 \times 35,86 \times 6112,5 = 172064,4873 \text{ lb in}$$

b. Berat tutup bejana

- Tutup bawah conis

$$V = \frac{\pi \times (do^2 - di^2)}{24 \text{ tg } (1/2) \alpha}$$

$$= \frac{3,14 \times (48^3 - 47,6250^3)}{24 \text{ tg } 60}$$

$$= \frac{8075,4606}{24 \times 1,73205} = 194,26548 \text{ ft}^3$$

$$W_{ta} = V \times \rho$$

$$\begin{aligned}
 &= 194,26548 \times 489 \\
 &= 94995,81966 \text{ lb} = 43089,15384 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tutup atas standard dished

$$\begin{aligned}
 V &= 0,00049 \times (d_o^3 - d_i^3) \\
 &= 0,00049 \times (48^3 - 47,6250^3) \\
 &= 1,2602 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{tb} &= V \times \rho \\
 &= 1,2602 \times 489 \\
 &= 616,2297 \text{ lb} = 279,5156 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Total W tutup

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tutup}} &= W_{ta} + W_{tb} \\
 &= 616,2297 + 94995,81966 \\
 &= 95612,0493 \text{ lb} = 43368,6694 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Berat larutan evaporator WL

$$\begin{aligned}
 W_L &= 64817,7288 \times \frac{60}{3600} = 1080,2955 \text{ lb} \\
 &= 490,0112 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Berat tube (WT)

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter luar} &= 0,1250 \text{ ft} \\
 \text{Diameter dalam} &= 0,1133 \text{ ft} \\
 \rho \text{ tube} &= 489
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_T &= \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times \rho \times \text{Jumlah tube} \times 1 \\
 &= \frac{3,14}{4} \times (0,1250^2 - 0,1133^2) \times 489 \times 503 \\
 &= 8598,1178 \text{ lb} = 3900,0203 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Berat steam

$$W_{st} = 11751,5270 \text{ lb/jam} = 5330,3751 \text{ kg/jam}$$

f. Berat isolasi

Pemilihan isolasi = Asbestos fiber standart

ρ asbestos = 36

Asumsi tebal isolasi = 3 in

$OD_{\text{isolasi}} = D_{\text{Shell}} + \text{tebal isolasi}$

$$= 48 + 3 = 51 \text{ in} = 4,25 \text{ ft}$$

$$H = L_s = 150 \text{ in} = 12,50 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 w_1 &= \frac{\pi}{4} \times (OD_{isolasi}^2 - ID_{isolasi}^2) \times H \times \rho \\
 &= \frac{3,14}{4} \times (4,2500^2 - 3,5950^2) \times 12,5 \times 36 \\
 &= 1815,1663 \text{ lb} = 823,3413 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

g. Berat perlengkapan lain di shell

Diambil 25% berat shell maka

$$\begin{aligned}
 W_P &= 25\% \times 172064,4873 \\
 &= 43016,12183 \text{ lb} = 19511,6827 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total} &= \\
 &= 172064,4873 + 95612,0493 + 1080,2955 + \\
 &\quad 8598,1178 + 11751,5270 + 1815,1663 + \\
 &\quad 43016,12183 \\
 &= 333937,765 \text{ lb} = 151470,8308 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk faktor pengamanan dipakai safety 20% lebih besar, maka total berat:

$$\begin{aligned}
 W_{safety} &= 20\% \times 333937,765 \\
 &= 66787,55301 \text{ lb} = 30294,1662 \text{ kg} \\
 W_{total} &= 66787,55301 + 333937,7650 \\
 &= 400725,3180 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

n. Perancangan leg support

Evaporator dianggap terletak di dalam ruangan sehingga tekanan angin tidak di kontrol ($P_w=0$)

Untuk penahanan dipilih kolom jenis I-Beam ditrial (Brownell and Young hal 35) dengan jumlah 4 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Beban tiap kolom (P)} &= \frac{\text{Berat total}}{4} = \frac{400725,3180}{4} \\
 &= 20036,2659
 \end{aligned}$$

Untuk I-Beam ditrial (Brownell and Young, hal 355) dengan ukuran (12 x 5) didapatkan adalah

Berat

$$\text{Luas bejana (Ay)} = 35 \text{ lb}$$

$$\text{Kedalaman beam (h)} = 10,2$$

$$\text{Lebar dari flange (b)} = 5,078 \text{ in}$$

I-Beam digunakan tanpa beban eksentrik maka;

$$R2-2 = 1$$

$$I2-2 = 10$$

$$\text{Jarak dari base plate ke dasar kolom} = 5 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi total silinder} = H - L = 8$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{2} H + 2 \frac{1}{2} \text{ ft} \\
 &= 0,5 \times 12,5 + 2,5 \\
 &= 8,7500 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{8,7500 \times 12}{0,99} = 106,06061$$

karena $\frac{l}{r}$ terletak diantara 60-200 maka $\rho = 18000$

$$\begin{aligned}
 f_c \text{ aman} &= \frac{18000}{1 + \frac{(l/r)^2}{18000}} \\
 &= \frac{18000}{1 + \frac{(106,06061)^2}{18000}} \\
 &= 11077,35778
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas (A) yang dibutuhkan} = \frac{P}{F_c \text{ aman}} = \frac{20036,2659}{11077,35778} = 1,80876 \text{ in}^2$$

Karena A yang dibutuhkan < A yang tersedia, maka I-Bem dengan ukuran tersebut memadai

i. Dimensi base plate

$$P = 20036,2659$$

f_c = stress pada penahan. Digunakan beban beton yaitu $f = 600 \text{ lb/in}^2$

- Menghitung luas base plate

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

Sehingga:

$$A_{bp} = \frac{20036,2659}{600} = 33,393777$$

- Menghitung panjang dan lebar dari base plate

$$\begin{aligned}
 A_{bp} &= \text{luas base plate} \\
 &= 33,393777
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Panjang base plate} \\
 &= 2m + 0,95 h
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \text{Lebar base plate} \\
 &= 2n + 0,8 b
 \end{aligned}$$

Diasumsikan $m = n$

$$b = 4,944$$

$$h = 10$$

Maka:

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

$$\begin{aligned}
 33,393777 &= (2 \text{ m} + (0,95 \times 10)) \times (2 \text{ m} + 0,8 \\
 &\quad \times 4,944) \\
 33,393777 &= (2 \text{ m} + 9,5) \times (2 \text{ m} + 3,9552) \\
 33,393777 &= 4 \text{ m}^2 + 7,9104 \text{ m} + 19 \text{ m} + 37,5744 \\
 0 &= 4 \text{ m}^2 + 26,9104 \text{ m} + 4,1806
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$\frac{-26,9104 \pm \sqrt{26,9104^2 - (4 \times 4 \times 9,5124)}}{2 \times 4} \quad \begin{array}{l} -26,9104 \\ 25,637466 \\ 8,0000 \end{array}$$

$$m_1 = -0,1591$$

$$m_2 = -6,5685$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{- Panjang base plate (p)} &= 2 \text{ m} + 0,95 \text{ h} \\
 &= 2 \times -0,159 + 0,95 \times 10 \\
 &= 9,1818 \text{ in} = 9 \text{ in} \\
 \text{- Lebar base plate (l)} &= 2 \text{ n} + 0,8 \text{ b} \\
 &= 2 \times -0,159 + 0,8 \times 4,94 \\
 &= 3,6370 \text{ in} = 4 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang plate 9 in dan lebar plate 4 in maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah

$$9 \times 4 \text{ dengan luas (A) = 35}$$

Peninjauan terhadap bearing capacity (F)

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

Dengan

$$\begin{aligned}
 \text{- } f &= \text{Bearing capacity} \\
 \text{- } P &= \text{beban tiap kolom} = 20036,2659 \\
 \text{- } A &= \text{Luas base plate} = 35
 \end{aligned}$$

maka

$$f = \frac{20036,2659}{35} = 572,4647$$

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

Peminjaman terhadap harga m dan n

$$\begin{aligned}
 \text{- Panjang base plate (p)} &= 2 \text{ m} + 0,95 \text{ h} \\
 9 &= 2 \text{ m} + 0,95 \times 4 \\
 \text{m} &= 2,6 \\
 \text{- Lebar base plate (l)} &= 2 \text{ n} + 0,8 \text{ b} \\
 4 &= 2 \text{ n} + 0,8 \times 4,94 \\
 \text{n} &= 0,0224
 \end{aligned}$$

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

Dari Hesse, pers. 7-12 hal 163 :

$$t = \sqrt{0,00015 \times f \times n^2}$$

Dengan :

t = tebal base plate, in

f = Actual unit pressure yang terjadi pada plate
= 572,4647 psi

n = 0,0224 in

Tebal base plate

$t = 0,0066 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$

Jadi digunakan tebal base plate 1 in

j. Ukuran baut

Beban tiap baut

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}} = \frac{20036,2659}{10} = 2003,6266$$

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

Dimana:

f_{baut} = stress tiap baut max
= 1200

$$A_{\text{baut}} = \frac{2003,6266}{1200} = 1,6697$$

$d_{\text{baut}} = 1,515$

Dari brownell & young, tabel 10.4 hal 188 diperoleh dengan dimensi baut sebagai berikut

Ukuran baut (d) = 1 5/8 in

Root Area (A) = 1,515

k. Dimensi lug support

Dasar perhitungan:

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh;

- Lebar lug

$$\begin{aligned} A &= \text{lebar lug} &&= \text{Ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &&&= 1 \frac{5}{8} + 9 \\ &&&= 10,6250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{jarak gusket} &&= \text{Ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &&&= 1 \frac{5}{8} + 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,625 \\
 - \text{ Lebar gusket (L)} &= 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \text{ ukuran baut}) \\
 &= 2 \times (4 - 0,5 \times 0,6250) \\
 &= 7,3750 \\
 - \text{ Lebar lug atas (a)} &= 0,5 (\text{panjang kolom} + \text{ukuran baut}) \\
 &= 0,5 \times (2,6 + 0,6250) \\
 &= 1,613 \\
 \text{Perbandingan tebal base plate} &= \frac{B}{L} = \frac{9,6250}{7,3750} = 1,30508
 \end{aligned}$$

Dari tabel 10.4 hal 188, Brownell didapat

Nut dimension = 2 9/16 in

$$\begin{aligned}
 e &= 0,5 \times \text{nut dimension} \\
 &= 0,5 \times 2,5625 \text{ in} \\
 &= 1,28125
 \end{aligned}$$

- Tebal plate horizontal

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari persamaan 10.40, hal 192, Brownell :

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left((1+\mu) \ln \frac{2l}{e\pi} + 1 - \gamma_1 \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban tiap baut} &= 2003,6266 \text{ lb} \\
 \mu &= \text{Poisson's ratio} &= 0,3 \text{ untuk steel} \\
 L &= \text{Panjang horizontal plate bawah} &= 7,3750 \\
 e &= \text{nut dimension} &= 1,28125 \\
 \gamma &= 0,565
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{7553,009}{4 \times 3,13} \left((1+0,3) \ln \frac{2 \times 5}{1,9375 \times 3,14} + 1 - 0,565 \right) \\
 &= 338,82017 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

M_y disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$t_{hp} = 0,3293 \text{ in}$$

Maka digunakan plate dengan tebal = 0,3293 in

- Tebal plate vertikal (Gusset)

dari fig 10.6, hal 191, Brownell dan pers. 10.47 hal 194, diperoleh

$$\text{Gusset min} = \frac{3}{8} \times t_{hp}$$

$$= \frac{3}{8} \times 0,3293 = 0,1235 \text{ in}$$

- Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} hg &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 10,6250 + 1 \frac{5}{8} \\ &= 12,25 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tinggi lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lug} &= hg + 2thp \\ &= 10,6250 + (2 \times 0,3293) \\ &= 11,2836 \text{ in} \end{aligned}$$

- Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

* Lug	* Gusset
- Lebar = 1,6125 in	- Lebar = 7,3750 in
- Tebal = 0,3293 in	- Tebal = 0,1235 in
- Tinggi = 11,2836 in	- Tinggi = 12,2500 in

1. Dimensi Pondasi

- beban tiap kolom (w) = 20036,2659 lb
- beban base plate (Wbp) = $p \times l \times t \times \rho$

Dimana :

$$\begin{aligned} p &= \text{panjang base plate} = 9 \text{ in} \\ l &= \text{lebar base plate} = 4 \text{ in} \\ t &= \text{tebal base plate} = 1 \text{ in} \\ \rho &= 489 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Maka Wbp} = 9 \times 4 \times 1 \times 489 = 17604 \text{ lb}$$

- Beban kolom penyangga (Wp)

$$Wp = L \times A \times F \times \rho$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L &= \text{tinggi kolom} = 10 \text{ in} = 0,8333 \text{ ft} \\ A &= \text{luas kolom I-Bem} = 10,2 \text{ in}^2 = 0,85 \text{ ft}^2 \\ F &= \text{Faktor koreksi} = 3,4 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Wp &= 0,8333 \times 0,85 \times 3,4 \times 489 \\ &= 1177,675 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi berat total (Wt)

$$\begin{aligned} Wt &= W + Wp + Wbp \\ &= 20036,2659 + 1177,675 + 17604 \\ &= 38817,9409 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dianggap bahwa hanya ada gaya vertikal dari berat kolom itu sendiri yang bekerja pada pondasi, maka diambil :

$$\text{Luas pondasi atas} = 20 \text{ in} \times 20 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas pondasi bawah} &= 25 \text{ in} \times 25 \text{ in} \\
 \text{Tinggi pondasi} &= 15 \text{ in} \\
 \text{Luas pondasi rata-rata} &= \frac{\text{Luas pondasi atas} + \text{luas pondasi bawah}}{2} \\
 &= \frac{(20 \times 20) + (25 \times 25)}{2} \\
 &= 712,5000 \text{ in}^2 \\
 \text{Volume pondasi} &= A \times H \\
 &= 712,5000 \times 15 \\
 &= 10687,5000 \text{ ft}^3 \\
 \text{Berat pondasi digunakan pondasi semen stanosad} &= 144 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{(perry's ed 6, tabe 3-118)} \\
 \text{Berat pondasi} &= V \times \rho \\
 &= 10687,5000 \times 144 \\
 &= 15390,0000 \text{ lb} \\
 &= 6980,8582 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung tekanan tanah :

Diasumsikan pondasi tanah adalah semen sand dan gravel dengan save bearing power maksimal 10 ton/ft² atau maksimal 22046 lb/ft²

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan tanah} &= \frac{\text{beban pondasi} + \text{berat beban total}}{\text{luas permukaan pondasi}} \\
 &= \frac{15390,0000 + 38817,9409}{712,5000} \\
 &= 15390,54481 \text{ lb/in}^2 \\
 &= 15390,54481 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

Karena tekanan pada tanah terletak di antara nilai yang diizinkan maka pondasi yang digunakan memadai.

Kesimpulan Spesifikasi Evaporator

- Nama alat : Evaporator
 Kode alat : V-120
 Jenis : Double effect evaporator
 Fungsi : Untuk memisahkan kandungan air dalam produk
 Type : Short tube vertical dengan tutup atas berbentuk standar dished dan tutup bawah berbebtuk conical ($\alpha = 120$)
 Bahan konstruks : Stainles Steel SA 240 Grade M Type 316

Prinsip kerja :

Evaporator merupakan alat untuk memekatkan larutan ataupun penguap yang terdiri dari silinder besar (shell) dan didalamnya terdapat pipa-pipa kecil (tube). Larutan masuk di dalam, sedangkan steam sebagai media pemanas akan masuk di dalam shell yang disirkulasi pada shell-shell evaporator tersebut, sehingga terjadi kontak tidak langsung antara steam dengan larutan yang akhirnya sebagian air akan menguap dan larutan akan turun melalui down take untuk keluar sebagai produk dengan konsentrasi yang lebih pekat

Kesimpulan Dimensi alat

A. Tube

- Susunan pipa = Triangular pitch
- Panjang pipa = 5 ft = 60 in
- Diameter dalam pipa = 1,36 in
- Diameter luar pipa = 1,5 in
- Jumlah tube = 503 buah
- NPS = 1 1/2 in OD BWG 15

B. Silinder

- Bahan = Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316
- ID silinder = 47,625 in = 3,9688 ft
- OD silinder = 48 in = 4 ft
- Tinggi silinder = 150 in = 12,5 ft
- Tebal silinder = $\frac{3}{16}$ in
- Tinggi tutup atas = 8,0486 in
- Tinggi tutup bawah = 13,7482 in
- Tebal tutup atas = $\frac{3}{16}$ in
- Tebal tutup bawah = $\frac{3}{16}$ in
- Luas down take = 1,9192 ft²

C. Perpipaan

- Pipa pemasukan steam = 3 in NPS
- Pipa pemasukan feed = 4 in NPS
- Pipa Pengeluaran produk = 3 ½ in NPS
- Pipa pengeluaran kondensat = 3 in NPS
- Pipa pengeluaran uap = 2 ½ in NPS

D. Gasket

- Bahan = Asbestos
- Tebal = 1/8 in

- Lebar	= $\frac{3}{16}$ in
- Diameter luar	= 48,0670 in
- Diameter dalam	= 47,625 in
E. Bolting	
- Bahan	= Stainless Steel SA 193 Grade B8 type 304
- Ukuran	= 2 1/4 in
- Jumlah	= 6 in
F. Flange	
- Bahan	= Stainless Steel SA 193 Grade S type 304
- Tebal	= 3 in
- OD	= 52,0140 in
G. Leg Support	
- Jenis	= I-Bem (12 × 5)
- Luas (Ay)	= 35 in ²
- Tinggi (h)	= 10,2 in
- Lebar (B)	= 5,078 in
- R ₂₋₂	= 0,99 in
- I ₂₋₂	= 10 in
H. Base plate	
- Bahan	= Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316
- Tebal base plate	= 1 in
- Ukuran	= 9 × 4
- Jumlah baut	= 4 buah
- Ukuran diameter baut	= 1 5/8 in
I. Pondasi	
- Bahan	= Beton
- Ukuran atas	= 20 × 20
- Ukuran bawah	= 25 × 25
- Tinggi pondasi	= 15 in

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

7.1 Instrumentasi

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat-alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi dapat berupa suatu petunjuk atau indikator, perekam atau pengendali (*controller*). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur atau dikontrol seperti temperatur, tekanan, laju alir, ketinggian cairan pada suatu alat.

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi/proses. Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol, penunjuk (*indicator*), pencatat (*recorder*), dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Instrumentasi bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses tergantung pada pertimbangan ekonomis dan sistem peralatan itu sendiri. Pada pemakaian alat-alat instrumen juga harus ditentukan apakah alat-alat tersebut dipasang di atas papan instrumen dekat peralatan proses (kontrol manual) atau disatukan di dalam suatu ruang kontrol pusat (*control room*) yang dihubungkan dengan bangsal peralatan (kontrol otomatis)

Beberapa variabel-variabel proses yang biasanya dikontrol/diukur oleh instrumen adalah:

1. Variabel utama

seperti temperatur, tekanan, laju alir dan level cairan.

VII-2

2. Variabel tambahan

seperti densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas, pH, humiditas, titik embun, komposisi kimia, kandungan kelembaban, dan variabel lainnya.

Tujuan pemasangan instrumentasi adalah :

1. Menjaga kondisi operasi suatu peralatan agar tetap berada dalam kondisi operasi yang aman.
2. Mengatur laju produksi agar berada dalam batas yang direncanakan.
3. Kualitas produksi lebih terjaga dan terjamin.
4. Membantu memudahkan pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
6. Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Banyak pertimbangan yang harus dilakukan dalam pemilihan instrumen agar alat tersebut dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

1. Jenis instrumentasi.
2. Range yang diperlukan untuk pengukuran.
3. Ketelitian yang diperlukan.
4. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan pada kondisi proses.
5. Faktor ekonomi.

Pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ($C_6H_{10}O_4$) ini, instrumen yang digunakan adalah alat kontrol yang bekerja secara manual maupun secara otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan, faktor teknis, faktor ekonomis serta kelayakan lingkungan kerja tetapi instrumen yang digunakan cenderung pada pemakaian alat kontrol secara otomatis karena ada beberapa keunggulan kompetitif bila dibandingkan secara manual. Namun demikian tenaga manusia masih sangat diperlukan dalam pengoperasian dan pengawasan proses.

Dalam perencanaan suatu pabrik, alat kontrol yang diperlukan adalah :

a. Indikator

Untuk mengetahui secara langsung kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.

b. Controller

Untuk mengendalikan suatu kondisi operasi dalam aliran proses pada harga yang telah ditentukan.

Dengan adanya instrumen diharapkan proses akan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Instrumen yang digunakan pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ini adalah :

a. Level Indikator (LI)

Adalah alat/instrumen yang dipakai untuk mengatur ketinggian (*level*) cairan dalam suatu alat dimana cairan tersebut bekerja. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi dari sebuah *control valve*, yaitu dengan mengatur *rate* cairan masuk atau keluar proses.

b. Temperatur Indikator (TI)

Adalah alat/instrumen yang digunakan sebagai alat pengukur suhu. Pengukuran suhu berdasarkan perubahan sifat fisik benda tertentu akibat pengaruh perubahan suhu.

c. Temperatur Controller (TC)

Adalah alat/instrumen yang digunakan sebagai alat pengatur suhu atau pengukur sinyal mekanis atau listrik. Pengaturan temperatur dilakukan dengan mengatur jumlah material proses yang harus ditambahkan/dikeluarkan dari dalam suatu proses yang sedang bekerja.

Prinsip kerja :

Rate fluida masuk atau keluar alat dikontrol oleh diafragma valve. *Rate* fluida ini memberikan sinyal kepada TC untuk mendeteksi dan mengukur suhu sistem pada set point.

d. Pressure Controller (PC)

Adalah alat/instrumen yang dapat digunakan sebagai alat pengatur tekanan atau pengukur tekanan atau pengubah sinyal dalam bentuk gas menjadi sinyal mekanis. Pengatur tekanan dapat dilakukan dengan mengatur jumlah uap/gas yang keluar dari suatu alat dimana tekanannya ingin dideteksi.

Prinsip kerja :

VII-4

Pressure control (PC) akibat tekanan uap keluar akan membuka/menutup diafragma *valve*. Kemudian *valve* memberikan sinyal kepada PC untuk mengukur dan mendeteksi tekanan pada set point.

e. *Weight Controller* (WC)

Adalah alat/instrumen yang dapat digunakan untuk mengatur berat bahan yang dialirkan. Dipasang pada alat untuk mengatur laju aliran padatan berdasarkan pada berat padatan yang ditampung dalam suatu penampung sementara.

f. *Flow Controller* (FC) merupakan alat kontrol untuk mengatur laju aliran.

Hal-hal yang diharapkan dari pemakaian alat-alat instrumentasi adalah:

- Kualitas produk dapat diperoleh sesuai dengan yang diinginkan
- Pengoperasian sistem peralatan lebih mudah
- Sistem kerja lebih efisien
- Penyimpangan yang mungkin terjadi dapat diketahui dengan cepat

Penempatan alat-alat kontrol pada setiap alat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.1. Alat-alat kontrol yang dipakai pada setiap peralatan

No.	Nama alat	Kode alat	Kode instrumentasi
1	Tangki Storage $C_6H_{11}OH$	F-111	LI & FC
2	Tangki Storage HNO_3	F-114	LI & FC
3	Bin Katalis Vanadium	F-112	WC
4	Heater $C_6H_{11}OH$	E-115 A	TC
5	Heater HNO_3	E-115 B	TC
6	Reaktor	R-110	PC & TC
7	Cooler	E-117	TC
8	Evaporator	V-120 A/B	PC & TC
9	Kristalizer	X-124	TI
10	Rotary Dryer	B-130	TI
	Pengemas	P-139	WC

7.2 Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan suatu hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawannya. Selain itu juga menyangkut lingkungan dan masyarakat sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang

pada karyawan dalam bekerja, juga untuk mencegah terjadinya kecelakaan, kebakaran dan penyakit kerja dalam lingkungan kerja.

Tindakan penjagaan keselamatan dan keamanan suatu pabrik tidak hanya ditujukan kepada para pekerjanya saja, tetapi juga ditujukan pada peralatan pabrik itu sendiri. Bagi para pekerja dituntut rasa kedisiplinannya maupun berhati-hati dalam melakukan pekerjaan, demikian pula peralatan yang ada di dalam pabrik tersebut harus kuat, tidak mudah rusak, tidak mudah bocor dan tidak mudah terbakar.

Secara umum pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipatini ada 4 macam bahaya yang mungkin dapat terjadi dan harus mendapatkan perhatian pada perencanaan, yaitu :

- a. Bahaya kebakaran dan peledakan
- b. Bahaya mekanik
- c. Pencegahan terhadap bahaya listrik
- d. Bahaya terhadap kesehatan dan jiwa manusia

a. 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 :

1. Terjadi hubungan singkat (korsleting) pada saklar, stop kontak, atau alat listrik lainnya baik pada peralatan instrumentasi maupun pada peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, komputer, mesin fax, answering machine, dll.
2. Kebakaran yang diakibatkan percikan api pada furnace yang berbahan bakar fuel oil.

Cara untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran antara lain :

1. Pemasangan pipa air melingkar (water hydrant) di seluruh areal pabrik.
2. Pemasangan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau di setiap tempat rawan ledakan dan kebakaran, terutama di sekitar alat-alat proses bertekanan dan bersuhu tinggi.
3. Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang mudah menimbulkan kebakaran.

VII-6

4. Untuk mencegah atau mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, dipakai isolasi-isolasi panas atau isolasi listrik dan pada tempat yang bertegangan tinggi diberi penghalang atau pagar.
5. Pemasangan alat-alat listrik harus diatur sedemikian rupa agar tidak berdekatan dengan sumber panas.
6. Membuat plakat-plakat, slogan-slogan atau *Standar Operational Procedures (SOP)* pada setiap proses yang salah satu isinya menerangkan bahaya dari proses atau alat yang bersangkutan.

b. Bahaya Mekanik

Bahaya mekanik disebabkan oleh pengerjaan konstruksi bangunan atau alat proses yang tidak memenuhi syarat. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya ini adalah :

1. Perencanaan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi. Perencanaan alat *under design* biasanya lebih besar menciptakan bahaya ini.
2. Pemasangan alat kontrol atau indikator yang baik dan sesuai, serta pemberian alat pengaman proses pada alat-alat yang beresiko besar menciptakan terjadinya bahaya ini.
3. Sistem perpipaan untuk air, udara, steam dan bahan bakar hendaknya diberi cat dan warna tertentu atau berbeda dengan warna sekitarnya dan diberi nama sesuai isi pipa

c. Pencegahan terhadap bahaya listrik

1. Setiap instalasi dan alat-alat listrik harus diamankan dengan pemakaian sekering atau pemutus hubungan arus listrik secara otomatis lainnya.
2. Sistem perkabelan listrik harus dipasang secara terpadu dengan tata letak pabrik, sehingga jika ada perbaikan dapat dilakukan dengan mudah
3. Memasang papan tanda bahaya yang jelas pada daerah sumber tegangan tinggi
4. Kabel-kabel listrik yang letaknya berdekatan dengan alat-alat yang beroperasi pada suhu tinggi harus diisolasi secara khusus
5. Setiap peralatan atau bangunan yang menjulang tinggi harus dilengkapi dengan penangkal petir yang dibumikan

d. Bahaya terhadap Kesehatan dan Jiwa Manusia

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 bagian mana dia bekerja. Apabila operator proses, karyawan wajib mengetahui cara-cara pemakaian alat-alat pelindung (seperti masker, topi, safety belt, sepatu, sarung tangan, dll.) dan mengetahui bahaya-bahaya yang akan terjadi dari mulai tangki bahan baku sampai tangki storage. 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.

Untuk mencegah kecelakaan kerja diperlukan alat-alat pelindung keselamatan kerja seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik asam adipat

No.	Alat pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Laboratorium, ruang proses
2.	Helm pengaman	Gudang, ruang proses
3.	Sarung tangan	Gudang, ruang proses
4.	Sarung karet	Gudang, ruang proses, laboratorium
5.	Isolasi panas	Utilitas(<i>reboiler</i>), ruang proses(<i>reaktor&heater</i>)
6.	Pemadam kebakaran	Semua ruang di area pabrik
7.	P3K	Semua ruang di area pabrik

VII-8

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja, yaitu:

1. Latar belakang pekerja

Merupakan sifat atau karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungan yang dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya, sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja.

2. Kelalaian kerja

Adanya sifat gugup, tegang, mengabaikan keselamatan, dan lain-lain, akan menyebabkan pekerja akan melakukan tindakan yang tak aman.

3. Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis atau fisik

Tindakan yang tidak aman dari pekerja seperti berdiri di bawah beban tersuspensi, menjalankan mesin tanpa pelindung, atau bahaya mekanis seperti gear yang tidak dilindungi, penerangan yang tidak cukup, dan sebagainya.

4. Kecelakaan

Kecelakaan ini dapat berupa jatuhnya pekerja, pekerja tertumbuk benda yang melayang, pekerja yang terbentur benda yang jatuh dari atas dan sebagainya, sehingga dapat menimbulkan luka.

Bahaya-bahaya tersebut dapat terjadi pada pabrik, sehingga harus diperhatikan cara untuk mengatasinya. Adapun cara untuk mengatasinya adalah sebagai berikut:

1. Keselamatan konstruksi

- Konstruksi bangunan dan peralatan produksi baik langsung maupun tak langsung harus cukup kuat serta pemilihan bahan konstruksinya harus tepat
- Pada tempat-tempat berbahaya harus diberi peringatan yang jelas
- Jarak antara peralatan, mesin-mesin serta alat proses harus diperhatikan.

2. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran

- Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran
- Untuk mencegah dan mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, maka digunakan isolasi panas, isolasi listrik, dan pada tempat bertekanan tinggi harus diberi penghalau atau pagar.

3. Bahaya paparan zat kimia.

Di bawah ini tabel bahaya paparan zat kimia beserta cara penanganannya pada pabrik Asam Adipat:

Tabel 7.3. Bahaya Zat Kimia Pabrik Asam Adipat

No.	Nama Senyawa	Bahaya	Cara Penanganan
1.	Sikloheksanol (C ₆ H ₁₁ OH)	<ul style="list-style-type: none"> - Kontak dengan mata: Menyebabkan iritasi mata - Kontak dengan kulit: Berbahaya jika terserap oleh kulit. Dapat menyebabkan iritasi. - Terhirup: menyebabkan iritasi pada sistem pernapasan. - Tertelan: Berbahaya jika tertelan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit: Bila terjadi kontak, bilas kulit dengan sabun dan air mengalir yang banyak. Cari pertolongan medis. - Cuci mata dengan air yang banyak sekitar 15 menit, buka tutup mata beberapa kali. Cari pertolongan medis. - Terhirup: Cari udara segar. Jika tidak berikan pernapasan buatan, atau berikan oksigen - Tertelan: Berikan beberapa gelas susu atau air. Muntah dapat terjadi secara spontan. Jangan dibuat muntah! Jangan memberikan apapun secara apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar.
2.	Asam Nitrat (HNO ₃)	<ul style="list-style-type: none"> - Panas, guncangan, gesekan, atau kontak dengan bahan lainnya. Dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Berbahaya jika tertelan. - Akut: luka bakar parah pada kulit, mata, saluran pernapasan dan pencernaan, kebutaan. - Kronis: Dermatitis, kerusakan mata/kebutaan - Target organ: Mukosa membrane, sistem pernapasan, mata kulit serta sistemik racun. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit: Bila terjadi kontak, bilas kulit dengan air sekitar 15 menit dan singkirkan pakaian dan sepatu yang tercemar. Bersihkan secara menyeluruh pakaian dan sepatu sebelum digunakan kembali. - Mata: Cuci mata dengan air yang banyak sekitar 15 menit, buka tutup mata beberapa kali. Cari pertolongan medis. - Terhirup: Cari udara segar. Jika tidak berikan pernapasan buatan, atau berikan oksigen - Tertelan: Berikan beberapa gelas susu atau air. Muntah dapat terjadi secara

			spontan. Jangan dibuat muntah! Jangan memberikan apapun secara apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar.
3.	Asam Adipat (C ₅ H ₁₀ O ₆)	<ul style="list-style-type: none"> - Terhirup: Menghirup uap bahan ini dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, bersin, dan kesulitan bernafas. Dalam larutan, senyawa dapat menyebabkan luka bakar pada saluran pernafasan. - Kontak dengan kulit: Kontak dengan bahan ini dapat mengiritasi kulit disertai kemerahan. Dalam larutan, senyawa dapat menyebabkan iritasi berat disertai luka bakar. - Kontak dengan mata: Kontak langsung dapat menyebabkan iritasi mata disertai kemerahan dan nyeri. Dalam larutan, senyawa dapat menyebabkan iritasi berat disertai luka bakar. - Tertelan: Nyeri kerongkongan, sakit perut. Menelan bahan ini dalam jumlah banyak dapat menyebabkan iritasi saluran pencernaan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terhirup: Bila aman memasuki area, segera pindahkan dari area pemaparan. Bila perlu gunakan kantong masker berkatup atau pernafasan penyelamatan. Jaga tetap hangat dan tenang. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat. - Kontak dengan kulit: Segera tanggalkan pakaian, perhiasan, dan sepatu yang terkontaminasi. Cuci dengan sabun atau detergen ringan dan air dalam jumlah yang banyak sampai dipastikan tidak ada bahan kimia yang tertinggal (selama 15-20 menit). Jika terjadi luka bakar, tutup bagian yang terluka menggunakan kain kasa steril yang kering dan tidak ketat. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat. - Kontak dengan mata: Segera cuci mata dengan air yang banyak dengan sesekali membuka kelopak mata atas dan bawah sampai dipastikan tidak ada lagi bahan kimia yang tertinggal. Lanjutkan mengaliri mata dengan larutan garam normal hingga siap dibawa ke rumah sakit. Tutup mata yang terpapar bahan dengan kain kasa steril.

			<p>Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tertelan: Jangan pernah merangsang muntah atau memberi sesuatu melalui mulut kepada seseorang yang tidak sadar. Bila dalam keadaan berikan air minum yang cukup banyak. Jangan menginduksi muntah. Bila terjadi muntah, jaga agar kepala lebih rendah daripada panggul untuk mencegah aspirasi. Bila tidak sadarkan diri, posisikan kepala menoleh ke samping. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat.
4.	Gas (NO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Kontak dengan mata: Menyebabkan kerusakan mata. Kontak secara luas dapat menyebabkan terbakar. - Kontak dengan kulit: Berbahaya jika terserap oleh kulit. Dapat menyebabkan iritasi. - Terhirup: menyebabkan iritasi pada sistem pernapasan. - Tertelan: Menyebabkan terbakar pada mulut, kerongkongan dan perut. 	<ul style="list-style-type: none"> - Terhirup: Bila aman memasuki area, segera pindahkan dari area pemaparan. Bila perlu gunakan kantong masker berkatup atau pernafasan penyelamatan. Jaga tetap hangat dan tenang. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat. - Kontak dengan kulit: Segera tanggalkan pakaian, perhiasan, dan sepatu yang terkontaminasi. Cuci dengan sabun atau detergen ringan dan air dalam jumlah yang banyak sampai dipastikan tidak ada bahan kimia yang tertinggal (selama 15-20 menit). Jika terjadi luka bakar, tutup bagian yang terluka menggunakan kain kasa steril yang kering dan tidak ketat. Segera bawa ke

			<p>rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontak dengan mata: Segera cuci mata dengan air yang banyak dengan sesekali membuka kelopak mata atas dan bawah sampai dipastikan tidak ada lagi bahan kimia yang tertinggal. Lanjutkan mengaliri mata dengan larutan garam normal hingga siap dibawa ke rumah sakit. Tutup mata yang terpapar bahan dengan kain kasa steril. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat. - Tertelan: Jangan pernah merangsang muntah atau memberi sesuatu melalui mulut kepada seseorang yang tidak sadar. Bila dalam keadaan berikan air minum yang cukup banyak. Jangan menginduksi muntah. Bila terjadi muntah, jaga agar kepala lebih rendah daripada panggul untuk mencegah aspirasi. Bila tidak sadarkan diri, posisikan kepala menoleh ke samping. Segera bawa ke rumah sakit atau fasilitas kesehatan terdekat.
--	--	--	--

4. Memberikan penjelasan-penjelasan mengenai bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya
5. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan jika terjadi bahaya. Semua sistem alarm harus dipasang pada tempat strategis agar seluruh orang mengetahui dan segera siapa untuk bertindak bila terjadi bahaya.
6. Penyediaan alat-alat pencegahan kebakaran, akibat listrik maupun api
7. Ventilasi

Ruangan kerja harus mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa untuk menghirup udara segar, yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan kerja.

8. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku, termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain
- Pemasangan alat-alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control* dan *temperature control*.

9. Reaktor

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi
- Pemasangan alat-alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control* dan *temperature control*.

10. Perpipaan

- Jalur proses yang terletak di atas permukaan tanah lebih baik daripada diletakkan di bawah tanah, karena dapat menyebabkan timbulnya bahaya akibat kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran
- Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Jika terjadi kebocoran pada check valve, sebaiknya diatasi dengan pemasangan block valve di samping check valve tersebut
- Sebelum pipa-pipa dipasang, sebaiknya dilakukan tes hidrostatis yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian fondasi.

11. Karyawan

Pada karyawan terutama operator, perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.

12. Listrik

Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman berupa pemutus arus untuk mencegah jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat/korsleting yang dapat menyebabkan kebakaran.

Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas yang dapat membahayakan pekerja jika tersentu kabel tersebut. Memberi tanda atau peringatan yang jelas di daerah – daerah listrik tegangan tinggi.

13. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- Bangunan, seperti work shop, laboratorium dan kantor hendaknya berjauhan dengan unit operasi
- Antara unit yang satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran
- Pengamanan jika terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api dan alat bantu pernapasan
- Larangan merokok di lingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat-tempat panas

Pemasangan alat pemadam kebakaran di setiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau, meliputi:

- Dry chemical (bubuk) dan foam extinguish (basah)
- Fire house berisi gulungan selang pemadam api

Untuk menghindari kerusakan alat, seperti peledakan atau kebakaran, maka pada alat tertentu perlu dipasang suatu pengaman, seperti *safety valve*, isolasi dan tabung pemadam kebakaran.

Di bawah ini tabel peralatan keselamatan kerja pada pabrik Asam Adipat:

Tabel 7.4. Peralatan Keselamatan Kerja

No.	Nama Alat	Peralatan Keselamatan Kerja
1	Reaktor (R-110)	Isolasi
2	Evaporator (V-120A/B)	Isolasi
3	System Pipe	Isolasi

Pada karyawan, terutama operator, perlu diberikan bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwa.

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ini, yaitu:

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan.
- Bahan bakar
- Generator

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 5 unit, yaitu:

1. Unit pengolahan air
 - a. Air pendingin
 - b. Air steam
 - c. Air sanitasi
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. 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 sanitasi, air boiler.

8.1.1. Air umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ini digunakan pada Heater (E-116 A), Heater (E-116 B), Reaktor (R-110), dan Evaporator (V-120) adalah sebesar 13.977,2521 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat

VIII-2

transmisi sebesar 10%, sedangkan faktor keamanan sebesar 10% dan make up 10%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 18449,9728 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat- syarat agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari Perry's edisi 6, hal 976 didapatkan bahwa air umpan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Total padatan (*total dissolved solid*) = 3500 ppm
- Alkanitas = 700 ppm
- Padatan terlarut = 300 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi = 0,1 ppm
- Tembaga = 0,5 ppm
- Oksigen = 0,007 ppm
- Kesadahan = 0
- Kekeruhan = 175 ppm
- Minyak = 7 ppm
- Residu fosfat = 140 ppm

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut diatas, air umpan broiler dan WHB harus bebas dari:

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, maka air umpan boiler harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan melalui:

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

8.1.2. Air sanitasi

Air sanitasi yang diperlukan digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, untuk konsumsi mandi, mencuci, taman dan lain-lain.

Syarat yang harus dipenuhi sebagai air sanitasi, yaitu:

1. Syarat fisika

- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Tidak berbusa
- Mempunyai suhu dibawah suhu udara
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- pH netral

2. Syarat kimia

- Tidak beracun
- Tidak mengandung zat-zat organik maupun zat anorganik yang tidak larut dalam air, seperti PO_4^{3-} , Hg, Cu dan sebagainya

3. Syarat bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air.

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ini sebesar 2362,7486 kg/jam.

8.1.3. Air pendingin

Air berfungsi sebagai media pendingin 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

Air pendingin tersebut digunakan pada Cooler (E-117), Kristaliser (X-124) dan Barometrik Kondensor (E-143). Air pendingin yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat transmisi sebesar 10%, sedangkan faktor keamanan sebesar 10% dan make up 10%. Sehingga kebutuhan air pendingin adalah sebanyak 272616,8858 kg/jam.

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

- Tekanan : 198,540 KPa
- Temperatur : 120 °C

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 (*organic matter*)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler:

a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya *solid matter*, *suspended matter* dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas air umpan boiler.

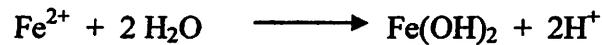
b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler.

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

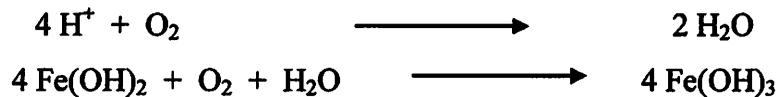
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasamaan (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta 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 :

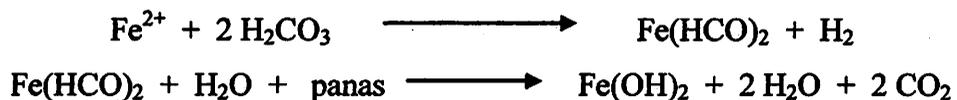


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat 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 sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air sungai tersebut adalah sebagai berikut:

- **Pengolahan Air Sanitasi**

Air sungai dialirkan dengan pompa (L-212) kedalam bak sedimentasi (F-213) untuk mengendapkan kotoran, kemudian dialirkan dengan pompa (L-214) menuju bak skimmer (F-215) untuk memisahkan air dari padatan terapung. Dari bak skimmer kemudian dialirkan dengan pompa (L-216 A) menuju tangki clarifier (H-217), kemudian dialirkan ke tangki sand filter (H-218) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih terkandung yang selanjutnya dialirkan ke bak air bersih (F-219). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa dengan (L-219) menuju bak klorinasi (F-221) 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-220) dengan menggunakan pompa (L-222) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

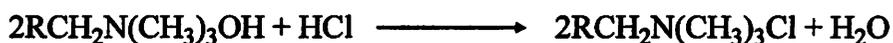
VIII-6

- Pelunakan Air Umpan Boiler

Pelunakan air umpan boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin RSO_3H^+ dan $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$. Air dari bak penampungan air bersih (F-219) dialirkan dengan pompa (L-216 B) menuju kation exchanger (D-210A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Ion Na^+ dalam senyawa NaCl sebagai influent ditukar oleh gugus aktif resin kation (H^+) ion H^+ bertemu dengan ion Cl^- membentuk HCl sehingga air akan bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai adalah $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$. Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut:



Penukaran ion di kolom penukar anion dimana ion Cl^- pada HCl akan ditukar dengan ion OH^- pada gugus aktif resin membentuk H_2O dimana proses ini disebut dengan proses penukaran dan netralisasi.

(Pure Water Care, 2014)

Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-231) yang selanjutnya dipompa (L-232) ke daerator (D-241) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari daerator air ditampung pada bak air umpan boiler (F-242) selanjutnya air siap diumpankan ke boiler (Q-240) dengan pompa (L-243). 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-231) dipompa ke bak air pendingin (F-233) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-234). 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 Pra Rencana Pabrik Asam Adipat dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Kebutuhan tenaga listrik Pabrik Heksametilentetramin bisa dipenuhi dengan cara menggunakan generator listrik yang digerakkan oleh turbin uap dan dibantu oleh PLN. Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Heksametilentetramin adalah 233,85 kWH. Sedangkan apabila listrik mati, maka digunakan dua generator AC sebagai *back up*.

8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan total bahan bakar per hari sebesar 6383,1314 L.

Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

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

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6th ed, didapat :

- Flash point = 38 °C (100 °F)
- Pour point = -6 °C (21,2 °F)
- Densitas = 0,8 kg/L
- Heating value = 19.500 Btu/lb

BAB IX

TATA LETAK

9.1 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Asam Adipat perlu disusun sebelum pembangunan infrastruktur pabrik seperti perpipaan, listrik dan peralatan proses untuk menciptakan kegiatan operasional yang baik, konstruksi yang ekonomis, distribusi dan transportasi (bahan baku, proses, dan produk) yang efektif, ruang gerak karyawan yang memadai sehingga kenyamanan dan keselamatan kerja alat maupun seluruh karyawan terpenuhi.

Lay out pabrik ini dibagi menjadi 2 bagian besar, yaitu:

- Tata ruang pabrik (print layout)
- Tata letak peralatan proses (process layout)

9.1.1 Tata Ruang Pabrik (Plant Layout)

Tata Ruang Pabrik merupakan suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan serta material handling, sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Beberapa hal khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata ruang pabrik (plant lay out) antara lain :

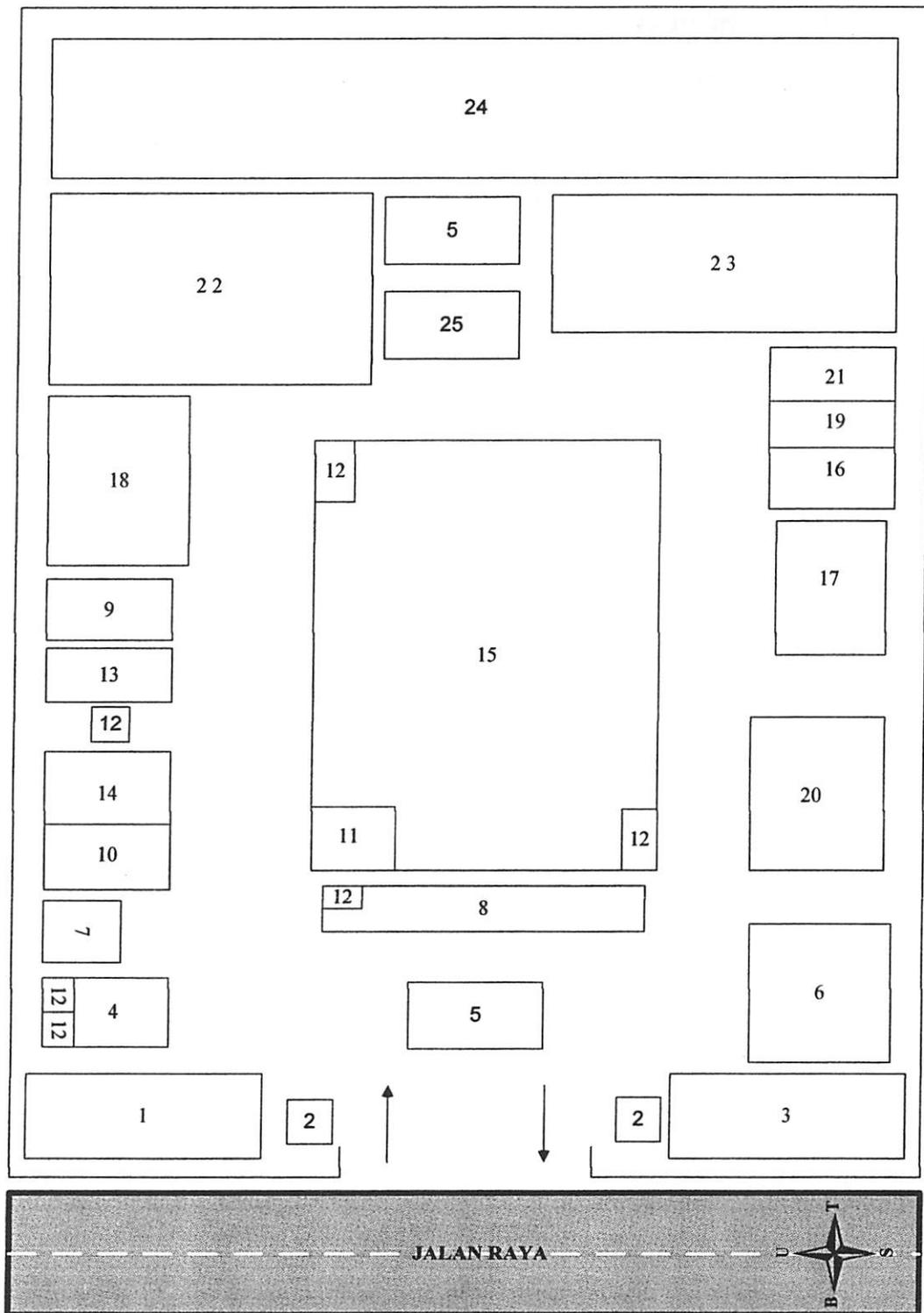
- Adanya ruangan yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, pondasi, dinding serta atap.
- Distribusi serta ekonomis dari kebutuhan steam, air, listrik, dan lain sebagainya,
- Kemungkinan perluasan di masa datang.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti kebakaran, ledakan, timbulnya gas-gas dan lain sebagainya.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Penerangan ruangan.

Perkiraan luas tanah untuk masing-masing bangunan pada pabrik asam adipat dapat dilihat pada tabel 9.1.

Tabel 9.1. Keterangan dan rincian luas pabrik asam adipat

No.	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m ²)
1.	Parkir tamu	80 × 10	800
2.	Pos keamanan	20 × 12,5	250
3.	Parkir pegawai	80 × 10	800
4.	Musholla	20 × 10	200
5.	Taman	48 × 10	480
6.	Aula	32 × 20	640
7.	Poliklinik	40 × 12	480
8.	Perkantoran dan tata usaha	60 × 10	600
9.	Garasi	40 × 12	480
10.	Kantin	20 × 12	240
11.	Ruang kepala pabrik	20 × 10	200
12.	Toilet	30 × 3	90
13.	Bengkel	40 × 12	480
14.	Perpustakaan	20 × 12	240
15.	Ruang proses produksi	100 × 30	3000
16.	Areal tangki bahan bakar	40 × 12	480
17.	Laboratorium	20 × 12	240
18.	Ruang bahan baku	28 × 20	560
19.	Gudang bahan baku	24 × 10	240
20.	Ruang genset	28 × 20	560
21.	Gudang produk	66 × 50	3300
22.	Pemadam kebakaran	28 × 20	560
23.	Areal waste treatment	60 × 20	1200

24.	Areal water treatment	56 × 20	1120
25.	Perluasan pabrik	100 × 60	6000
26.	Litbang	40 × 12	480
Jumlah			23840



Gambar 9.1. Skema Tata Letak Pabrik Asam Adipat

Keterangan:

1. Parkir tamu
2. Pos keamanan
3. Parkir pegawai

4. Musholla
5. Taman
6. Aula
7. Poliklinik
8. Perkantoran dan tata usaha
9. Garasi
10. Kantin
11. Ruang kepala pabrik
12. Toilet
13. Bengkel
14. Perpustakaan
15. Ruang proses produksi
16. Areal tangki bahan bakar
17. Laboratorium
18. Gudang bahan baku
19. Ruang genset
20. Gudang produk
21. Pemadam kebakaran
22. Areal waste treatment
23. Areal water treatment
24. Perluasan pabrik
25. Litbang

9.1.2 Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan didalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan maka perlu diperhatikan beberapa faktor :

- **Aliran bahan baku**

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Pemasangan elevasi perlu memperhatikan ketinggian. Biasanya pipa atau elevator dipasang pada ketinggian minimal 3 meter agar tidak

mengganggu lalu lintas karyawan

- Aliran udara

Aliran udara di sekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja

- Pencerayaan

Penerangan seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai apalagi pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus

- Lalu lintas manusia

Dalam perencanaan proses lay out perlu memperhatikan ruang gerak pekerja agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan alat (trouble shooting) dapat segera teratasi

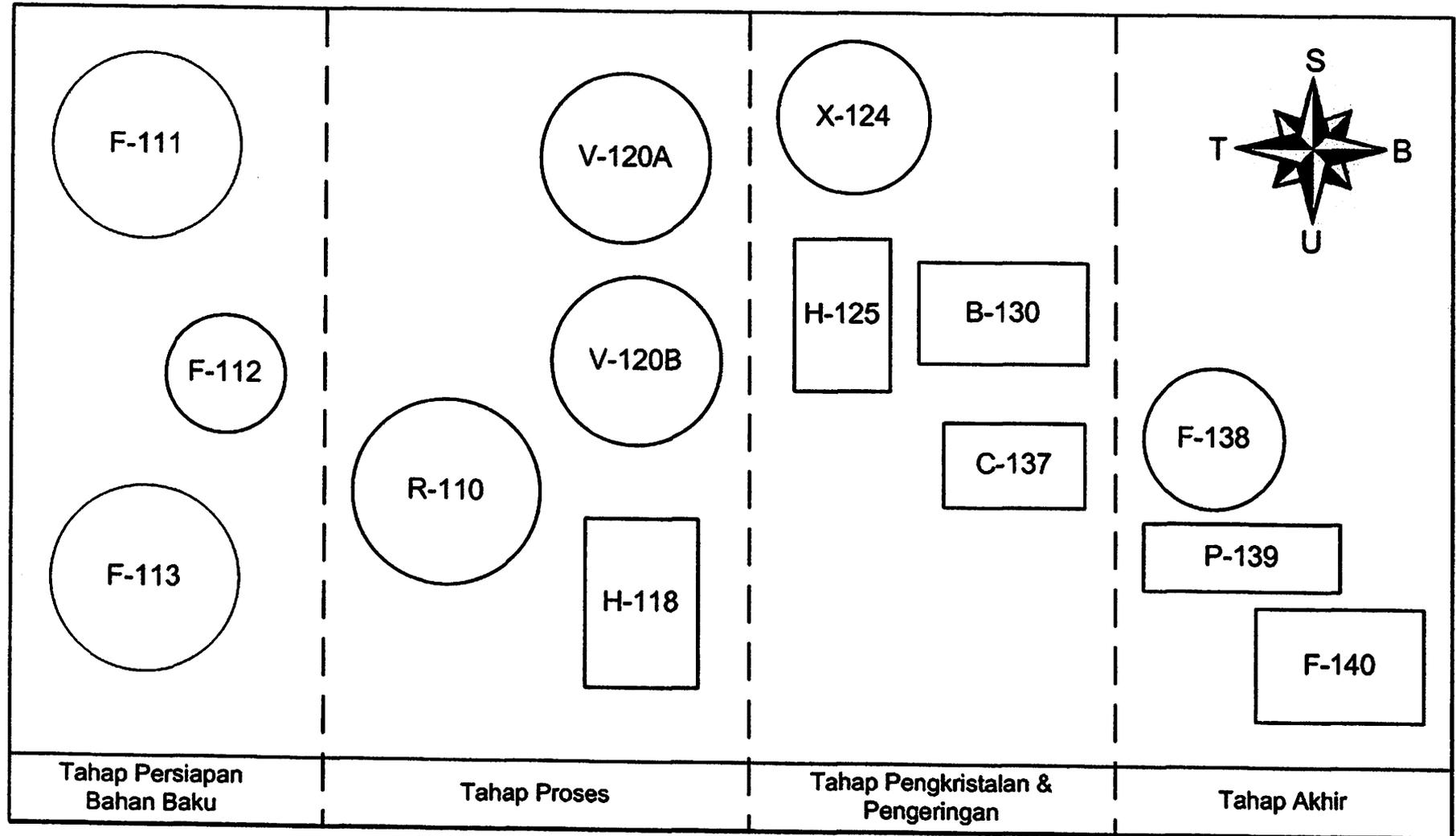
- Efektif dan efisien

Penempatan alat-alat proses diusahakan agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomis

- Jarak antar alat

Untuk alat proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat lainnya agar bila terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya

Rencana tata letak peralatan Pabrik Asam Adipat dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Skema Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Asam Adipat

Keterangan skema tata letak peralatan pabrik asam adipat :

1. Storage Sikloheksanol ($C_6H_{11}OH$) (F-111)
2. Storage Asam Nitrat (HNO_3) (F-113)
3. Bin Katalis Vanadium (F-112)
4. Reaktor (R-110)
5. Evaporator (V-120A/B)
6. Rotary Vakum Filter (H-118)
7. Kristalizer (X-124)
8. Centrifuge (H-125)
9. Rotary Dryer (B-130)
10. Hammer Mill (C-137)
11. Bin Produk (F-138)
12. Pengemasan (F-139)
13. Gudang Produk (F-140)

BAB X

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Setiap perusahaan memiliki tujuan utama demi kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik. Dalam pra rencana pabrik asam adipat untuk mencapai suatu target atau sasaran secara efektif dengan hasil produksi yang besar (memuaskan). Oleh karena itu perlu ditunjang dengan struktur organisasi yang baik. Secara umum organisasi dibuat dalam bentuk struktur untuk menciptakan hubungan atau kerja sama antara departemen yang terjalin dalam suatu kerangka usaha dalam mencapai suatu tujuan. Struktur organisasi mempunyai tugas memberi wewenang pada masing masing perusahaan untuk melaksanakan tugas dan mengatur hubungan struktural antara fungsi maupun antara orang perorang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaannya.

Untuk mencapai hasil produksi yang tinggi, diperlukan elemen dasar yang berfungsi sebagai penunjang dalam menjalankan suatu perusahaan untuk mencapai tujuannya. Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan, unsur-unsur dari elemen dasar tersebut terdiri dari:

- Manusia (*man*)
- Uang (*money*)
- Bahan (*material*)
- Mesin (*machine*)
- Metode (*method*)
- Pasar (*market*)

10.1 Dasar perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Jl. Kawasan Industri, Kecamatan Cikampek Kabupaten Karawang, Jawa Barat
Kapasitas produksi	: 60.000 ton/tahun
Modal	: Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)

10.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik asam adipat direncanakan akan didirikan bersetatus perusahaan swasta nasional, organisasi pabrik yang banyak digunakan adalah perseroan terbatas (PT), dimana kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham, yang diwakili oleh dewan

komisaris. Pelaksanaan operasi pabrik sehari-hari dilaksanakan oleh direksi dibantu oleh staff pabrik dan kantor (administrasi). Pabrik asam adipat dirancang berstatus perusahaan swasta nasional dengan bentuk perseroan terbatas (PT), karena:

1. Modal menjadi besar karena berasal dari beberapa orang dan pinjaman dari bank
2. Dari segi badan hukum mempunyai status hukum yang lebih kuat dan lebih diakui dibandingkan dengan badan hukum perusahaan lainnya sehingga mudah dalam peminjaman uang dari bank
3. Apabila terjadi kerugian maka pemegang saham hanya memepertanggungjawabkan sebesar modal awalnya saja dan tidak sampai mengambil kekayaan pribadinya
4. Konflik sebesar apapun yang terjadi dipabrik tidak akan mempengaruhi kegiatan pabrik karena masalah pribadi tidak akan mengganggu kegiatan pabrik

10.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi yang diterapkan adalah system organisasi garis dan staf. Beberapa hal yang menjadikan alasan pemilihan adalah :

1. System organisasi garis dan staf sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara masal.
2. Biasa diterapkan pada organisasi yang cukup besar produksi kontinyu.
3. Msing-masing kepala bagian atau manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk pencapaian tujuan.
4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada para dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Struktur sistem garis dan staf juga merupakan suatu organisasi dimana arus wewenang langsung dari wewenang tertinggi ke karyawan melalui beberapa pejabat pada bermacam-macam tingkat manajemen. Model organisasi garis tepat untuk digunakan dalam perusahaan kecil atau sedang dimana dibutuhkan sentralisasi kontrol yang tinggi untuk pengambilan keputusan yang tepat. Kebaikan tipe organisasi garis dan staf, antara lain :

1. Strukturnya sederhana dan mudah dipahami
2. Wewenang dan tanggung jawab untuk posisi jelas

3. Setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang pemimpin
4. Disiplin yang tegas
5. Keputusan dapat diberikan secepat mungkin
6. Setiap karyawan melaksanakan perintah langsung dari pimpinan dengan bebas tanpa kritik sehingga menciptakan kondisi kerja harmonis.

Akan tetapi pada organisasi tipe ini mempunyai beberapa kekurangan, antara lain:

- a. Pimpinan setiap seksi harus bertanggung jawab untuk beberapa tugas dimana pimpinan tersebut kemungkinan tidak mempunyai keahlian dalam semua bidang.
- b. Pimpinan setiap seksi harus mampu mengendalikan para karyawan, mampu menjalankan alat proses, mampu menemukan proses baru, menyarankan kenaikan upah dan melatih karyawan baru.
- c. Pimpinan seksi setiap hari disibukkan oleh bermacam-macam pekerjaan administratif sehingga waktunya banyak disita hanya untuk menyusun rencana.
- d. Sulit untuk membentuk staff tenaga ahli karena problem dipecahkan sendiri.

10.4 Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi (Job Description)

Dengan memperhatikan struktur organisasi garis dan staff, seperti yang terlihat pada gambar 10.1, maka tugas dan tanggung jawab masing-masing bagian, adalah sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertindak sebagai wakil pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam RUPS. Apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan tersebut.

Tugas dewan komisaris antara lain :

- a. Menentukan kebijaksanaan perusahaan
- b. Mengevaluasi dan mengawasi hasil yang diperoleh perusahaan
- c. Memberikan nasehat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan
- d. Menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.

2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi diperusahaan diman dalam menjalankan tugas sehari-hari dibantu oleh direktur teknik dan direktur administrasi.

Tugas dan wewenang direktur utama antara lain :

- Melaksanakan policy perusahaan dan mempertanggung jawabkan kepada pemegang saham pada masa akhir jabatannya
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan
- Memegang dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan dari RUPS
- Bekerjasama dengan direktur produksi, direktur keuangan dan umum dalam menjalankan perusahaan

Tugas direktur teknik dan produksi antara lain :

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi dan teknik
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya

Tugas direktur keuangan dan umum antara lain :

- Bertanggung jawab kepada direktur utama pada bidang keuangan seta pelayanan umum
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya

3. Kepala bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala bagian produksi

Bertanggung jawab kepadadirektur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian produksi membawahi :

Seksi proses, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang

Seksi pengendalian, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada

Seksi laboratorium, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi dan menganalisa mutu serta bahan pembuatan
- Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
- Membuat laporan berkala kepada biro produksi

b. Kepala bagian teknik

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan. Kepala bagian teknik membawahi :

Seksi pemeliharaan, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses

Seksi perawatan, yang bertugas sebagai :

- Merawat, memelihara gedung, taman, dan peralatan proses termasuk utilitas
- Memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi

Seksi utilitas, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik

c. Kepala bagian pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi :

Seksi pembelian, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan pemasaran
- Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang

Seksi pemasaran, yang bertugas sebagai :

- Merencanakan strategi hasil produksi
- Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang

d. Kepala bagian umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Seksi-seksi yang dibawahnya meliputi :

Seksi personalia, yang bertugas sebagai :

- 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

Seksi humas, yang bertugas sebagai :

- Mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah

Seksi keamanan, yang bertugas sebagai :

- Menjaga semua bagian pabrik dan fasilitas perusahaan
- Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan

e. Kepala bagian keuangan

Bertanggung jawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan. Seksi-seksi yang dibawahnya meliputi :

Seksi administrasi, yang bertugas sebagai :

- Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah perpajakan

Seksi kas, yang bertugas sebagai :

- Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengatur uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan

f. Litbang

Research and Development terdiri atas ahli-ahli sebagai pembantu direktur dan bertanggung jawab kepada direktur.

Research and Development membawahi duadepartemen :

- Departemen pemeliharaan
- Departemen pengembangan

Tugas dan wewenang :

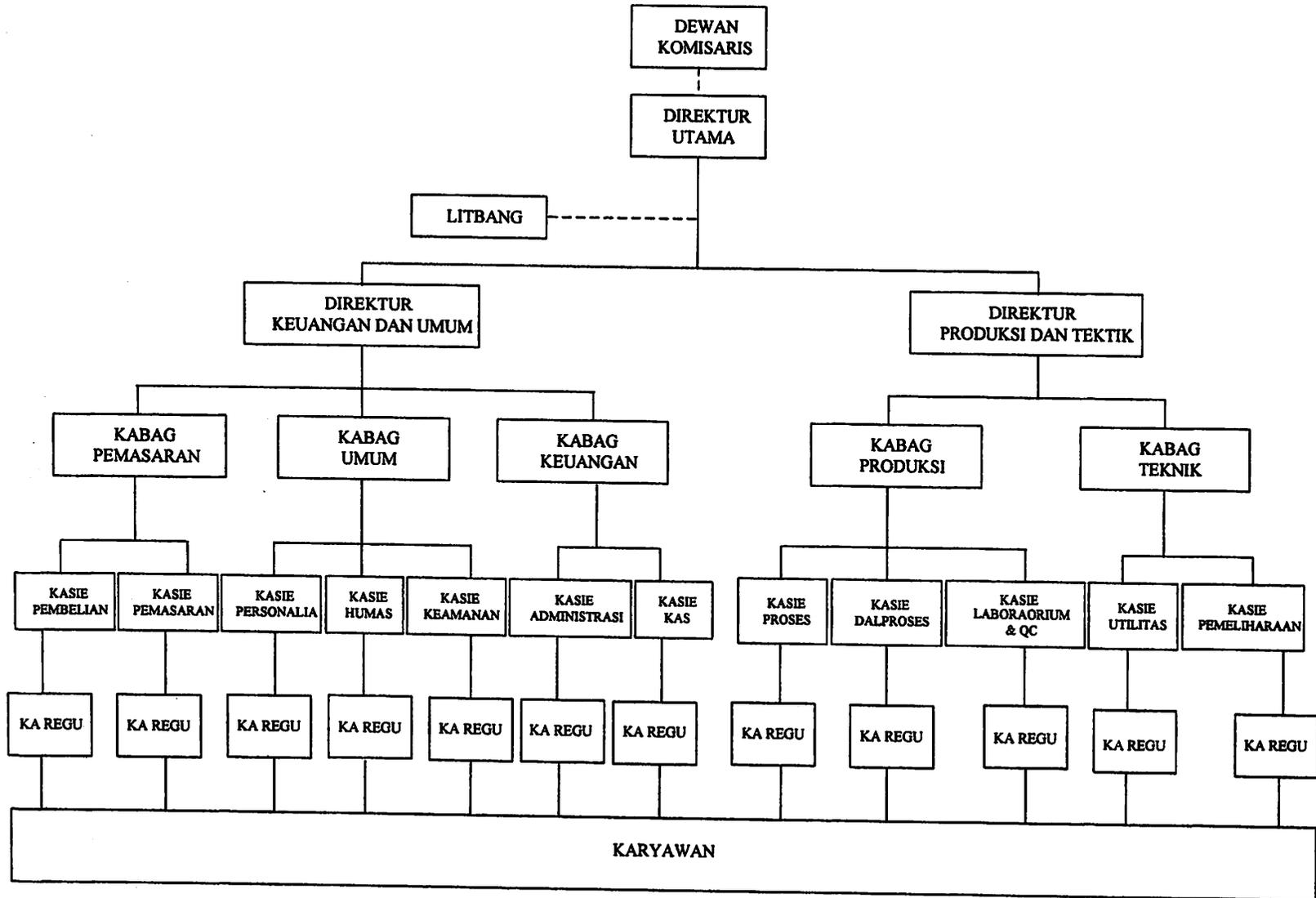
- Mempelajari mutu produk
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembang produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk kesuatu tempat

- Mempertinggi efisiensi kerja

g. Kepala regu

Kepala regu adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur para kepala seksi masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala regu bertanggung jawab terhadap kepala seksi masing-masing sesuai dengan seksinya.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.1. Gambar Struktur Organisasi Perusahaan.



Gambar 10.1 Struktur Organisasi Pabrik Asam Adipat

10.5 Jadwal Jam Kerja

Pabrik Asam Adipat ini 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. Pengaturan jam kerja harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah yaitu jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian yaitu:

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut:

- Senin – Kamis

Pagi 08.00 - 12.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)

Sore 13.00 – 16.00

- Jum'at

Pagi 08.00 – 11.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)

Sore 13.00 – 16.00

- Sabtu

Pagi 08.00 - 12.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)

Sore 13.00 – 16.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya: Laboratorium dan mutu, operator, utilitas, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut:

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

REGU	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan: P = Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.6 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentif atau bonus.

Insentif diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentif ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

f. BPJS Ketenagakerjaan (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan)

Merupakan program publik yang memberikan perlindungan bagi tenaga kerja untuk mengatasi risiko sosial ekonomi tertentu dan penyelenggaraannya menggunakan mekanisme asuransi sosial. Sebagai Lembaga Negara yang bergerak dalam bidang asuransi sosial BPJS Ketenagakerjaan yang dahulu bernama PT Jamsostek (Persero) merupakan pelaksana undang-undang jaminan sosial tenaga kerja. BPJS Ketenagakerjaan sebelumnya bernama Jamsostek (jaminan sosial tenaga kerja), yang dikelola oleh PT. Jamsostek (Persero), namun sesuai UU No. 24 Tahun

2011 tentang BPJS, PT. Jamsostek berubah menjadi BPJS Ketenagakerjaan sejak tanggal 1 Januari 2014.

Program ini memberikan perlindungan yang bersifat mendasar bagi pegawai jika mengalami risiko-risiko sosial ekonomi dengan pembiayaan yang terjangkau oleh pengusaha dan tenaga kerja. Risiko sosial ekonomi yang ditanggulangi oleh Program Jamsostek terbatas yaitu perlindungan pada :

- Peristiwa kecelakaan
- Sakit
- Hamil
- Bersalin
- Cacat
- Hari tua
- Meninggal dunia

10.7 Pengelolahan dan Tingkat Pendidikan Karyawan.

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik Asam Adipat (gambar 10.1) yaitu sebagai berikut:

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia Strata 2
2. Direktur Teknik dan Produksi : Sarjana Teknik Kimia Strata 2
3. Direktur Keuangan dan Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi(FIA) dan Sarjana ekonomi Strata 2
4. Sekertaris direktur : Sarjana administrasi
5. Manager
 - a. Plant Manager : Sarjana Teknik Kimia Strata 2
 - b. Office Manager : Sarjana Ilmu Administrasi(FIA) Strata 2
6. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA), T. Kimia, Ekonomi
7. Kepala Bagian
 - a. Bagian Produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Bagian Teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - c. Bagian Keuangan : Sarjana Ekonomi
 - d. Bagian pemasaran : Sarjana ekonomi-manajemen
 - e. Bagian Umum : Sarjana Psikologi Industri

8. Kepala Seksi
- a. Seksi Proses : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Seksi Gudang : (D₃) Teknik Kimia
 - c. Seksi Utilitas : Sarjana Teknik Mesin, Teknik Elektro
 - d. Seksi Bengkel dan Perawatan : Sarjana Teknik Mesin
 - e. Seksi QC. dan Laboratorium : Sarjana Teknik Kimia, Kimia (MIPA)
 - f. Seksi Penjualan dan Pembelian : Sarjana Ekonomi dan Promotion
 - g. Seksi Humas dan Personalia : Sarjana Psikologi dan Hukum
 - h. Seksi Administrasi Keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
 - i. Seksi Keamanan dan Keselamatan : Diploma / SMU / SMK
 - j. Seksi Pengendalian : Sarjana Teknik Mesin, Teknik Elektro
 - k. Seksi Logistik : Diploma / SMU / SMK
 - l. Dokter : Sarjana Kedokteran
 - m. Seksi Kebersihan : SLTP
9. Karyawan : Diploma (D₃) SMU / SMK.

10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang ada. Pada pra rencana Pabrik Asam Adipat, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

- a. Proses Utama
 - 1. Penyiapan bahan baku
 - 2. Tahap Reaksi
 - 3. Tahap Pemisahan
 - 4. Tahap Penanganan Produk
- b. Tahap penambahan atau pembantu
 - 1. Laboratorium
 - 2. Utilitas

Terdapat 6 tahap proses yang membutuhkan tenaga operasional. Dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dan beroperasi dalam 330 hari/tahun, maka kebutuhan karyawan proses yang dapat dihitung adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi} &= (60.000 \text{ ton/th}) / (330 \text{ hari/tahun}) \\ &= 181,8181 \text{ ton/hari.} \end{aligned}$$

$$= 182 \text{ ton/hari.}$$

Dari data diatas, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah 56 orang tiap jam per hari tiap tahap proses. (fig.6.8 *Timmerhaus hal:213, thn 1991, edisi 5*)

Tahap proses sebanyak 6 tahap, maka:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan Proses} &= 56 \text{ orang} \times 6 \text{ tahap} \\ &= 336 \text{ orang tiap jam per hari} \end{aligned}$$

Dalam satu hari terdapat 3 shift (1 shift = 8 jam), sehingga jumlah karyawan pershift adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Karyawan} &= 336 \text{ orang tiap jam per hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 112 \text{ orang tiap jam per shift} \end{aligned}$$

1 shift = 8 jam, sehingga jumlah karyawan per shift adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Karyawan} &= 112 \text{ orang tiap jam per shift} : 8 \text{ jam} \\ &= 14 \text{ orang per shift} \end{aligned}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses keseluruhan} &= 14 \text{ orang hari/shift} \times 4 \text{ regu} \\ &= 56 \text{ orang setiap hari (untuk 4 regu).} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total karyawan} &= \text{Karyawan administrasi \& Karyawan lain} + \text{Karyawan proses} \\ &= 170 + 56 \\ &= 226 \text{ orang} \end{aligned}$$

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Asam Adipat ini adalah 226 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2

Tabel 10.2. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Asam Adipat

No.	Jabatan	Jumlah
1	Dewan komisaris	2
2	Direktur Utama	1
3	Litbang	2
4	Direktur Produksi & Teknik	1
5	Direktur Keuangan dan Administrasi	1
6	Kepala Bagian Produksi	1
7	Kepala Bagian Teknik	1

8	Kepala Bagian Pemasaran	1
9	Kepala Bagian Keuangan	1
10	Kepala Bagian SDM	1
11	Kepala Bagian Umum	1
12	Kepala Seksi Bengkel & Perawatan	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Mutu & Lab	1
15	Kepala Seksi Pengendalian Proses	1
16	Kepala Seksi Produksi	1
17	Kepala Seksi Gudang	1
18	Kepala Seksi Market & Riset	1
19	Kepala Seksi Penjualan	1
20	Kepala Seksi Promosi	1
21	Kepala Seksi Pembukuan & Keuangan	1
22	Kepala Seksi Penyediaan & Pembelian	1
23	Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1
24	Kepala Seksi Personalia	1
25	Kepala Seksi Humas	1
26	Kepala Seksi Keamanan	1
27	Karyawan Seksi Bengkel & Perawatan	12
28	Karyawan Seksi Utilitas	18
29	Karyawan Seksi Mutu & Lab	13
30	Karyawan Seksi Pengendalian Proses	8
31	Karyawan Seksi Produksi/Proses	44
32	Karyawan Seksi Gudang	9
33	Karyawan Seksi Market & Riset	6
34	Karyawan Seksi Penjualan	8
35	Karyawan Seksi Promosi	8

36	Karyawan Seksi Pembukuan & Keuangan	9
37	Karyawan Seksi Penyediaan & Pembelian	4
39	Karyawan Seksi Ketenagakerjaan	6
40	karyawan Seksi Personalia	4
41	Karyawan Seksi Humas	15
42	karyawan Seksi Keamanan	13
42	karyawan seksi kebersihan	10
44	Sopir	8
45	Dokter	1
46	Perawat	2
	JUMLAH	226

10.9 Status Karyawan dan Sistem Pengupahan (Gaji)

Pabrik Asam Adipat ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	Total
			Per orang	
1	Dewan komisaris	2	25.000.000	50000000
2	Direktur Utama	1	18.000.000	18000000
3	Litbang	2	10.000.000	20000000
4	Direktur Produksi & Teknik	1	15.000.000	15000000
5	Direktur Keuangan dan Administrasi	1	10.000.000	10000000
6	Kepala Bagian Produksi	1	8.500.000	8500000
7	Kepala Bagian Teknik	1	8.500.000	8500000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	8.500.000	8500000
9	Kepala Bagian Keuangan	1	8.500.000	8500000
10	Kepala Bagian SDM	1	8.500.000	8500000
11	Kepala Bagian Umum	1	8.500.000	8500000
12	Kepala Seksi Bengkel & Perawatan	1	6.500.000	6500000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	6.500.000	6500000
14	Kepala Seksi Mutu & Lab	1	6.500.000	6500000
15	Kepala Seksi Pengendalian Proses	1	6.500.000	6500000
16	Kepala Seksi Produksi	1	6.500.000	6500000
17	Kepala Seksi Gudang	1	6.000.000	6000000
18	Kepala Seksi Market & Riset	1	6.500.000	6500000
19	Kepala Seksi Penjualan	1	6.500.000	6500000
20	Kepala Seksi Promosi	1	6.500.000	6500000
21	Kepala Seksi Pembukuan & Keuangan	1	6.500.000	6500000
22	Kepala Seksi Penyediaan & Pembelian	1	6.500.000	6500000

23	Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1	6.000.000	6000000
24	Kepala Seksi Personalialia	1	6.000.000	6000000
25	Kepala Seksi Humas	1	6.000.000	6000000
26	Kepala Seksi Keamanan	1	5.000.000	5000000
27	Karyawan Seksi Bengkel & Perawatan	12	3.700.000	44.400.000
28	Karyawan Seksi Utilitas	15	4.000.000	60.000.000
29	Karyawan Seksi Mutu & Lab	10	4.000.000	40.000.000
30	Karyawan Seksi Pengendalian Proses	8	4.000.000	32.000.000
31	Karyawan Seksi Produksi/Proses	56	4.000.000	224.000.000
32	Karyawan Seksi Gudang	6	3.700.000	22.200.000
33	Karyawan Seksi Market & Riset	6	3.700.000	22.200.000
34	Karyawan Seksi Penjualan	8	3.700.000	29.600.000
35	Karyawan Seksi Promosi	8	3.700.000	29.600.000
36	Karyawan Seksi Pembukuan & Keuangan	9	3.700.000	33.300.000
37	Karyawan Seksi Penyediaan & Pembelian	4	3.700.000	14.800.000
39	Karyawan Seksi Ketenagakerjaan	6	3.700.000	22.200.000
40	Karyawan Seksi Personalialia	4	3.700.000	14.800.000
41	Karyawan Seksi Humas	15	3.700.000	55.500.000
42	Karyawan Seksi Keamanan	10	3.500.000	35.000.000
42	Karyawan Seksi kebersihan	10	3.400.000	34.000.000
44	Sopir	8	3.500.000	28.000.000
45	Dokter	1	6.500.000	6.500.000
46	Perawat	2	3.700.000	7.400.000
	JUMLAH	226		1.013.500.000

BAB XI

ANALISIS EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam Pra Rencana Pabrik Asam Adipat ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Asam Adipat tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Asam Adipat 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.

1. 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

2. 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 Asam Adipat ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984) dan (<http://www.matche.com/EquipCost/2015>).

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

a. Biaya Langsung (DC)

1. Harga peralatan		(E)	=Rp.	116.255.392.988
2. Instrument dan alat control	15%	E	=Rp.	17.483.308.948
3. Isolasi	9%	E	=Rp.	10.462.985.369
4. Perpipaian terpasang	55%	E	=Rp.	63.940.466.143
5. Listrik terpasang	18%	E	=Rp.	20.925.970.738
6. Harga FOB (jumlah 1-5)		(F)	=Rp.	229.023.124.186
7. Ongkos angkutan kapal laut	10%	F	=Rp.	22.902.312.419
8. Harga C dan F (jumlah 6-7)		(G)	=Rp.	251.925.436.604
9. Biaya asuransi	0,9%	G	=Rp.	2.267.328.929
10. Harga CIF (jumlah 8-9)		(H)	=Rp.	254.192.765.534
11. Biaya angkut barang ke plant	10%	H	=Rp.	25.419.276.553
12. Pemasangan alat	40%	E	=Rp.	46.502.157.195
13. Bangunan pabrik	55%	E	=Rp.	63.940.466.143
14. Servis Fasilitas	45%	E	=Rp.	52.314.926.844
15. Tanah	5%	E	=Rp.	5.812.769.649
16. Biaya langsung (DC) (jumlah 10-15)			=Rp.	395.867.435.075

b. Biaya Tak Langsung (IC)

17. Engineering dan Supervisi	10%	DC	= Rp.	39.586.743.507
18. Ongkos Pemborong	12%	DC	= Rp.	47.504.092.209
19. Biaya Tak Terduga	10%	DC	= Rp.	0,10 FCI
Total Modal Tak Langsung (IC)			= Rp.	87.090.835.716

+ 0,10 FCI

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$FCI = DC + IC$$

$$= \text{Rp. } 395.867.435.075 + \text{Rp. } 87.090.835.716 + 0,10 \text{ FCI}$$

$$= \text{Rp. } 482.958.270.791$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$WCI = 18\% \times TCI$$

$$= 18\% \times \text{Rp. } 568.094.938.812$$

$$= \text{Rp. } 106.015.230.174$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$= \text{Rp. } 482.958.270.791 + \text{Rp. } 106.015.230.174$$

$$= \text{Rp. } 588.973.500.965$$

f. Modal Perusahaan

$$\text{Modal sendiri (MS)} \quad 70\% \text{ TCI} = \text{Rp. } 412.281.450.675$$

$$\text{Modal pinjaman (MP)} \quad 30\% \text{ TCI} = \text{Rp. } 176.692.050.289$$

Penentuan Total Capital Investment (TPC)

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

- Bahan baku	= Rp.	1.260.129.935.538
- Tenaga kerja (TK)	= Rp.	12.162.000.000
- Pengawasan langsung (10% TK)	= Rp.	1.216.000.000
- Utilitas	= Rp.	17.149.626.635
- Pemeliharaan & perbaikan (PP) (4% FCI)	= Rp.	19.318.330.832
- Operating supplies (10% PP)	= Rp.	1.931.833.083
- Laboratorium (10% PP)	= Rp.	1.216.200.000
- Patent dan royalti (2% TPC)	= Rp.	0,02 TPC
- Biaya Produksi Langsung	= Rp.	1.313.124.126.088
		+ 0,02 TPC

b. Biaya Tetap (FC)

- Depresiasi alat (10% FCI)	= Rp.	48.295.827.079
- Depresiasi bangunan (2% FCI)	= Rp.	9.659.165.416
- Pajak kekayaan (2% FCI)	= Rp.	9.659.165.416
- Asuransi (0,6% FCI)	= Rp.	2.897.749.625
- Bunga bank (9,85% MT)	= Rp.	12.156.413.060
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)	= Rp.	82.668.320.595

c. Biaya Overhead Pabrik

$$\text{Biaya Overhead} = 60\% \text{ TK} + (\text{SP}) + \text{PP} = \text{Rp. } 9.186.019.850$$

d. Biaya pengeluaran umum (GE)

- Administrasi (15% PP)	= Rp.	2.296.504.962
- Distribusi dan pemasaran (15% TPC)	= Rp.	0,15 TPC
- Litbang (3% TPC)	= Rp.	0,03 TPC
- Financing	= Rp.	0,05 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)	= Rp.	2.296.504.962 + 0,23 TPC

e. Biaya produksi total (TPC)

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} \\ &= \text{Rp. } 1.407.274.971.496 + 0,25 \text{ TPC} \end{aligned}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp. } 1.876.366.628.661$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, DPC} &= \text{Rp. } 1.407.274.971.496 + 0,02 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp. } 1.444.802.305.068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GE} &= \text{Rp. } 2.296.504.962 + 0,23 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp. } 433.860.829.554 \end{aligned}$$

11.2. 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) :

- 5% untuk laba sampai Rp. 50.000.000
- 15% untuk laba Rp. 50.000.000 sampai Rp. 100.000.000,-
- 30% untuk laba sampai > Rp. 100.000.000

- a. Bunga kredit = 6,88 % per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi

$$\text{Tahun I} = 60 \% \text{ dari produksi total}$$

$$\text{Tahun II} = 80 \% \text{ dari produksi total}$$

$$\text{Tahun III} = 100 \% \text{ dari produksi total}$$

1. Laba Perusahaan

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp. } 2.161.500.006.917 \text{ (kapasitas } 100 \% \text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp. } 2.161.500.006.917 - \text{Rp. } 1.876.366.628.661 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 285.133.378.256 \\
 \text{Pajak penghasilan} &= 30\% \times \text{Laba kotor} \\
 &= 30\% \times \text{Rp. } 285.133.378.256 \\
 &= \text{Rp. } 85.540.013.477 \\
 \text{Laba bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\
 &= \text{Rp. } 285.133.378.256 - \text{Rp. } 85.540.013.477 \\
 &= \text{Rp. } 199.593.364.779
 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_A)

$$\begin{aligned}
 C_{A_{bt}} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \text{Rp. } 285.133.378.256 + \text{Rp. } 48.295.827.079 \\
 &= \text{Rp. } 333.429.205.335
 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_A)

$$\begin{aligned}
 C_{A_{at}} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \text{Rp. } 199.593.364.779 + \text{Rp. } 48.295.827.079 \\
 &= \text{Rp. } 247.889.191.858
 \end{aligned}$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned}
 ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\
 &= 48,4\% \text{ (App. E)}
 \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned}
 ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\
 &= 33,9\% \text{ (App. E)}
 \end{aligned}$$

3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung, dikurangi penyusutan/waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned}
 POT &= \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 2,4 \text{ tahun (App. E)}
 \end{aligned}$$

4. Break Even Point (BEP)

Merupakan titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$BEP = \frac{FC + 0,3SVC}{S - (0,7SVC - VC)} \times 100\%$$

Dimana :

FC = Rp. 82.668.320.595

VC = Rp.1.277.279.562.173

SVC = Rp. 516.418.745.892

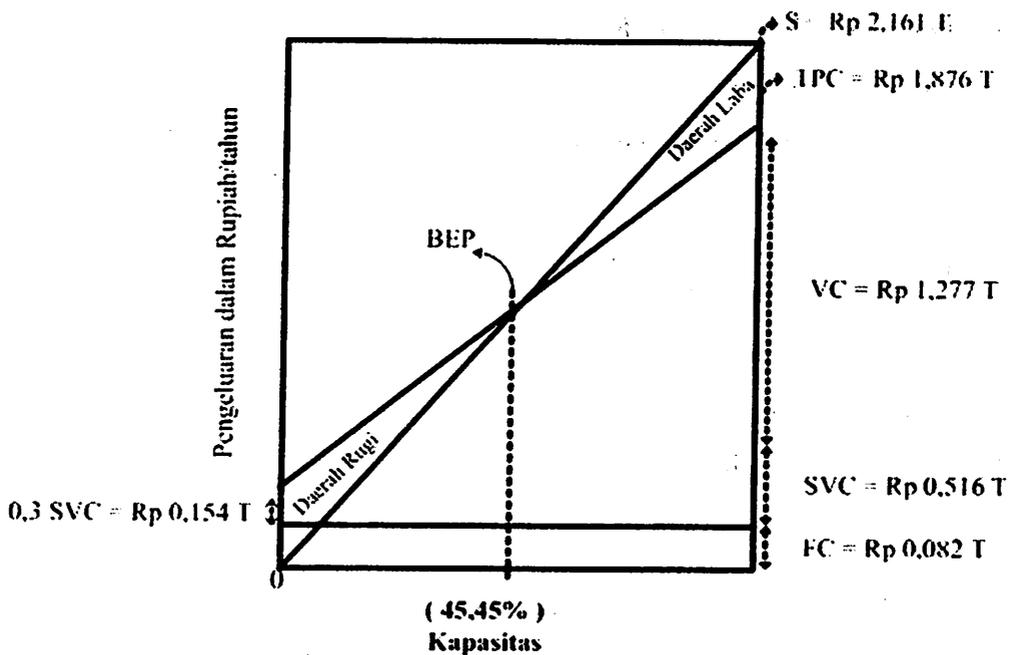
S = Rp.2.161.500.006.917

Maka, didapatkan :

BEP = 45,45 % (App. E)

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 45,45 % × 60.000 ton/tahun
 = 27.272 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Asam Adipat adalah 30% - 60%, sehingga nilai BEP diatas memadai.



Gambar 11.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 60% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PB_i = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$ = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PB_i = \text{Rp. } 291.679.215$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$C_A = \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp. } 291.679.215 + \text{Rp. } 48.295.827.079$$

$$= \text{Rp. } 48.587.506.294$$

Untuk produksi tahun II kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana : PB_i = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$ = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PB_i = \text{Rp. } 692.688.643$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$C_A = \text{laba bersih tahun kedua} + \text{depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp. } 692.688.643 + \text{Rp. } 48.295.827.079$$

$$= \text{Rp. } 48.988.515.722$$

5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

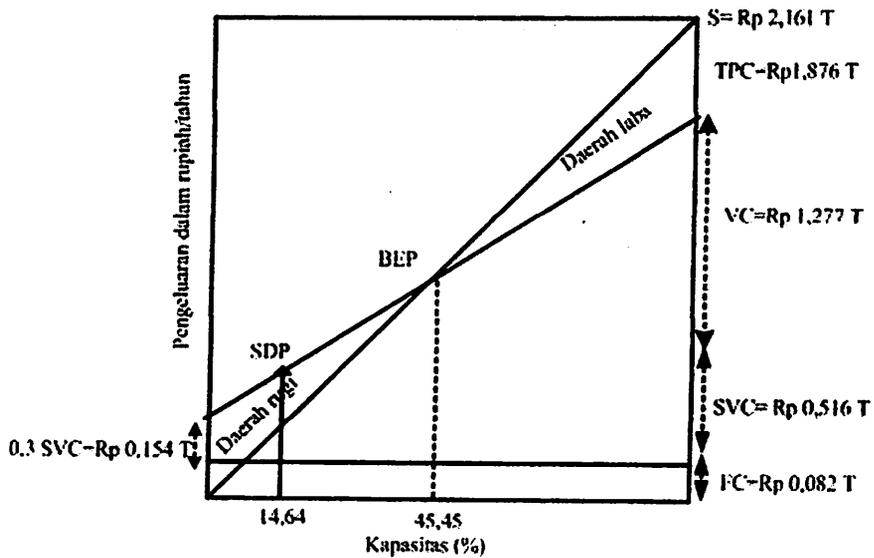
$$SDP = \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$= 14,64 \% \text{ (App. E)}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas penjualan

$$= 14,64 \% \times \text{Rp. } 2.161.500.006.917$$

$$= \text{Rp. } 640.624.131.081$$



Gambar 11.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

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

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung C_{A0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times FCI \times (1+i)^2 \\ &= \text{Rp. } 220.679.753.140 \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times FCI \times (1+i)^1 \\ &= \text{Rp. } 331.019.629.710 \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-0} &= -(C_{A-1} - C_{A-2}) \\ &= - \text{Rp. } 551.699.382.849 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana : F_d = faktor diskon = $1/(1+i)^n$ C_A = cash flow setelah pajak

n = tahun ke-n i = tingkat bunga

Tabel 11.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C_A) (Rp)	F_d $i = 6,88\%$	NPV (Rp)
0	-551.699.382.849	1	-551.699.382.849
1	48.587.506.294	0,9356	45.459.867.416
2	48.988.515.722	0,8754	42.884.602.697
3	247.889.191.858	0,8191	203.033.759.444
4	247.889.191.858	0,7663	189.964.221.036
5	247.889.191.858	0,7170	177.735.985.251
6	247.889.191.858	0,6708	166.294.896.380
7	247.889.191.858	0,6277	155.590.284.787
8	247.889.191.858	0,5873	145.574.742.503
9	247.889.191.858	0,5495	136.203.913.270
10	247.889.191.858	0,5141	127.436.296.098
WCI			106.015.230.174
Total			944.494.416.207

Karena harga NPV = (+) maka pabrik Asam Adipat layak untuk didirikan

7. IRR (Internal Rate of Return)

Tabel 11.2 Cash flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C_A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) $i = 0,29$	NPV ₂ (Rp) $i = 0,30$
0	-551.699.382.849	-551.699.382.849	-551.699.382.849
1	48.587.506.294	37.664.733.561	37.375.004.842
2	48.988.515.722	29.438.444.638	28.987.287.409
3	247.889.191.858	115.475.130.239	112.830.765.525
4	247.889.191.858	89.515.604.837	86.792.896.558
5	247.889.191.858	69.391.941.734	66.763.766.583
6	247.889.191.858	53.792.202.894	51.356.743.525

7	247.889.191.858	41.699.382.089	39.505.187.327
8	247.889.191.858	32.325.102.394	30.388.605.636
9	247.889.191.858	25.058.218.910	23.375.850.489
10	247.889.191.858	19.424.975.900	17.981.423.453
WCI		106.015.230.174	106.015.230.174
Total		68.101.584.521	49.673.378.673

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1)$$

$$= 32,70 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (6,88 %) maka Pabrik Asam Adipat ini layak untuk didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat dapat diambil kesimpulan bahwa rencana pendirian ini adalah cukup menguntungkan dengan mempertimbangkan beberapa aspek:

1. Dari Segi Proses

Proses oksidasi Asam Nitrat dari Sikloheksanol lebih menguntungkan karena dilakukan dalam kondisi suhu dan tekanan yang lebih rendah daripada proses lainnya sehingga dilihat dari segi keamanan akan terjamin dan dari segi perancangan alat menjadi lebih mudah serta dapat menghasilkan produk yang lebih baik dan hasil yang lebih efisien.

2. Dari Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena :

- Menciptakan lapangan kerja.
- Memberi kesempatan kepada penduduk untuk memperoleh tambahan penghasilan.

3. Dari Segi Lokasi Pabrik

- Sarana untuk penunjang memperoleh bahan baku yang sangat mudah yaitu dekat dengan pelabuhan dan jalan raya.
- Sarana untuk pemasaran produk yang sangat mudah yaitu dekat menggunakan jalur darat.
- Sarana penunjang utilitas sangat memadai.

4. Ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan rencana jangka panjang pemerintah yaitu menjadikan negara Indonesia sebagai negara industri baru yang didukung oleh sektor pertanian yang kuat.

5. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap pra rencana pabrik Asam Adipat dari Sikloheksanol dan Asam Nitrat, dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

- Internal Rate of Return (IRR) = 32,70 %

XII-2

- Pay Out Time = 2,4 tahun
- Break Event Point (BEP) = 45,45 %.
- Return On Invesment (ROI_{BT}) = 48,4 %.
- Return On Invesment (ROI_{AT}) = 33,9 %.

DAFTAR PUSTAKA

- and "Process Equipment Design", John Willey and Sons Inc, New Delhi
- C... tie, "Transport Process dan Unit Operation", 3rd Edition, Prentice
w Delhi, India 1997
- He... ishton, J.H., "Process Equipment Design", D. Van Nostrand Co.
981.
- Hin... 1989. Basic Principles and Calculation in Chemical
th edition, Prentice-Hall International:Singapore
- Kerr... Heat Transfer", 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Kusn... Teknik", Surabaya, 2010
- Kusn... abrik Kimia", Surabaya, 2012
- Othm... E. 1954, Encyclopedia of Chemical Technology, Volume 1, John
s Inc, New York.
- Perry, ... ry's Chemical Engineering Handbook", 8th Edition, McGraw Hill
York, USA, 2008.
- Peter S... use, "Plant Design and Economic to Chemical Engineering", 4th
Edit... w Hill, Singapore, 1991.
- PT Pertamina (Persero), "Penyesuaian Harga Bahan Bakar Tahun 2016"
- PT PLN (Persero), "Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Tahun 2016"
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, "Introduction to Chemical Engineering
Thermodynamics", 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
- Ullmann's, "Encyclopedia Of Industrial Chemistry, 7th edition, Wiley-VCH Verlag
GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005
- Ulrich D. Gael, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic",
John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.
- Yaws, Carl L. "Handbook Thermodynamic Diagrams", Organic Componen Vol. 2, Gulf
Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. "Handbook Thermodynamic Diagrams", Inorganic Componen Vol. 4,
Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996

www.chemicalland21.com/industrialchem/organic/ADIPIC%20ACID.htm diakses
tanggal 18 Maret 2016, 13:04

www.chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/nitric%20acid.htm diakses tanggal

19 Maret 2016, 14:07

www.engineeringtoolbox.com diakses tanggal 22 Juni 2016, 16:07

www.karawangkab.go.id "Penyesuaian UMK Jawa Barat Tahun 2016"