

PRA RENCANA PABRIK

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

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

Disusun oleh :

WAHYU HERMAWAN

13.149.15



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

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS
INTERNATIONAL ECONOMIC REVIEW

ANNUAL REPORT

1971

UNITED STATES :

WASHINGTON

BEYKLOK
SERVICIACION YIVL ILIVAY

INTERNATIONAL ECONOMIC REVIEW
ANNUAL REPORT 1971
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS

U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

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

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

WAHYU HERMAWAN 13.149.15

Malang, Agustus 2015

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Rini Kartika Dewi, ST, MT
NIP Y 1030100370

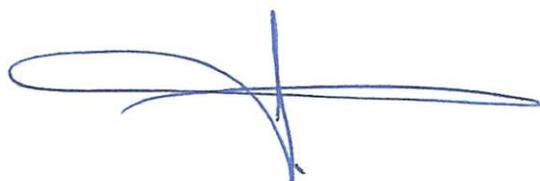
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : WAHYU HERMAWAN
NIM : 1314915
Jurusan/program studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)
Judul skripsi : PRA RENCANA PABRIK VINIL ASETAT DARI
ETILENA DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES
OKSIDASI

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

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

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y. 1039900330

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP P. 1030000351

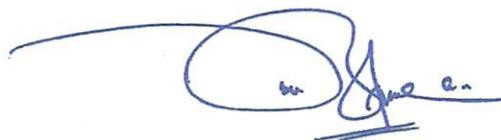
Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP P. 1030000351

Penguji Kedua,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : WAHYU HERMAWAN
NIM : 1314915
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK
VINIL ASETAT DARI ETILENA
DAN ASAM ASETAT DENGAN PROSES OKSIDASI
KAPASITAS PRODUKSI 80.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN ALAT UTAMA
REAKTOR

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

Malang, Juli 2015



WAHYU HERMAWAN
1314915



KATA PENGANTAR

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

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

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

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

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

Malang, Juli 2015

Penyusun

INTISARI

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

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

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

DAFTAR ISI

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

DAFTAR GAMBAR

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

DAFTAR TABEL

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

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

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

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

(Kirk dan othmer,1998)

1.2 Bahan Baku dan Produk

1.2.1 Bahan baku

a. Asam Asetat

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

Sifat fisika dan kimia

- BM = 60,05
- Warna = tak berwarna
- Bentuk = liquid
- Densitas = 1,0492 g/mL
- Specific gravity = 1,049
- Melting Point = $16,7^\circ\text{C}$
- Boiling Point = $119,1^\circ\text{C}$
- Viscositas = 0,9 cP pada 40°C
- Berbau tajam, termasuk golongan asam lemah
- Larut dalam air, alkohol, gliserol dan eter
- Pada suhu ruang tak larut dalam carbon disulfid
- Higroskopis dalam asam asetat murni, pelarut dalam industri kimia
(Perry, 1973)

b. Etilena

- Rumus molekul = C_2H_4

Sifat fisika dan kimia

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

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

(Perry, 1973)

1.2.2 Bahan Pembantu

Palladium Klorida

- Rumus molekul = PdCl₂

Sifat fisika dan kimia

- BM = 177,61
- Bentuk = padat
- Warna = coklat
- Melting point = 500⁰C
- Densitas = 12,023 g/cm³ pada 25 ⁰C
- Mudah larut dalam air, alkohol
- Biasanya digunakan pada temperatur tinggi

(Perry, 1973)

1.2.3 Produk

Vinil asetat

- Rumus molekul = CH₃COOH=CH₂

Sifat fisika dan kimia

- Berat molekul = 86,09
- Viscositas pada 20⁰C = 0,43 cP
- Densitas (g/mL) = 0,932
- Warna = tidak berwarna
- Bentuk = liquid
- Specific gravity = 0,932 pada 20⁰C
- Boiling Point = 72,8 ⁰C
- P uap pada 20⁰C = 12 Kpa
- P uap pada 50⁰C = 42,6 Kpa
- Panas Spesifik = 1,926 KJ/Kg

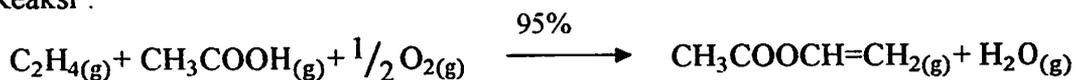
- Larut dalam pelarut organik seperti chloroform, eter dan alkohol
- Tidak larut dalam air
- Dapat dipolimerisasi dalam bentuk padatan dan emulsi
- Mudah terbakar dan menyebabkan iritasi pada kulit dan mata

(Ulmann's, 2005)

1.3 Analisis Pasar

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

Reaksi :



Tabel 1. Tabel analisa pasar

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

EP = Produk – Reaktan

$$= [(86,09 \times 1,6) + (18,015 \times 0,086) - [(28,05 \times 2) + (60,05 \times 0,6) + (0,5 \times 31,998 \times 0)]]$$

$$= \$ 47,163/ \text{ kmol CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$$

1.4 Menentukan Kapasitas

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

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

Tabel 2. Data impor periode tahun 2009-2013

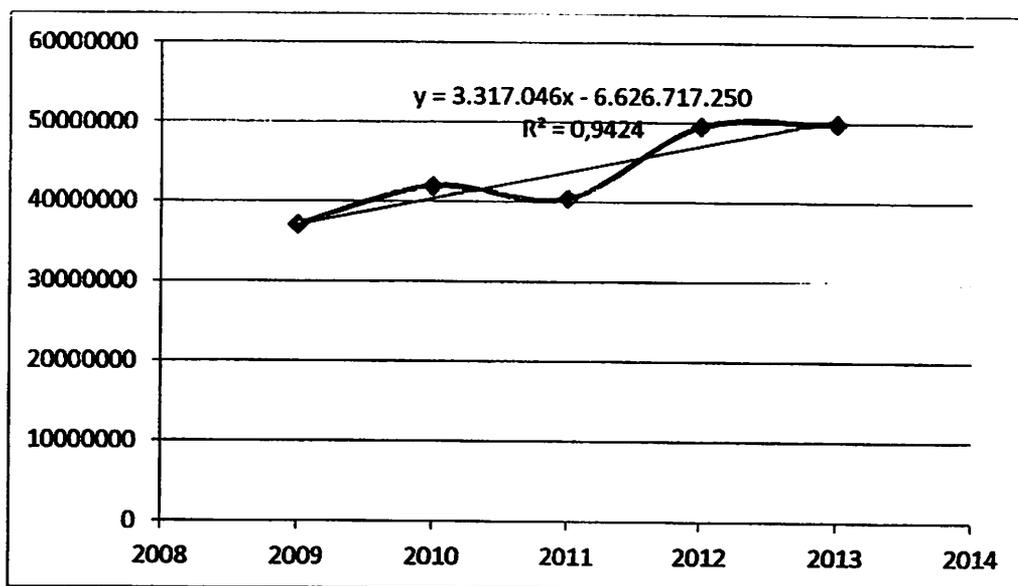
Tahun	Impor (kg)	Impor (%)
2009	37.193.841	-
2010	42.003.992	12,93%
2011	40.518.389	-3,54%
2012	49.625.975	22,48%
2013	49.968.079	0,69%
Rata- rata		8,14

Sumber : BPS, 2014

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

a. Menentukan faktor pertumbuhan

Dengan penggunaan teknik regresi diperoleh persamaan:



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

$$y = ax + b$$

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

b. Menentukan kapasitas pabrik baru

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

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

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

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

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

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

$$M = 83851.72$$

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

1.5 Lokasi Pabrik

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

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

a. **Faktor-faktor Utama**

1. **Penyediaan Bahan Baku**

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

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

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

2. Pemasaran (Marketing)

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

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

3. Utilitas

Utilitas suatu pabrik terdiri dari

a. Air

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

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

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

1. Listrik Dan Bahan Bakar

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

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

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

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

b. Keadaan Geografis Dan Masyarakat

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

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

1.6 Faktor-faktor Khusus

a. Transportasi

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

b. Tenaga Kerja

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

c. Pembuangan Limbah

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

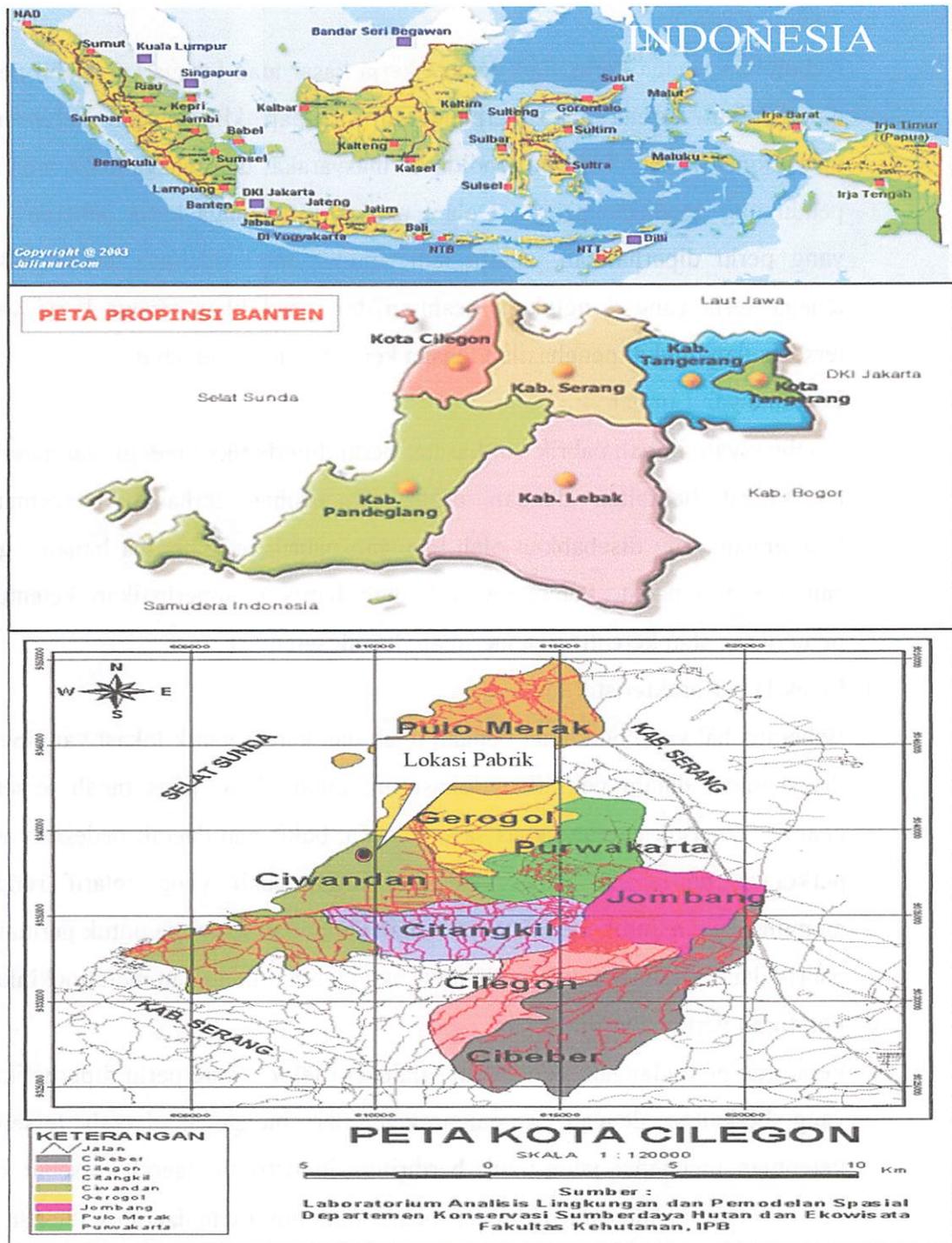
d. Letak Dan Karakteristik Lokasi

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

e. Peraturan Perundang-undangan

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

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



Gambar 2. Peta Lokasi Pabrik Vinil Asetat



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam Proses

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

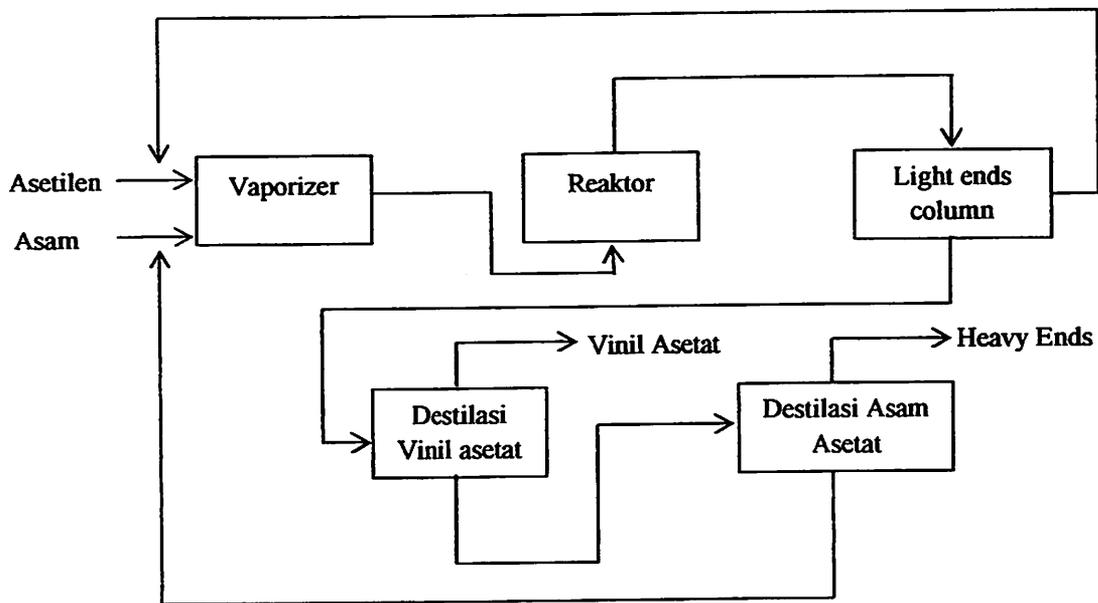
- Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat
- Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat
- Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Asetat Anhydride

2.1.1 Vinil Asetat dari Asetilen dan Asam Asetat

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

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

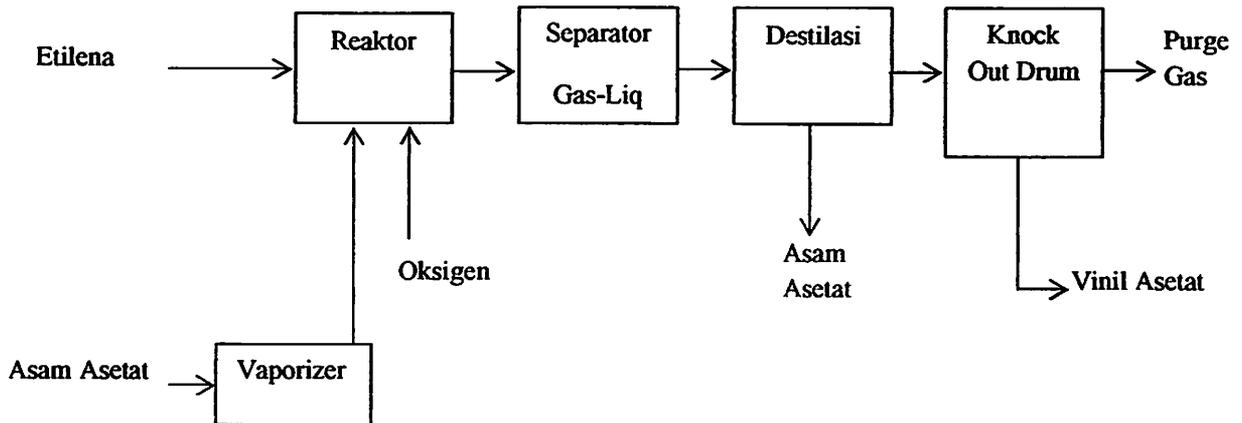
Produk vinil asetat dimurnikan dengan mcnggunakan beberapa kolom destilasi yang dipasang seri, karena bahan-bahan yang akan dipisahkan kebanyakan bersifat sangat korosif maka bahan konstruksi yang digunakan adalah stainless steel.



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

2.1.2 Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

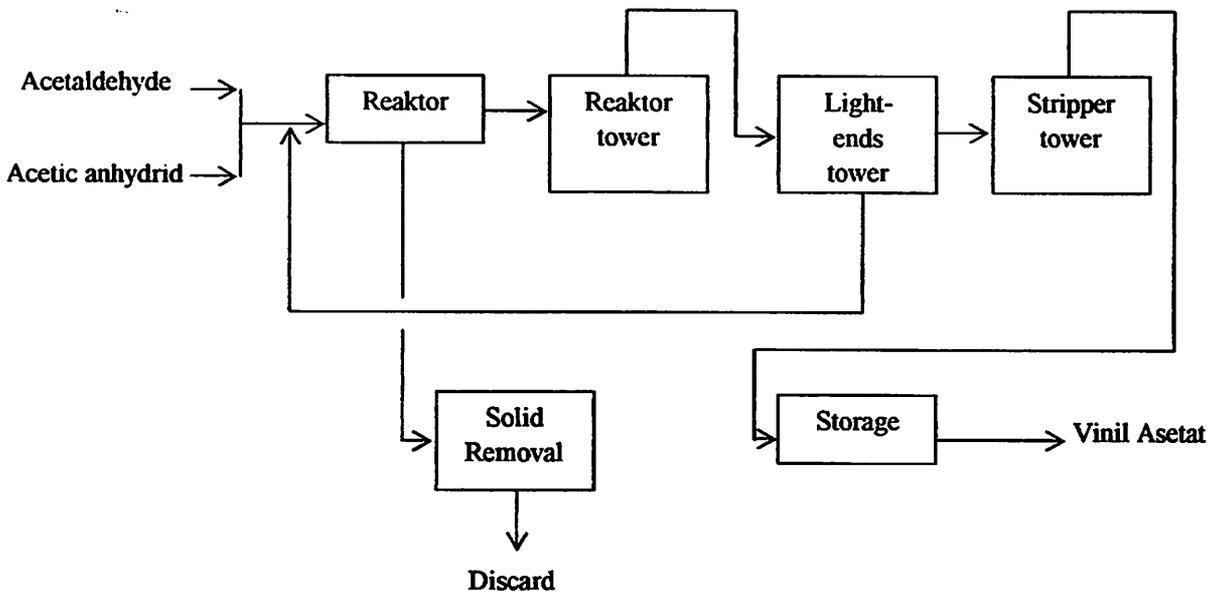
Asam asetat dan etilena masuk ke preheater dimana didalam preheater terdapat oksigen dan dicampur sampai suhu 120°C. Kemudian campuran masuk ke dalam reaktor, reaktor yang digunakan bertipe tube dimana katalisnya terdapat pada tubenya. Adapun katalis yang digunakan adalah palladium chloride. Setelah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



Gambar 4. Blok diagram Vinil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat
(Jobson dan Watson, 2000)

2.1.3 Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Asetat Anhydride

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



5. Blok Diagram Vinil Asetat dari Asetaldehida dan Acetic Anhydride
(Kirk dan Othmer, 1998)

2.2 Seleksi Proses

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

Tabel 3. Perbandingan proses pembuatan vinil asetat

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

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

Keuntungan dari proses ini adalah :

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

2.3 Uraian Proses

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

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

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Asam Asetat

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

b. Etilena

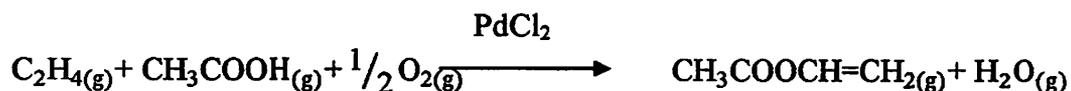
Etilena dengan konsentrasi 99,5% ditampung di dalam tangki penyimpanan berbentuk spherical tank (F-115) yang selanjutnya dipanaskan dengan heater (E116) sampai suhunya 175°C kemudian tekanan Etilena dinaikkan dari 3 atm menjadi 5 atm dengan kompresor (G-116). Setelah itu etilena masuk ke dalam reaktor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

c. Oksigen (O₂)

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

2. Tahap Reaksi

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



Dimana konversi reaksi 95%

3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

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

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

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

4. Penanganan Produk

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

4. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dan asam asetat dalam produk

Keterangan:

M_8 : Aliran bahan masuk kolom destilasi

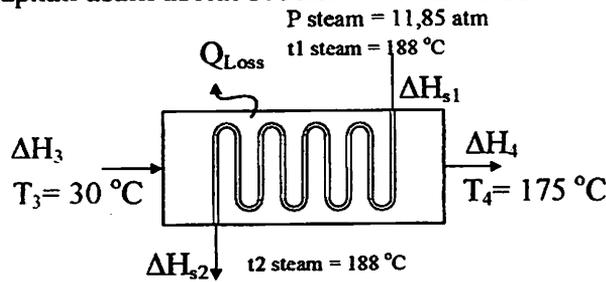
M_9 : Aliran produk atas keluar kolom destilasi

M_{10} : Aliran produk bawah keluar kolom destilasi

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

2. Vaporizer E-113

Fungsi: Untuk menguapkan asam asetat sebelum masuk ke dalam reaktor



Keterangan:

ΔH_3 : Panas asam asetat masuk preheater

ΔH_4 : Panas bahan keluar preheater menuju reaktor

ΔH_{s1} : Panas steam masuk vaporizer

ΔH_{s2} : Panas steam keluar vaporizer

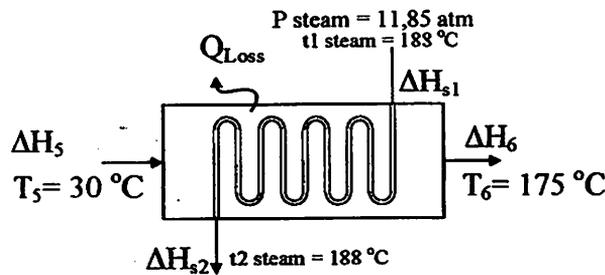
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

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

3. Preheater Udara E-116a

Fungsi: Untuk menaikkan suhu udara sebelum masuk ke dalam reaktor



Keterangan:

ΔH_5 : Panas udara masuk preheater

ΔH_6 : Panas udara keluar preheater menuju reaktor

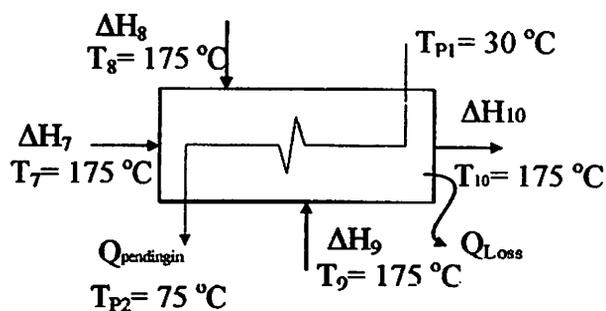
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

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

4. Reaktor R-110

Fungsi: Untuk mereaksikan Etilena, Asam Asetat dan H_2O



Keterangan:

ΔH_7 : Panas asam asetat masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_8 : Panas etilena masuk reaktor dari preheater

ΔH_9 : Panas udara masuk dari preheater

ΔH_{10} : Panas produk keluar reaktor

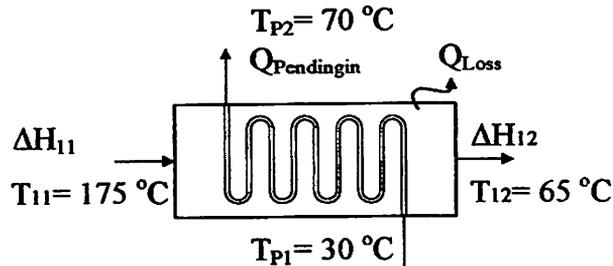
Q_{Loss} : Panas yang hilang

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

Neraca Panas Reaktor			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_7	224135,7400	ΔH_{10}	-14947181,7730
ΔH_8	332741,6178		
ΔH_9	311211,4390	Q_{Loss}	-158152,7057
		$Q_{\text{Pendingin}}$	158152,7057
ΔH_{rxn}	31787059,97		
Total	14947181,7730	Total	14947181,7730

5. Cooler E-121

Fungsi: Untuk pendinginan produk sebelum masuk flash tank



Keterangan:

ΔH_{11} : Panas bahan masuk cooler

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

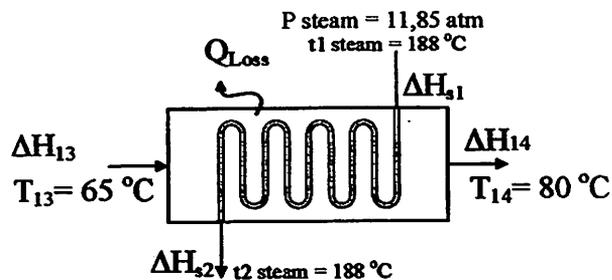
Q_{Loss} : Panas yang hilang

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

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

6. Preheater Destilasi E-132

Fungsi: Untuk memanaskan umpan destilasi



Keterangan:

ΔH_{13} : Panas bahan masuk preheater

ΔH_{14} : Panas bahan keluar preheater menuju destilasi

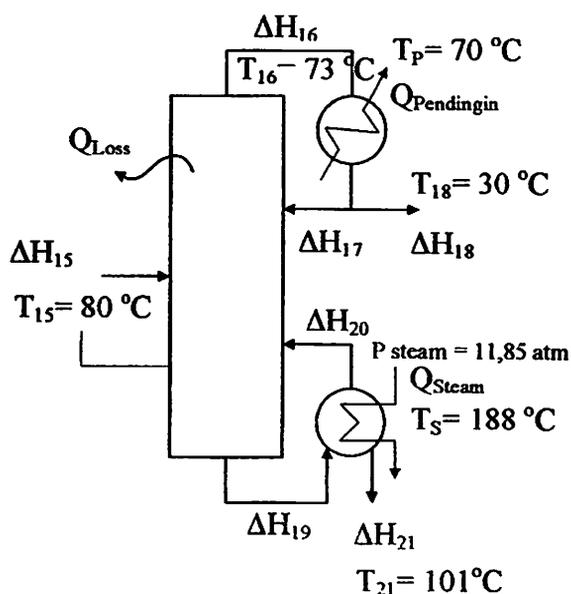
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

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

7. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dalam produk



Keterangan:

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

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

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

5.1 Ringkasan Spesifikasi Keseluruhan Peralatan

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

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

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

5.2 Dasar Pertimbangan Pemilihan Alat dan Pemilihan Material

1. Storage H₂SO₄ (F-111)

Fungsi = Untuk menyimpan CH₃COOH

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

2. Centrifugal Pump (L-112)

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

3. Preheater (E-113)

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

4. Compresor (G-114)

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

Suhu akhir (T_2) = 175°C

5. Storage C_2H_4 (F-115)

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



6. Preheater (E-116)

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

7. Compresor (G-117)

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

8. Reaktor (R-110)

(Perancangan alat utama oleh Wahyu Hermawan 1314915)

9. Cooler (E-121)

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

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

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

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

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

10. Flash Tank (D-120)

Fungsi = Untuk memisahkan produk keluaran dari reaktor

Type = Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA 250 Grade T1

Allowable Stress = 18750

Tipe pengelasan = Double Welded Butt Join

Faktor pengelasan (E) = 0,8

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 0,02 jam

Volume fluida = 80%

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

Suhu operasi = 54°C

11. Centrifugal Pump (L-131)

Fungsi = Untuk mengalirkan produk bawah flash tank menuju preheater destilasi

Type = Pompa centrifugal

Bahan konstruksi = Carbon Steel dengan pelapis polypropylene

Jumlah = 1 buah

Suhu (T) = 65°C

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

12. Preheater (E-124)

Fungsi = Untuk menaikkan suhu feed sebelum masuk ke kolom destilasi

Type = Double Pipe Heat Exchanger

suhu bahan masuk (t_1) = $65^\circ\text{C} = 149^\circ\text{F}$

suhu bahan keluar (t_2) = $80^\circ\text{C} = 176^\circ\text{F}$

suhu steam masuk (T_1) = $188^\circ\text{C} = 370^\circ\text{F}$

suhu steam kondensat (T2)= 188°C= 370°F

13. Kolom Destilasi (D-130)

(Perancangan alat utama oleh Achdiatul Mu'min 1314918)

14. Condensor (E-133)

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

Type = Shell and tube

suhu bahan masuk (T1) = 73°C = 163,40°F

suhu bahan keluar (T2) = 30°C = 86°F

suhu air pendingin masuk (t1) = 30°C = 86°F

suhu air pendingin keluar (t2) = 70°C = 158°F

15. Reboiler (E-136)

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

Type = Shell and Tube

suhu bahan masuk (t1) = 80°C = 176,0°F

suhu bahan keluar (t2) = 101°C = 212,9 °F

suhu steam masuk (T1) = 188°C = 370°F

suhu steam kondensat (T2)= 188°C = 370°F

16. Akumulator (E-134)

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

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

Bahan Konstruksi = Stainless stell SA 240 Grade M Type 316

Allowable Stess = 18750

Tipe pengelasan = Double Welded Butt Join

Faktor pengelasan (E) = 0,8

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 1jam

Volume fiuida = 80%

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

Suhu operasi = 30°C

17. Sentrifugal Pump (L-134)

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

Type = Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi = Carbon Steel

Jumlah = 1 buah

Suhu (T) = 100,16°C

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

18. Storage Vinyl Asetat (F-144)

Fungsi = Untuk menyimpan produk vinyl asetat

Tipe = Tangki bentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dish dan tutup bawah datar

Bahan konstruksi – Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316

Allowable stress (f) = 18750

Tipe pengelasan = Double welded but join, E = 0,8

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 7 hari = 168 jam

Volume fluida = 80% storage

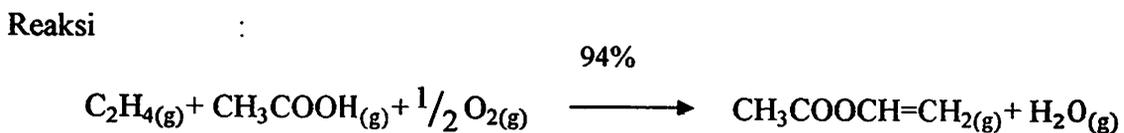
Suhu operasi = 30°C

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

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Reaktor
Kode : R-110
Fungsi : Sebagai tempat untuk mereaksikan etilena, asam asetat dengan proses oksidasi dengan bantuan katalis PdCl₂ (Palladium Klorida) untuk membentuk produk utama Vinyl Asetat
Jenis : Fixed Bed Multi Tubular Reaktor



Prinsip kerja :

Reaktor merupakan tempat terjadinya reaksi antara bahan baku yang digunakan untuk membentuk produk yang diinginkan. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor plug flow type Fixed-Bed Multi Tubular Reaktor yang dilengkapi oleh air pendingin pada bagian shellnya. Bahan baku yang masuk yaitu etilena, asam asetat dan oksigen dalam fase gas direaksikan dengan bantuan katalis padat palladium klorida yang berbentuk padatan (bola) didalam tube. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis sehingga didalam reaktor dilengkapi dengan air pendingin untuk menjaga suhu operasi yaitu 175 °C, dimana tekanan operasi berlangsung pada kondisi 5 atm. Untuk mengatur kondisi operasi pada reaktor maka dipasang temperatur control (TC) dan pressure control (PC). Setelah terjadi reaksi dan terbentuk produk maka produk yang terbentuk dikeluarkan dari reaktor menuju proses selanjutnya.

Kondisi Operasi Reaktor:

Tekanan operasi = 5 atm

Suhu Operasi = 175 °C

Waktu tinggal (t) reaktor = 1,8 detik (Dimian dan Bildea, 2008)

Fase = gas

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah standard dish head

Bahan Konstruksi : SA-240 grade M type 316

Allowable stress (f) : 18750 (Brownell & Young, App. D-4 hal 342)

Tipe pengelasan : Double Welded butt joint

Faktor Korosi : $\frac{1}{16}$ in

Faktor Pengelasan : 0,8 (Brownell & Young, tabel 13.2 hal.254)

Jumlah Reaktor : 1 buah

Laju alir massa = 19502,644 kg/jam = 42995,530 lb/jam = 11,943203 lb/detik

Perhitungan Perancangan Reaktor :**A. Menentukan Dimensi Reaktor****1. Menentukan Volume Reaktor**

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Dimana :

$$T = 175 \text{ } ^\circ\text{C} = 806,67 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$P = 5 \text{ atm} = 73,5 \text{ psia} = 58,78 \text{ psig}$$

$$n = 546,661 \text{ kmol/jam} = 1205,1678 \text{ lbmol/jam} = 0,3347688 \text{ lbmol/detik}$$

$$R = 0,7302 \text{ ft}^3 \cdot \text{atm/lbmol} \cdot ^\circ\text{R}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 V_{\text{gas}} &= \frac{n \cdot R \cdot T}{P} \\
 &= \frac{0,3347688 \times 0,7302 \times 806,67}{5,00} \\
 &= 39,44 \text{ ft}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Direncanakan 1 buah reaktor dengan waktu tinggal 1,8 detik, maka :

$$V_{\text{gas}} = 39,44 \text{ ft}^3/\text{detik} \times 1,8 \text{ detik} = 70,988 \text{ ft}^3$$

2. Menghitung Kebutuhan Katalis

Diketahui :

Jenis katalis : Palladium Klorida (PdCl_2)

Tipe : Strongly acidic cation exchanger

Bentuk : Padatan (bola)

Diameter : 0,3 - 4 mm

Porositas : 45%

Regenerasi : 1 - 2 tahun

r katalis : $12,02 \text{ g/cm}^3 = 750,5959 \text{ lb/ft}^3$

Porositas reaktor ditetapkan 0,35 - 0,70 (Tabel 4.22, Ulrich, hal 217)

$e = 0,45$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{katalis}} &= 0,45 \times (70\% V_{\text{gas}}) \\
 &= 0,45 \times (0,7 \times 70,9881) \\
 &= 22,361237 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

r katalis pada $e = 0,45$ adalah:

$$r_{\text{katalis}} = \frac{12,023}{1 + 0,45} \text{ g/cm}^3 = 8,29172 \text{ g/cm}^3 = 517,652 \text{ lb/ft}^3$$

$$M_{\text{katalis}} = r_{\text{katalis}} \times V_{\text{katalis}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 517,652 \times 22,3612 \\
 &= 11575,34636 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Volume Tube

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tube}} &= V_{\text{katalis}} + V_{\text{gas}} \\
 &= 22,3612 + 70,988 \\
 &= 93,349 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Panjang Tube Terisi Katalis

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tube}} &= \frac{p \times d_i^2}{4} \times L \\
 L &= \frac{V_{\text{tube}}}{\frac{p \times d_i^2}{4}} = \frac{V_{\text{tube}}}{\text{flow area}}
 \end{aligned}$$

Dimana digunakan pipa dengan ketentuan ukuran nominal 2 sch. 40 (Tabel 11, Kern, hal 844)

$$ID = 2,067 \text{ in} = 0,17 \text{ ft}$$

$$OD = 2,38 \text{ in} = 0,20 \text{ ft}$$

$$A = 3,35 \text{ in}^2 = 0,02 \text{ ft}^2$$

$$L = \frac{93,349}{0,02326} = 4012,63 \text{ ft}$$

5. Menentukan Jumlah Tube

$$\begin{aligned}
 N_t &= \frac{L}{l \text{ tube asumsi}} \\
 &= \frac{4012,626152}{30} = 133,754 \approx 134 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\text{Laju alir tiap 1 pipa} = \frac{V_{\text{gas}}}{N_t}$$

$$= \frac{39,438}{134} = 0,29431 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume tiap panjang tube} = a' \times L \times e$$

Dimana : a' = flow area (ft²)

L = panjang tube yang terisi katalis (ft)

e = porositas

Sehingga :

$$\begin{aligned} V &= 0,02326 \times 30 \times 0,45 \\ &= 0,3141 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Cek waktu reaksi :

$$\begin{aligned} T &= \frac{\text{Volume tiap pipa}}{\text{Laju alir tiap pipa}} \\ &= \frac{0,3141}{0,29431} = 1,07 \text{ detik (memenuhi)} \end{aligned}$$

6. Menentukan Diameter Reaktor

Susunan pipa dalam reaktor berbentuk segitiga (triangular) dengan :

$$\begin{aligned} Pr &= OD + 1/4 OD \\ &= 2,38 + 1/4 (2,38) \\ &= 2,975 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas satu pipa : } t &= Pr \cdot \sin 60^\circ \\ &= 2,98 \cdot \sin 60^\circ \\ &= 2,57814 \text{ in} \end{aligned}$$

Luasan triangular pitch

$$\begin{aligned} A &= 1/2 \times Pr \times t \\ &= 1/2 \times 2,98 \times 2,57814 \end{aligned}$$

$$= 3,83499 \text{ in}^2 = 0,02663 \text{ ft}^2$$

Dengan $N_t = 134$, maka :

$$\begin{aligned} \text{Luas pipa} &= N_t \times \text{Luas Segitiga} \\ &= 134 \times 0,02663 \\ &= 3,56867 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Asumsi luas pipa = 80% luas total

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= \frac{\text{Luas pipa}}{80\%} \\ &= 4,46084 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Menghitung diameter reaktor :

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= \frac{p}{4} \times d_i^2 \\ d_i^2 &= \frac{\text{Luas total}}{\frac{p}{4}} \\ d_i^2 &= \frac{4,4608}{\frac{p}{4}} \\ d_i^2 &= 5,68259 \\ d_i &= 2,38382 \text{ ft} = 28,6058 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tekanan design

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{operasi}} \\ &= 0 + 58,78 \\ &= 58,78 \text{ psig} \end{aligned}$$

Menghitung tebal silinder (t_s)

$$\begin{aligned} \text{Tebal shell } (t_s) &= \frac{P_i d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C \\ &= \frac{58,7840 \times 29}{2[18750 \times 0,8 - 0,6 \times 58,7840]} + 0,0625 \end{aligned}$$

$$= 0,11868 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1,8989}{16} \gg \frac{3}{16}$$

Standarisasi do & di

$$\begin{aligned} do &= di + 2t_s \\ &= 28,6 + 0,38 \\ &= 29 \text{ in} \gg 30 \text{ in (Brownell, 1959. tabel 5-7, hal 89)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} di &= do - 2t_s \\ &= 30 - 0,38 \\ &= 29,6 \text{ in} \approx 2,47 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menentukan Tebal Tutup Reaktor

$$\begin{aligned} tha &= \frac{0,885 \times Pi \times di}{f \cdot E - 0,1 Pi} + C \\ &= \frac{0,885 \times 58,7840 \times 29,6250}{\left[18750 \times 0,8 - 0,1 \times 58,7840 \right]} + 0,0625 \\ &= 0,16529 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{2,6446}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 5.4, hal 87 untuk $tha = 3 / 16$ in diperoleh :

$$sf = 1,5$$

$$icr = 9/16$$

Dari Brownell & Young tabel 5.7., hal. 89 untuk OD = 30 in, diperoleh :

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

$$icr = 1 \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$a = \frac{1}{2} IDs = \frac{1}{2} \times 29,625 = 14,8125 \text{ in}$$

VI-8

$$AB = a - icr = 12,9375$$

$$BC = r - icr = 28,125$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\ &= \sqrt{(28,125)^2 - (12,9375)^2} \\ &= 24,9727 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 30 - 24,9727 \\ &= 5,02728 \end{aligned}$$

$$OA = th + b + sf - 3/16 + 5,02728 + 1,5 = 6,7148 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tutup} = ha = hb = OA = 6,7148 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi kolon} &= \text{Tinggi shell} + ha + hb \\ &= 360 + 6,7148 + 6,7148 \\ &= 373,430 \text{ in} \approx 31,1 \text{ ft} \end{aligned}$$

Kesimpulan dimensi reaktor :

Silinder :

- di = 29,6 in
- do = 30 in
- ts = 3/16 in
- th = 3 / 16 in
- L = 4,46 ft

Tube :

- di = 2,067 in
- do = 2,38 in
- a' = 3,35 in²

- $P_t = 2,975$ in
- $N_t = 134$ buah

B. Checking Perencanaan Reaktor

Dari Appendiks B diperoleh kebutuhan air pendingin sebagai fluida pendingin yaitu :

$$Q = 158152,7057 \text{ kkal/jam} = 3790235,1 \text{ btu/jam}$$

$$\text{Fluida pendingin} = 3516,4590 \text{ kg/jam} = 7752,3854 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Suhu feed masuk} = 175 \text{ }^\circ\text{C} = 347 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu produk keluar} = 175 \text{ }^\circ\text{C} = 347 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 75 \text{ }^\circ\text{C} = 167 \text{ }^\circ\text{F}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	x_i (massa)	ρ (lb/ft ³)	$x_i \cdot \rho_i$
C ₂ H ₄	3478,2351	0,1783	35,59	6,3465
C ₂ H ₆	6,9914274	0,0004	34,09	0,0122
CH ₄	10,487141	0,0005	25,91	0,0139
CH ₃ COOH	7446,2752	0,3818	65,5016	25,0091
H ₂ O	45,590301	0,0023	61,8057	0,1445
O ₂	1984,02	0,1017	0,0900	0,0092
N ₂	6531,0452	0,3349	0,0900	0,0301
Total	19502,6444	1,0000	223,0676	31,5655

$$\begin{aligned} \rho_{\text{campuran}} &= \frac{\sum x_i \cdot \rho_i}{\sum x_i} \\ &= \frac{31,5655}{1,0000} = 31,5655 \text{ lb/ft}^3 = 505,614 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	x_i (massa)	C _p (Btu/lb.°F)	$x_i \cdot C_p$
C ₂ H ₄	3478,2351	0,1783	0,5200	0,0927
C ₂ H ₆	6,9914	0,0004	0,5600	0,0002
CH ₄	10,4871	0,0005	0,6500	0,0003
CH ₃ COOH	7446,2752	0,3818	0,5200	0,1985
H ₂ O	45,5903	0,0023	0,4800	0,0011
O ₂	1984,0200	0,1017	0,230	0,0234
N ₂	6531,0452	0,3349	0,260	0,0871
Total	19502,6444	1,0000	3,2200	0,4034

$$C_p \text{ campuran} = \frac{\sum x_i C_{p_i}}{\sum x_i}$$

$$= \frac{0,4034}{1,0000} = 0,4034 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	x_i (massa)	k (Btu/jam.ft ² .°F/ft)	$x_i.k$
C ₂ H ₄	3478,2351	0,1783	0,0202	0,0036
C ₂ H ₆	6,9914	0,0004	0,0221	0,0000
CH ₄	10,4871	0,0005	0,0308	0,0000
CH ₃ COOH	7446,2752	0,3818	0,0990	0,0378
H ₂ O	45,5903	0,0023	0,0174	0,00004
O ₂	1984,0200	0,1017	0,0219	0,0022
N ₂	6531,0452	0,3349	0,0212	0,0071
Total	19502,6444	1,0000	0,2326	0,0508

$$k \text{ campuran} = \frac{\sum x_i k_i}{\sum x_i}$$

$$= \frac{0,0508}{1,0000} = 0,0508 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	x_i (massa)	μ (cp)	$x_i.\mu_i$
C ₂ H ₄	3478,2351	0,1783	0,0143	0,0026
C ₂ H ₆	6,9914	0,0004	0,0130	0,0000
CH ₄	10,4871	0,0005	0,0155	0,0000
CH ₃ COOH	7446,2752	0,3818	0,0125	0,0048
H ₂ O	45,5903	0,0023	0,0160	0,0000
O ₂	1984,0200	0,1017	0,0270	0,0027
N ₂	6531,0452	0,3349	0,0245	0,0082
Total	19502,6444	1,0000	0,1228	0,0183

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\sum x_i \mu_i}{\sum x_i}$$

$$= \frac{0,0183}{1,0000} = 0,01832 \text{ cp}$$

Bagian *Shell*

$$ID_s = 29,6 \text{ in}$$

$$B = 25$$

$$(N+1) = \frac{12 \times B}{L}$$

$$= 10,0$$

$$Pt = 2,98 \text{ in}$$

Bagian *Tube*

$$do = 2,38 \text{ in}$$

$$L = 30 \text{ ft} \quad N_t = 134$$

Susunan triangular

$$a' = 3,3500 \text{ in}^2$$

$$a'' = 0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$C'' = 0,6$$

$$d_i = 2,0670 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

Evaluasi Perpindahan Panas (Rd)

Bagian Tube (Gas)	Bagian Shell (Air)
a. $a_t = \frac{Nt \times a'}{n \times 144}$ $= 1,5587$	a'. $a_s = \frac{Ids \times C' \times B}{Pt \times 144} = 1,02865$
b. $G_t = \frac{m}{a_t} = \frac{42995,5299}{1,5587}$ $= 27584,5681 \text{ lb/jam.ft}^2$ $\mu = 0,01832 \text{ cp}$	b'. $G_s = \frac{M}{a_s} = \frac{16286,3041}{1,0286}$ $= 15832,76143 \text{ lb/jam.ft}^2$ $\mu = 0,8 \text{ cp} = 0,176 \text{ lb/ft.jam}$
c. $NRe_t = \frac{G_t \times d_i}{\mu \times 2,42}$ $= \frac{27584,5681 \times 0,1723}{0,0183 \times 2,42}$ $= 107145,5754$	$de = \frac{4 \cdot (P_T^2 - \pi \cdot do^2 / 4)}{\pi \cdot do}$ $= 13,3525$
d. JH = 50	c'. $NRe_s = \frac{G_s \times de}{\mu \times 2,42}$ $= \frac{15832,761 \times 13,35}{0,176 \times 2,42}$ $= 495918,6084$
e. $hi = \frac{JH k}{Di} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}$ $= 50 \cdot \frac{0,05}{2,07} \left(\frac{0,40 \times 0,02}{0,05} \right)^{1/3}$ $= 74,3319$	d'. JH = 470 Dari Fig. 28 "kern" hal. 838
f. $hio = hi \left(\frac{d_i}{do} \right)$ $= 64,6 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	e'. $ho = \frac{JH k}{de} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}$ $= 470 \cdot \frac{0,36}{13,4} \left(\frac{0,36 \times 0,18}{0,36} \right)^{1/3}$ $= 35,1226$

D. Mencari tahanan panas pipa bersih

$$U_c = \frac{ho \times hio}{ho + hio}$$

$$= \frac{35,1 \times 64,56}{35,1 + 64,56} = 22,746904 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

E. Mencari dirt factor (faktor kekotoran) pipa terpakai

$$Rd = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D}$$

$$= \frac{22,746904 - 20}{22,746904 \times 20} = 0,0060 \text{ jam.ft}^2 \cdot \text{°F/Btu}$$

Karena harga Rd hitung > Rd tetapan, (0,0060 > 0,004) jam.ft².°F/Btu, maka rancangan HE memenuhi.

- Cheking Pressure Drop.

$$N_{ret} = 107145,5754$$

Dari Kern, fig. 26, hal. 836 diperoleh harga $f = 0,00015 \text{ ft}^2/\text{in}^2$.

$$\rho_{\text{umpan}} = 0,506 \text{ lb/ft}^3$$

$$S = \frac{\rho}{62,5}$$

$$= \frac{0,506}{62,5}$$

$$= 0,00809$$

$$G_t = 27584,5681$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot \rho \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot ID \cdot S \cdot \phi_t}$$

$$= \frac{0,00015 \times 27584,5681^2 \times 0,506 \times 2}{5,22 \cdot 10^{10} \times 0,1723 \times 0,00809 \times 1}$$

$$= 0,0015867 \text{ psi}$$

$$\Delta P_r = \frac{4n}{s} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

(Pers 7-46 Kern P. 148)

Berdasarkan fig. 27 P. 837 Kern, diperoleh harga $V^2 / 2g = 0,0023$ sehingga:

$$\Delta P_r = \frac{4 \times 2 \times (0,0023)^2}{0,0080982}$$

$$= 0,00523 \text{ psi}$$

maka total pressure drop pada tube reaktor adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{tot} &= \Delta P_t + \Delta P_r \\
 &= 0,00159 + 0,00523 \\
 &= 0,00682 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Maximum pressure drop yang diijinkan dalam tube reaktor adalah 2 psi maka perencanaan tube telah terpenuhi.

- Perhitungan Dimensi Nozzle

Ada 5 buah nozzle pada perancangan Reaktor ini yaitu :

1. Nozzle air pendingin masuk
2. Nozzle bahan masuk
3. Nozzle produk keluar
4. Nozzle air pendinginkeluar
5. Nozzle untuk pemasangan temperatur kontrol

Perancangan :

1. Nozzle air pendingin masuk

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Jumlah air pendingin masuk} = 16286,3041 \text{ lb/jam}$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 0,8007 \text{ cp} = 0,00054 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ air pendingin} = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Flow rate} = \frac{16286,3041}{62,15813} = 262,0141 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0728 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Asumsi : Aliran turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,0728^{0,45} \times 62,1581^{0,13} \\
 &= 2,0518 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Standarisasi ID} &= 2,0000 \text{ in sch} = 80 \\
 &= 0,1667 \text{ ft} = 0,0508 \text{ m} \\
 \text{OD} &= 2,3800 \text{ in} = 0,1983 \text{ ft} = 0,0605 \text{ m} \\
 \text{Luas (A)} &= 0,0205 \text{ ft}^2 = 2,95 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{262,0141}{0,0205} = 12789,839 \text{ ft/jam} \\
 &= 3,5527 \text{ ft/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$\begin{aligned}
 \text{Bilangan Reynold (N}_{re}\text{)} &= \frac{Dv\rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,1667 \times 3,553 \times 62,1581}{0,0005} \\
 &= 68405,268 \quad (\text{aliran turbulen}) \\
 \alpha &= 1 \quad (\text{Geankoplis, hal.60})
 \end{aligned}$$

2. Nozzle bahan masuk

$$\text{Suhu bahan masuk} = 175 \text{ }^\circ\text{C} = 347 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Jumlah bahan masuk} = 19502,6444 \text{ kg/jam} = 42995,53 \text{ lb/jam}$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,0000123 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ campuran} = 31,5655 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Flow rate} = \frac{42995,5299}{31,5655} = 1362,1066 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,3784 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Asumsi : Aliran turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,3784^{0,45} \times 31,5655^{0,13}
 \end{aligned}$$

$$= 3,9448 \text{ in}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 4,0260 \text{ in sch} = 40$$

$$= 0,3355 \text{ ft} = 0,1023 \text{ m}$$

$$\text{OD} = 4,5000 \text{ in} = 0,3750 \text{ ft}$$

$$= 0,1143 \text{ m}$$

$$\text{Luas (A)} = 0,0884 \text{ ft}^2 = 1,0608 \text{ in}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{1362,1066}{0,0884} = 15408,445 \text{ ft/jam}$$

$$= 4,2801 \text{ ft/s}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$\text{Bilangan Reynold (N}_{re}) = \frac{Dvp}{\mu}$$

$$= \frac{0,3355 \times 4,2801 \times 31,5655}{0,0000123}$$

$$= 3681080,9577 \quad (\text{aliran turbulen})$$

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

3. Nozzle produk keluar

$$\text{Suhu produk keluar} = 175 \text{ }^{\circ}\text{C} = 347 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Jumlah produk keluar} = 42995,5299 \text{ lb/jam}$$

$$\mu \text{ produk keluar} = 0,00001 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ produk keluar} = 31,5655 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Flow rate} = \frac{42995,5299}{31,56547} = 1362,1066 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,3784 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Asumsi : Aliran turbulen

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

$$= 3,9 \times 0,3784^{0,45} \times 31,5655^{0,13}$$

$$= 3,9448 \text{ in}$$

Standarisasi ID = 4,0260 in sch = 80

$$= 0,3355 \text{ ft} = 0,1023 \text{ m}$$

OD = 4,5000 in = 0,3750 ft

$$= 0,1143 \text{ m}$$

Luas (A) = 0,0884 ft² = 1,0608 in

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{1362,1066}{0,0884} = 15408,445 \text{ ft/jam}$$

$$= 4,2801 \text{ ft/s}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$\text{Bilangan Reynold (N}_{re}\text{)} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,3355 \times 4,280 \times 31,5655}{0,00001}$$

$$= 3681080,958 \quad (\text{aliran turbulen})$$

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

4. Nozzle Air Pendingin Keluar

$$\text{Suhu Air Pendingin keluar} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C} = 167 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Jumlah Air pendingin keluar} = 16286,3041 \text{ kg/jam} = 35904,786 \text{ lb/jam}$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 0,0003 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho \text{ air pendingin} = 60,8599 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Flow rate} = \frac{35904,7860}{60,8599} = 589,9582 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,1639 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Asumsi : Aliran turbulen

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : ID optimal} &= 3,9Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,1639^{0,45} \times 60,8599^{0,13} \\ &= 2,9482 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi ID} &= 2,4690 \text{ in sch} = 40 \\ &= 0,2058 \text{ ft} = 0,0627 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 2,8800 \text{ in} = 0,2400 \text{ ft} \\ &= 0,0732 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Luas (A)} = 0,0333 \text{ ft}^2 = 4,79 \text{ in}$$

Menentukan kecepatan aliran fluida

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} = \frac{589,9582}{0,0333} = 17735,694 \text{ ft/jam} \\ &= 4,9266 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Menghitung bilangan Reynold

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold (N}_{re}\text{)} &= \frac{Dv\rho}{\mu} \\ &= \frac{0,2058 \times 4,9266 \times 60,8599}{0,0003} \\ &= 229512,7349 \quad (\text{aliran turbulen}) \\ \alpha &= 1 \quad (\text{Geankoplis, hal.60}) \end{aligned}$$

5. Nozzle untuk pemasangan Pressure dan Thermo Kontrol.

Pengukuran tekanan dan temperatur digunakan lubang dengan ukuran diameter 1 in, dan tebal 3/16 in.

- 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	Air Pendingin In	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
2	Feed	4	9	1 5/16	6 3/16	5 5/16	4,5	3	4,03
3	Produk	4	9	1 5/16	6 3/16	5 5/16	4,5	3	4,03
4	Air Pendingin Out	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07

Dimana:

NPS = Nominal Pipe Size (in)

A = Diameter luar flange (in)

T = Diameter minimal flange (in)

R = Diameter luar pembesaran permukaan (in)

E = Diameter dari hubungan pada dasar (in)

K = Diameter hubungan pada titik pengelasan (in)

L = Panjang hubungan (in)

B = Diameter dalam dari dinding pipa standard (in)

Dimensi Diameter Flange

No	Lubang	NPS	Diameter lubang	Diameter baut	Sirkulasi baut	Jumlah baut
1	Air Pendingin In	2	5/8	1/2	3 7/8	4
2	Feed	4	3/4	5/8	7 1/2	8
3	Produk	4	3/4	5/8	7 1/2	8
4	Air Pendingin Out	2	5/8	1/2	3 7/8	4

- Perhitungan Dimensi Gasket, Bolting, dan Flange Pada Tangki

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

1. Gasket

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

Bahan konstruksi : Flat metal, jacketed, asbestos filled.

Gasket factor (m) : 3,75

Tebal : 3/16

Min design seting stres : 9000

* Perhitungan lebar gasket

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

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

Dimana :

- d_o = Diamcter luar gasket
- d_i = Diameter dalam gasket
- y = yield stress
- p = internal presure
- m = Gasket factor (C)

maka didapatkan ;

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9.000-58.78.3,75}{9.000-58.78.(3,75+1)}} = 1,0034 \text{ in}$$

Asumsi ID gasket = 29,625 in ,maka :

$$OD = 29,625 \times 1,0034 = 29,7247 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= \frac{d_o-d_i}{2} = \frac{29,7247 - 29,6250}{2} \\ &= 0,0498 \text{ in} \approx \frac{1}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan beban gasket (W_{m2})

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

(Brownell & Young, hal 240)

Dimana :

b = lebar efektif gasket



y = design stress minimal

g = diameter rata-rata gasket

n = tebal gasket

$$G = g + n$$

$$= 29,625 + 3/16$$

$$= 29,8125 \text{ in}$$

$$b_o = n/2$$

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

$$b_o = b_o < 0,25$$

$$b_o = \frac{3/16}{2} = 0,0625 \text{ in}$$

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

maka :

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

$$= 3,14 \times 0,0625 \times 29,8125 \times 9000$$

$$= 52656,3 \text{ lb}$$

Menghitung beban operasi tota pada kondisi kerja (W_{m1})

$$W_{m1} = H + H_p \quad (\text{Brownell \& Young, hal 240})$$

- Beban untuk menjaga sambungan (H_p)

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

$$= 2 \times 0,0625 \times 3,14 \times 29,8125 \times 58,7840 \times 4$$

$$= 2579,46 \text{ lb}$$

- Beban karena tekanan dalam

$$H = \pi/4 \times G^2 \times p$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 29,8125^2 \times 58,7840$$

$$= 41013,382 \text{ lb}$$

Jadi beban berat pada kondisi operasi didapatkan :

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

$$= 41013,382 + 2579,46 = 43592,84 \text{ lb}$$

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

2. Bolting

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

Bahan konstruksi : Stainles Steel SA 193 Grade B8 type 304

Tensil strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 13300 psia

* Menghitung luas minimum baut area (A_m)

$$A_{m1} = \frac{W_{m2}}{fb} = \frac{52656,328}{13300} = 3,95912 \text{ in}^2$$

Ukuran baut optimum, dari Brownell hal. 188 dicoba ukuran baut = 7/8 in

maka root area = 0,419 in²

Jumlah bolting minimum (Brownell hal.188)

$$N = \frac{A_{m1}}{\text{Root area}} = \frac{3,9591224}{0,419} = 9,44898 \approx 10 \text{ buah}$$

Sehingga dari Brownell and Young hal.188 diperoleh

- Ukuran nominal baut = 7/8 in
- Root area = 0,419 in²
- Bolt spacing = 2 1/16 in

- Jarak radial minimum (R) = 1 1/4 in
- Jarak dari tepi (E) = 1 5/16 in
- Nut dimension = 1 7/16 in
- Radius filter maks (r) = 3/8 in

Pengecekan lebar gasket

Ab ctual = Jumlah baut × Root area

$$= 10 \times 0,42 = 4,19 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum

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

$$= \frac{4,19 \times 13300}{2 \times 75000 \times 29,8125 \times 3,14}$$

$$= 0,0040 \text{ in}$$

Karena $W = 0,0040 \text{ in} < \text{lebar gasket yang ditentukan } 3/16$, maka lebar gasket memadai

3. Flange

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

Bahan konstruksi : Stainles Steel SA 240 Grade S type 304

Tensil strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750 psia

* Menghitung diameter luar flange (A)

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

$$= C + 2E$$

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

$$C = 2 \times (1,415 g_o + R) + \text{ID gasket}$$

(Brownell & Young, hal 243)

Dimana $g_o > 5/8 \text{ in}$

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

$$\begin{aligned} C &= 2 \times (1,415 \times 0,8 + 1 \frac{1}{4}) + 29,625 \\ &= 34,389 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \text{OD} = 34,389 + 2 \times 1 \frac{5}{16} \\ &= 36,889 \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan momen

Total momen pada kondisi up (tanpa tekanan dalam)

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned} W &= 1/2 \times (A_{m1} + A_b) f_{all} && \text{(Brownell \& Young, hal 243)} \\ &= 0,5 \times (3,95912 + 4,190) \times 18750 \\ &= 76398,023 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle

$$\begin{aligned} h_G &= 1/2 (C - G) && \text{(Brownell \& Young, hal 243)} \\ &= 0,5 \times (34,389 - 29,8125) \\ &= 2,28825 \text{ in} \end{aligned}$$

Momen flange (Ma)

$$\begin{aligned} M_a &= h_G \times W \\ &= 2,28825 \times 76398,023 \\ &= 174817,78 \text{ lb in} \end{aligned}$$

Untuk kondisi operasi

$$\begin{aligned} W &= W_{m1} && \text{(Brownell \& Young, hal 243)} \\ &= H + H_p \\ &= 41013,382 + 2579,458 \\ &= 43592,84 \text{ lb} \end{aligned}$$

* Menghitung momen M_D

$$M_D = H_D \times h_D$$

- Tekanan hidrostatik pada daerah flange (H_D)

$$H_D = 0,785 \times B^2 \times P$$

$$\text{Dimana : } B = \text{OD shell} = 34,389 \text{ in}$$

$$P = 73,4800 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } H_D &= 0,785 \times 34,389^2 \times 73,4800 \\ &= 68214,688 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Jarak jari-jari dari bolt circle pada H_D

$$h_D = 1/2 (C-G)$$

$$= 0,5 \times (34,389 - 29,8125)$$

$$= 2,28825 \text{ in}$$

Momen komponen M_D

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$= 68214,688 + 2,28825$$

$$= 68216,976 \text{ lb in}$$

* Menghitung komponen momen ke M_G

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$h_G = 2,28825 \text{ in}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total

$$H_G = W - H = W_{ml} - H$$

$$= 43592,84 - 41013,382$$

$$= 2579,46 \text{ lb}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 2579,46 \times 2,28825 \\ &= 5902,4448 \text{ lb in} \end{aligned}$$

* Menghitung komponen momen ke M_T

$$M_T = H_T \times h_T$$

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

$$\begin{aligned} H_T &= H_D - H \\ &= 68214,688 - 41013,382 \\ &= 27201,3061 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_T &= 1/2 \times (h_D + h_G) \\ &= 0,5 \times (2,28825 + 2,28825) \\ &= 2,28825 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 27201,3061 \times 2,28825 \\ &= 62243,389 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_T &= H_D - H && \text{(Brownell \& Young, hal 243)} \\ &= 68214,688 - 41013,382 \\ &= 27201,3061 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_T &= 1/2 \times (h_D + h_G) && \text{(Brownell \& Young, hal 243)} \\
 &= 0,5 \times (2,28825 + 2,28825) \\
 &= 2,28825 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \times h_T \\
 &= 27201,306 \times 2,28825 \\
 &= 62243,389
 \end{aligned}$$

Total momen pada kondisi operasi

$$\begin{aligned}
 M_o &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 68216,976 + 5902,4448 + 62243,389 \\
 &= 136362,8100 \text{ lb in}
 \end{aligned}$$

* Perhitungan tebal flange

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

Dimana .

$$M_{\max} = M_o$$

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

$$\text{Do flange} = 36,8890 \text{ in}$$

$$B = \text{OD reaktor} = 34 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = \frac{36,8890}{34} = 1,0727$$

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

$$Y = 27$$

$$t = \sqrt{\frac{27 \cdot (137232,53 \text{ 85})}{18750 \cdot (35)}}$$

$$= 2,3896 \text{ in}$$

Dipakai tebal flange = 2 1/2 in

Kesimpulan :

1. Gasket

Bahan konstruksi : Flat metal, jacketed, asbestos filled.

Gasket factor (m) : 3,75

Tebal : 3/16

Min design seting stress : 9000

2. Bolting

Bahan konstruksi : Stainles Steel SA 193 Grade B8 type 304

Tensil strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 13300 psia

3. Flange

Bahan konstruksi : Stainles Steel SA 240 Grade S type 304

Tensil strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750 psia

- Perhitungan Sistem Penyangga Reaktor

a. Berat bejana kosong (W_1)

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

$$\text{ID} = 29,625 \text{ in}$$

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

$$\text{Densitas bejana } (\rho) = 487 \text{ lb/ft}^3 = 0,28183 \text{ lb/in}^3 \quad (\text{Perry, edisi 7, tabel 2-118})$$

$$\text{Tinggi silinder } (L_s) = 360,000 \text{ in} = 30 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times \rho \times H \\
 &= \frac{3,14}{4} \times (30^2 - 29,63^2) \times 0,28 \times 360,0 \\
 &= 1780,8078 \text{ lb} = 794,79058 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Berat tutup bejana (W_2)

- Tutup atas dan bawah standar dished

$$\begin{aligned}
 V &= 0,00049 (d_i^3) \\
 &= 4,9E-05 \times 29,63^3 \\
 &= 1,2740 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{ta} &= V \times \rho \\
 &= 1,2740 \times 487 \\
 &= 620,44 \text{ lb} = 281,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{tutup} &= W_{tb} + W_{ta} \\
 &= 2 \times 620,44047 \text{ lb} \\
 &= 1240,8809 \text{ lb} = 562,8599 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Berat Gas Reaktor (W_3)

$$\begin{aligned}
 W_L &= V_{katalis} \cdot P_{katalis} \\
 &= 70,988 \text{ ft}^3 \times 31,5655 \text{ lb/ft}^3 = 2240,77 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

d. Berat Katalis (W_4)

$$\begin{aligned}
 W_L &= V_{gas} \cdot P_{campuran} \\
 &= 22,3612 \text{ ft}^3 \times 517,652 \text{ lb/ft}^3 = 11575,3464 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

e. Berat tube (W_5)

$$\text{Diameter luar} = 0,20 \text{ ft} = 2,380 \text{ in}$$

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

$$\rho_{\text{tube}} = 487 \text{ lb/ft}^3 = 0,28183 \text{ lb/in}^3$$

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times \rho \times \text{jumlah tube} \times L \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,38^2 - 2,07^2) \times 0,28 \times 134 \times 360 \\ &= 103,160 \text{ lb} = 46,7930 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Berat air pendingin (W_6)

$$\begin{aligned} W_{st} &= 3516,4590 \text{ kg/jam} = 7752,3854 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 7752,3854 \text{ lb} \end{aligned}$$

g. Berat Baffle (W_7)

$$\text{Tinggi tube} = 30 \text{ ft} = 360 \text{ in}$$

$$\text{ID shell} = 29,625 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Baffle spacing} &= 1/2 \text{ IDs} \\ &= 14,8125 \text{ in} = 1,2344 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baffle} &= \frac{\text{Tinggi tube}}{\text{Baffle spacing}} \\ &= \frac{30}{1,2344} = 24,3 \approx 25 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal baffle} = 3 / 16$$

$$\begin{aligned} \text{Luas baffle} &= 75\% \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \text{ID}^2 \\ &= 75\% \times \frac{\pi}{4} \cdot 29,625^2 = 17,4417 \text{ in}^2 = 0,1211 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Volume baffle} = A \cdot t$$

$$= 17,4417 \times 3 / 16$$

$$= 3,2703 \text{ in}^3 = 0,00189 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat baffle tota} = V \times \rho \times \text{Jumlah baffle}$$

$$= 0,0019 \times 487 \times 25$$

$$= 23,0418 \text{ lb}$$

g. Berat Tube sheet (W_8)

$$\text{Luas baffle} = 17,4417 \text{ in}^2 = 0,1211 \text{ ft}^2$$

$$\text{Tebal baffle} = 3 / 16$$

$$\text{Luas baffle} = 80\% \text{ Luas Tube sheet}$$

$$\text{Luas tube sheet} = \frac{100}{80} \times 17,4417 \text{ in}^2 = 21,8021 \text{ in}^2$$

$$\text{Berat tube sheet} = 2 \times \text{Luas} \times \text{Tebal} \times \text{Densitas bahan}$$

$$= 2 \times 21,8021 \times \frac{3}{16} \times 0,28183$$

$$= 2,3042 \text{ lb}$$

$$\text{Berat total} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8$$

$$= 1780,81 + 1240,88 + 2240,77 + 11575,3464 + 103,160 +$$

$$7752,3854 + 23,0418 + 2,3042$$

$$= 24718,6974 \text{ lb}$$

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

$$W_{\text{safety}} = 0,2 \times 24718,6974 = 4943,739482 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 4943,7395 + 24718,6974 = 29662,43689 \text{ lb}$$

h. Perancangan leg support

Untuk penahanan dipilih kolom jenis I-Beam ditrial (Brownell and Young hal 355) dengan

jumlah 4 buah

$$\begin{aligned} \text{Beban tiap kolom (P)} &= \frac{\text{Berat total}}{4} = \frac{29662,43689}{4} \\ &= 1483,1218 \text{ lb} \end{aligned}$$

Untuk I-Beam di-trial (Brownell and Young, hal 355) dengan Ukuran (4 x 2 5/8)

Didapatkan data adalah :

$$\text{Berat} = 9,5 \text{ lb}$$

$$\text{Luas bejana (Ay)} = 2,76 \text{ in}^2$$

$$\text{Kedalaman beam (h)} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Lebar dari flange (b)} = 2,796 \text{ in}$$

I-Beam digunakan dengan beban eksentrik maka:

$$R_{1-1} = 1,56 \text{ in}$$

$$I_{1-1} = 6,7 \text{ in}^2$$

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

$$\text{Tinggi total silinder : H-L} = 24,6 \text{ ft}$$

$$l = 1/2H + 2 \text{ 1/2 ft}$$

$$= 0,5 \times 29,6 + 2 \text{ 1/2} = 37,0313 \text{ ft}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{37,0313 \times 3}{1,56} = 71,2139$$

$$\begin{aligned} f_c \text{ aman} &= 17000 - 0,485 (l/r)^2 \\ &= 14540,3586 \end{aligned}$$

$$\text{Luas (A) yang dibutuhkan} = \frac{P}{f_c \text{ aman}} = \frac{1483,1218}{14540,3586} = 0,102 \text{ in}^2$$

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

i. Dimensi base plate

$$P = 1483,1218 \text{ lb}$$

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

$$\text{- Menghitung luas base plat} = A_{bp} = \frac{P}{F_c}$$

Sehingga :

$$A_{bp} = \frac{1483,1218}{600} = 2,4719$$

- Menghitung panjang dan lebar dari base plate

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

Dimana :

$$A_{bp} = \text{luas base plate}$$

$$= 2,4719$$

$$P = \text{Panjang base plate, in}$$

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

$$l = \text{Lebar base plate, in}$$

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

Diasumsikan $m = n$

$$b = 2 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$h = 4 \text{ in}$$

Maka :

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

$$2,4719 = (2m + (0,95 \times 10)) \times (2m + (0,8 \times 4,944))$$

$$2,4719 = (2m + 9,5) \times (2m + 3,9552)$$

$$2,4719 = 4m^2 + 7,9104m + 19m + 37,5744$$

$$0 = 4 m^2 + 26,9104 m + -35,1025$$

Dengan menggunakan goal seek, didapatkan :

$$m = 1,1188$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang base plate (p)} &= 2m + 0,95h \\ &= 2 \times 1,1188 + 0,95 \times 4 \\ &= 6,03761 \text{ in} \approx 7 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Lebar base plate (l)} &= 2n + 0,8b \\ &= (2 \times 0,1868) + (0,8 \times 4,944) \\ &= 4,33761 \text{ in} \approx 5 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang plate 7 in dan lebar base plate 5 in, maka ditetapkan

ukuran base plate yang digunakan adalah 5 x 7 in, dengan luas (A) = 35 in²

Peninjauan terhadap bearing capacity (F)

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

Dengan :

- f = bearing capacity lb/in²
- P = beban tiap kolom = 1483,1218 lb
- A = Luas base plate = 35 in²

maka :

$$f = \frac{1483,1218}{35} = 21,187455 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

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

Peminjaman terhadap harga m dan n

- Panjang base plate (p)

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

$$7 = 2m + (0,95 \times 4)$$

$$m = 1,0666667$$

- Lebar base plate (l)

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

$$5 = 2n + (0,8 \times 2 \frac{5}{8})$$

$$n = 4,7619$$

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

$$= 21,1875 \text{ psi}$$

$$n = 4,7619 \text{ in}$$

Tebal base plate

$$t = 0,2685 \text{ in} \approx 0,31 \text{ in}$$

Jadi digunakan tebal base plate 5/16 in

j. Ukuran baut

Beban tiap baut :

$$P_{\text{baut}} = \frac{P}{n_{\text{baut}}} = \frac{1483,1218}{4} = 370,78 \text{ lb}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} f_{\text{baut}} &= \text{stress tiap baut max} \\ &= 1200 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{370,78046}{1200} = 0,15449 \text{ in}^2$$

$$d_{\text{baut}} = 3,715$$

Dari brownell & young, tabel 10.4 hal 188 diperoleh ukuran baut dengan

dimensi baut sebagai berikut

$$\text{Ukuran baut (d)} = 2 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Root area (A)} = 3,72 \text{ in}^2$$

k. Dimensi lug support

Dasar perhitungan :

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh ;

- Lebar lug

$$\begin{aligned} A &= \text{lebar lug} = \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= 2 \frac{1}{2} + 9 \\ &= 11 \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{jarak gussket} = \text{ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &= 2 \frac{1}{2} + 8 \\ &= 10 \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

- lebar gussket

$$\text{Lebar gussket (L)} = 2(\text{lebar kolom} - 0,5 \text{ ukuran baut})$$

$$= 2 \times (5 - 0,5 \times 5/8)$$

$$= 9,375 \text{ in}$$

Lebar lug atas (a) = 0,5 (panjang kolom + ukuran baut)

$$= 0,5 (7 + 5/8)$$

$$= 4 \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\text{Perbandingan tebal base plate} = \frac{B}{L} = \frac{10,5}{9,375} = 1,1200 \text{ in}$$

dari tabel 10.4 hal 188, Brownell didapat

Nut dimension = 1,06 in

e = 0,5 × nut dimension

$$= 0,5 \times 1,06 \text{ in}$$

$$= 1,9375$$

- 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 :

P = Beban tiap baut = 370,78 lb

μ = Posson'sratio = 0,3 untuk steel

L = Panjang horisontal plate bawah = 7

e = nut dimension = 1,9375

γ = 0,4421

Jadi :

$$M_y = \frac{369,004}{4 \cdot \pi} \left[(1 + 0,33) \times \ln \frac{2(7)}{\pi(2,5)} + (1 - 0,4421) \right] = 48,45436 \text{ lb}$$

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

$$thp = 0,0623 \text{ in}$$

Maka digunakan plate dengan tebal = 0,1875 in

- Tebal plate vertikal (Gusset)

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

$$\begin{aligned} \text{Gusset min} &= \frac{3}{8} \times thp \\ &= \frac{3}{8} \times 0,0623 = 0,0233 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} hg &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 11,5 + 2 \frac{1}{2} \\ &= 14 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tinggi lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lug} &= hg + 2thp \\ &= 14 + (2 \times 0,4561) \\ &= 14,1245 \text{ in} \end{aligned}$$

- Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :

* Lug

- Lebar = 4,75 in
- Tebal = 0,0623 in
- Tinggi = 14,1245 in

* Gusset

- Lebar = 9,375 in
- Tebal = 0,0233 in

$$\text{- Tinggi} = 14 \text{ in}$$

1. Dimensi Pondasi

$$\text{- beban tiap kolom (w)} = 1483,121845 \text{ lb}$$

$$\text{- beban base plate (Wbp)} = p \times l \times t \times \rho$$

Dimana :

$$p = \text{panjang base plate} = 7 \text{ in}$$

$$l = \text{lebar base plate} = 5 \text{ in}$$

$$t = \text{tehal base plate} = 0,31 \text{ in}$$

$$\rho = 487 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Maka Wbp} = 7 \times 5 \times 0,31 \times 487 = 5326,5625 \text{ lb}$$

$$\text{- Beban kolom penyangga (Wp)}$$

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

Dimana :

$$L = \text{tinggi kolom} = 4 \text{ in} = 0,3333 \text{ ft}$$

$$A = \text{luas kolom I-Beam} = 2,76 \text{ in}^2 = 0,23 \text{ ft}^2$$

$$F = \text{Faktor koreksi} = 3,4$$

Maka :

$$Wp = 0,3333 \times 0,23 \times 3,4 \times 487$$

$$= 126,94467 \text{ lb}$$

Jadi berat total (Wt)

$$Wt = W + Wp + Wbp$$

$$= 1483,1218 + 126,94467 + 5326,5625$$

$$= 6936,629011 \text{ lb}$$

Dianggap bahwa hanya ada gaya vertikal dari berat kolom itu sendiri yang bekerja

pada pondasi, maka diambil :

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

$$\text{Luas pondasi bawah} = 25 \text{ in} \times 25 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi pondasi} = 15 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas pondasi rata-rata} &= \frac{\text{Luas pondasi atas} + \text{luas pondasi bawah}}{2} \\ &= \frac{(20 \times 20) + (25 \times 25)}{2} \\ &= 712,50 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondasi} &= A \times H \\ &= 712,50 \times 15 \\ &= 10687,50 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Berat pondasi digunakan pondasi semen portland} = 196 \text{ lb/ft}^3 \text{ (perry's ed 7, tabel 2-118)}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pondasi} &= V \times \rho \\ &= 10687,50 \times 196 \\ &= 20947,5 \text{ lb} \\ &= 9501,7237 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung tekanan tanah :

Diasumsikan pondasi tanah adalah semen sand dan gravel dengan safe bearing power

maksimal 10 ton/ft^2 atau maksimal 22046 lb/ft^2

$$\begin{aligned} \text{Tekanan tanah} &= \frac{\text{beban pondasi} + \text{berat beban total}}{\text{luas permukaan pondasi}} \\ &= \frac{20947,5 + 6936,629}{712,50} \\ &= 20947,59736 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

$$= 145,4694261 \text{ lb/ft}^2$$

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

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Alat-alat instrumentasi dipasang pada setiap peralatan proses dengan tujuan agar para teknisi dapat memantau dan mengontrol kondisi di lapangan. Dengan adanya instrumentasi ini pula, para teknisi dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kegagalan dalam proses. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalah (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal (Considine, 1985). Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain:

a. Manual atau indikator

Manual atau indikator, yaitu alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indikator*) atau perekam (*recorder*).

b. Otomatis

Otomatis, yaitu controller yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian kondisi prosesnya. Perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga alat proses ini perlu dipasang alat pengendali (*controller*). (Kusnarjo, 2010)

Dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini menggunakan instrumentasi atau alat kontrol otomatis dan manual. Hal ini tergantung dari system peralatan dan faktor pertimbangan teknis serta ekonomisnya.

Adapun tujuan dari pemasangan alat instrumentasi diantaranya, yaitu:

1. Menjaga keamanan operasi suatu proses dengan jalan menjaga variabel proses, berada dalam operasi proses yang aman serta mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
2. Mendapat *rate* atau laju alir produksi sesuai dengan yang diinginkan.
3. Menjaga kualitas produk.

4. Mempermudah pengoperasian alat.
5. Keselamatan dan efisien kerja lebih terjamin.

Peralatan Instrumentasi berfungsi sebagai pengontrol, penunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Peralatan instrumentasi biasanya bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses tergantung pada pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan itu sendiri. Pada pemakaian alat-alat instrumen dekat peralatan proses (kontrol manual) atau disatukan dalam suatu ruang kontrol yang dihubungkan dengan rangkaian peralatan (kontrol otomatis) (Timmerhaus,2004).

Variabel-variabel proses yang biasanya dikontrol atau diukur oleh instrumen adalah (Considine,1985):

1. Variabel utama, seperti temperature, tekanan, laju alir, dan level cairan
2. Variabel tambahan, seperti densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas, pH, humiditas, titik embun, komposisi kimia, dan variabel lainnya.

Macam-macam instrumentasi yang digunakan di pra rencana pabrik metil metakrilat, antara lain:

1. Level Indikator (LI) : Merupakan alat instrumentasi penunjuk ketinggian liquidida dalam suatu tangki.
2. Temperatur Controller (TC) : Merupakan instrumentasi pengendali untuk mengatur suhu proses.
3. Flow Controller (FC) : Merupakan instrumentasi pengendali laju alir.
4. Ratio Controller (RC) : Merupakan alat instrumentasi untuk mengontrol perbandingan aliran. (Kusnarjo, 2010)

Tabel 7.1. Instrumentasi peralatan pabrik Vinil asetat

No	Kode	Nama Alat	Instrumentasi	Fungsi
1	R-110	Reaktor I	TC	Mengatur suhu dalam reaktor .
2	F-111	Storage Asam Asetat	LI	Sebagai indikator jumlah liquid dalam storage asam asetat.
3	F-115	Storage Etilena	PC	Mengatur tekanan fluida gas yang terdapat didalam storage etilena.
4	L-112	Pompa	FC	Mengatur laju alir fluida asam asetat sebelum masuk vaporizer.
5	V-113	Vaporizer	TC	Mengatur suhu bahan baku asam asetat kcluar vaporizer.
6	E-116	Heater Etilena	TC	Mengatur suhu etilena dalam heater.
7	E-117	Heater Udara	TC	Mengatur suhu udara dalam heater.
8	G-115	Kompresor Asam Asetat	RC	Mengatur rasio aliran dengan kompresor 115a sebelum masuk reaktor.
9	G-115a	Kompresor Etilena	RC	Mengatur rasio aliran dengan kompresor 115 sebelum masuk reaktor.
10	G-119	Blower Udara	PC	Mengatur tekanan udara di alat blower.
11	E-121	Cooler Flash Tank	TC	Mengatur suhu produk keluaran reaktor sebelum masuk flash tank.
12	E-132	Heater Destilasi	TC	Mengatur suhu produk keluaran flash tank sebelum masuk destilasi.

13	E-133	Kondensor	TC	Mengatur suhu fluida yang akan masuk akumulator F-134
14	E-136	Reboiler	TC	Mengatur suhu fluida yang akan dikembalikan kedalam kolom destilasi D-130
15	F-134	Akumulator	RC	Mengatur rasio jumlah aliran fluida yang akan direfluks kedalam kolom destilasi dan yang akan masuk kedalam tangki produk F-137.
16	F-137	Tangki Produk	LI	Sebagai indikator jumlah liquid dalam storage Vinil asetat.

7.2. Keselamatan Kerja

Dalam suatu lingkungan pabrik, keselamatan kerja harus mendapat perhatian yang cukup besar dan tidak boleh diabaikan karena menyangkut keselamatan manusia dan kelancaran kerja. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis dapat meningkatkan konsentrasi pekerja sehingga produktifitas dan efisiensi kerja meningkat pula. Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor manusia saja, tapi juga pada peralatan pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan proses, maka peralatan pabrik dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan pabrik untuk menjamin adanya keselamatan kerja adalah sebagai berikut (Timmerhaus,2004):

1. Penanganan dan pengangkutan bahan menggunakan manusia harus seminimal mungkin.
2. Adanya penerangan yang cukup dan sistem pertukaran udara yang baik.
3. Jarak antar mesin-mesin dan peralatan lain cukup luas.
4. Setiap ruang gerak harus aman,bersih dan tidak licin
5. Setiap mesin dan peraltan lainnya harus dilengkapi alat pencegah kebakaran.
6. Tanda-tanda pengaman harus dipasang pada setuap tempat yang berbahaya.

7. Penyediaan fasilitas pengungsian bila terjadi kebakaran.

Bahaya-bahaya yang terjadi pada pabrik Vinil asetat dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, kebakaran dan peledakan, bahaya mekanik, bahaya listrik. Usaha untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang timbul di dalam pabrik antara lain:

1. Bahaya kebakaran dan peledakan

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan terhadap pekerja maupun kerusakan peralatan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Terjadinya bahaya ini dapat disebabkan oleh :

- a. Valve atau pipa tangki penyimpanan bahan baku maupun produk terjadi kebocoran yang mengakibatkan percikan api disekitar storage sehingga mengakibatkan tangki meledak, atau terjadinya kontak antara bahan dengan oksigen dari udara.
- b. Terjadi hubungan singkat (konsleting) pada saklar stop kontak atau alat listrik lainnya baik pada peralatan instrumentasi maupun pada peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, computer, mesin fax, answering machin dan lain-lain.

Untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadi kebakaran antara lain:

- a. Memasang pipa air melingkar (*water hydrant*) di seluruh pabrik
- b. Memasang alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau di setiap tempat rawan ledakan dan kebakaran, terutama di sekitar alat-alat proses bertekanan dan bersuhu tinggi.
- c. Pemasangan alat-alat listrik harus ditata sedemikian rupa sehingga tidak berdekatan dengan sumber panas. (Kusnarjo, 2010)
- d. Pemasangan plakat-plakat, slogan-slogan atau *Standar Operation Procedures* (SOP) pada setiap proses yang menerangkan bahaya dari dari proses alat yang bersangkutan.

2. Bahaya mekanik

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

- a. Perancangan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan

bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi.

- b. Pemasangan alat-alat pengendali atau indikator yang baik dan sesuai, serta perlu pemasangan alat pengaman proses pada alat-alat yang beresiko besar menciptakan terjadinya bahaya mekanik.

3. Bahaya listrik

Bahaya pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan pabrik, sehingga para pekerja dapat terjaga keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup
- b. Peralatan yang penting seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang aman dan tersendiri.
- c. Peralatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda dengan jelas.

4. Alat-alat penggerak

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

5. Karyawan

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan efektif sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Oleh karena itu pengetahuan tentang kesehatan dan keselamatan kerja (K3) perlu diketahui oleh seluruh karyawan, dari mulai karyawan operator proses sampai karyawan administrasi.

Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan atau penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan baru agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta di lingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagai mana dia bekerja. Apabila operator proses, karyawan wajib mengetahui cara-cara pemakaian alat-alat pelindung (masker, topi, safety belt, sepatu, sarung tangan dan lain-lain) dan mengetahui bahaya-bahaya yang akan terjadi mulai dari tangki bahan baku sampai tangki produk. Sedangkan karyawan gudang wajib mengetahui prosedur penggunaan kendaraan pengangkut sampai cara penyusunan kemasan produk. Selain itu pembuatan ventilasi setiap ruangan harus disesuaikan standar WHO (World Health Organization) agar lingkungan kerja yang

sehat dapat meningkatkan produktifitas karyawan dalam bekerja. (Kusnarjo, 2010)

Dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini perusahaan menyediakan alat perlindungan diri (APD) atau lebih dikenal dengan PPE (Personal Protection Equipment) bagi para pekerja untuk menjaga keselamatan dan kesehatan para pekerja. Alat perlindungan diri (APD) atau yang dikenal PPE (Personal Protection Equipment) didefinisikan sebagai segala perlengkapan yang dimaksudkan untuk dipakai atau dipegang oleh seseorang di tempat kerja yang melindunginya dari salah satu atau lebih resiko terhadap keselamatan dan kesehatannya termasuk pakaian, sarung tangan, perlindungan mata, sepatu, harness dan lain-lain. Perlengkapan seperti baju kerja biasa atau seragam yang tidak secara spesifik melindungi diri dari resiko keselamatan dan kesehatan tidak termasuk APD. (Cahyono, 2004)

Hal-hal yang harus diperhatikan saat menggunakan APD:

1. Memastikan pakaian pelindung pas dengan ukuran tubuh, dan sesuaikan posisi APD agar merasa nyaman saat bekerja.
2. Memastikan APD bekerja dengan baik dan benar, jika tidak segera laporkan.
3. Jika menggunakan dua atau lebih APD secara bersamaan pastikan mereka kompatibel dan tidak mengurangi keefektifan masing-masing APD.
4. Melaporkan gejala timbulnya rasa sakit atau tidak nyaman secepatnya.
5. Menginformasikan kepada pihak yang bertanggungjawab bila diperlukan pelatihan khusus.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika memilih APD yang tepat:

1. Kondisi dan resiko bahaya yang dihadapi ditempat kerja.
2. Kesuaian dengan pemakai.
3. Kondisi kesehatan pekerja.
4. Keperluan pekerjaan seperti waktu yang dibutuhkan, kejelasan pandangan, kemudahan komunikasi dan lain-lain.
5. Jika lebih dari satu APD dikenakan, apakah mereka dapat dipakai bersamaan secara efektif.

Alat perlindungan diri terdiri atas berbagai jenis yang dibagi sesuai dengan posisi peletakan atau pemakaiannya ditubuh pekerja dan fungsi atau kegunaannya. Secara garis besar dapat dibagi menjadi tubuh, kepala, tangan, kaki, mata dan wajah, pendengaran, pernafasan dan lain-lain.

Adapun alat-alat perlindungan diri yang digunakan pada pabrik Vinil asetat adalah sebagai berikut:

1. Perlindungan tubuh

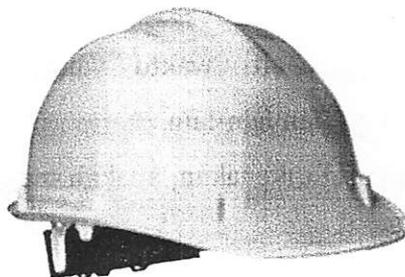
Pakaian pelindung untuk badan dapat menyediakan perlindungan dari panas, dingin, hujan, angin, bahan kimia, potongan material bila bekerja dengan kayu atau besi, atau sampah dan pengotor lainnya. Pakaian tersebut harus memudahkan untuk dilihat, dan menyediakan perlindungan fisik bagi tumbukan mekanik yang berakibat luka-luka.



Gambar 7.1. *Wearpack*

2. Perlindungan kepala

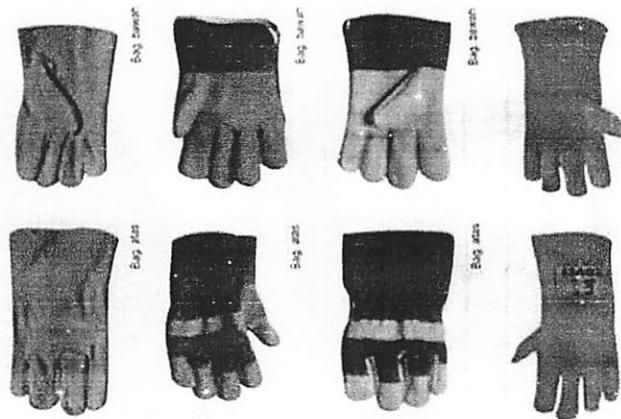
Kepala adalah bagian yang mudah terluka oleh tumbukan. Perlindungan kepala ditunjukkan untuk menyediakan perlindungan bagi tumbukan mekanis, terluka, dan terjebaknya rambut di dalam mesin yang bergerak (*scalping*). (Cahyono, 2004)



Gambar 7.2. Helm Pelindung Kepala

3. Perlindungan telapak tangan dan lengan

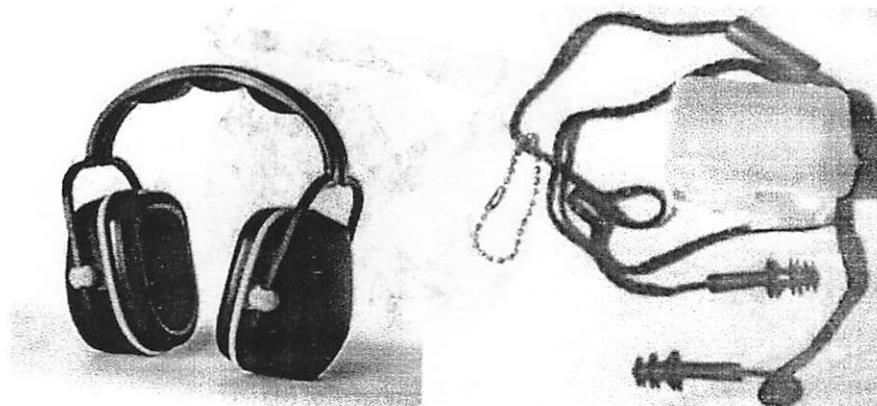
Perlindungan tangan dan lengan berwujud sarung tangan, sarung tangan sebagian, sarung tangan besi atau pelindung lengan. Tujuannya ialah melindungi dari potongan benda, abrasi, temperatur ekstrem, kontak dengan bahan kimia yang menyebabkan iritasi kulit dan dermatitis, kontak dengan bahan kimia korosif.



Gambar 7.3. Sarung Tangan

4. Perlindungan pendengaran

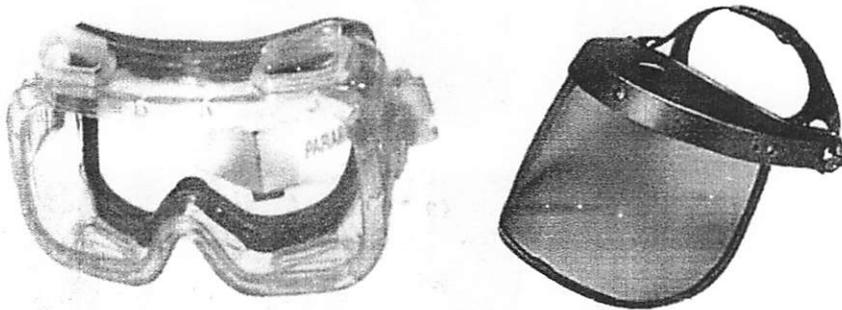
Alat perlindungan pendengaran dengan berbagai bentuk dirancang untuk mengurangi level intensitas suara yang mencapai mekanisme pendengaran pada bagian tengah dan dalam telinga. Telinga bagian luar mengalirkan getaran suara menuju gendang telinga. Getaran tersebut menyebabkan gendang telinga ikut bergetar, kemudian getaran ini ditransmisikan dan diubah menjadi impuls saraf. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.4. Ear Muffs & Ear Plug

5. Perlindungan mata dan wajah

Aktivitas yang dapat menyebabkan resiko pada wajah dan mata harus diidentifikasi bahayanya dan kemudian diperkirakan tingkat resikonya agar dapat diketahui tipe alat pelindung yang dikenakan. Pertimbangan tidak hanya diberikan pada orang yang terlibat langsung dalam proses atau aktivitas tetapi juga mereka yang mungkin melakukan kontak dan ikut beresiko dari bahaya yang ada.



Gambar 7.5. Goggle & Face Shield

6. Perlindungan pernafasan

Paru-paru harus dilindungi dari udara tercemar atau kemungkinan kekurangan oksigen dalam udara. Bahan-bahan pencemar dapat berbentuk gas, uap logam, kabut dan debu yang bersifat racun yang dapat terhirup melalui hidung. Sedangkan kekurangan oksigen mungkin terjadi ditempat-tempat yang pengudaraannya buruk seperti tangki atau pada areal boiler. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.6. Masker

7. Perlindungan kaki dan telapak kaki

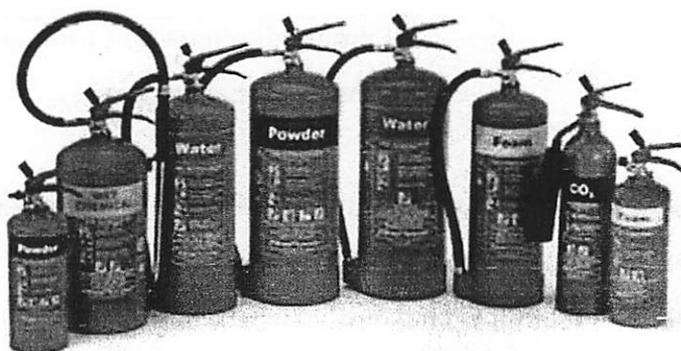
Perlindungan kaki dan telapak kaki mencakup sepatu kerja (*safety shoes*), sepatu bot, bot spesial atau perlengkapan kaki yang sesuai dengan industri tertentu. Pada industri peleburan baja maupun petrokimia diperlukan khusus pada sepatu agar pekerja terlindungi dari percikan metal cair ataupun bahan kimia yang berbahaya. (Cahyono, 2004)



Gambar 7.7. *Safety Shoes*

8. Perlindungan terhadap api

Perlindungan terhadap api perlu dimiliki oleh setiap petugas yang bekerja di setiap bagian pabrik. Dikarenakan bahaya terhadap api bisa terjadi dari hal sekecil mungkin. Maka diperlukan penanganan cepat tanggap di setiap bagian pabrik oleh karena itu perlu adanya alat *fire extinguisher* yang di taruh di setiap bagian pabrik.



Gambar 7.8. *Fire Extinguisher*

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik Vinil asetat

No	Nama Alat Pengaman	Pekerja yang Dilindungi
1.	<i>Wearpack</i>	Petugas yang bekerja di area proses pabrik, utilitas, bengkel, dan laboratorium.
2.	Helm pelindung kepala	Petugas yang bekerja di area proses, utilitas, dan bengkel.
3.	Sarung tangan	Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, utilitas, dan laboratorium.
4.	<i>Ear muffs & Ear plug</i>	Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, dan boiler.
5.	<i>Goggle & Face Shield</i>	Petugas yang bekerja di area proses, bengkel, utilitas, dan boiler.
6.	Masker	Petugas yang bekerja di area proses, laboratorium, utilitas, boiler dan bengkel.
7.	<i>Safety shoes</i>	Petugas yang bekerja di area proses dan bengkel.
8.	<i>Hydrant</i>	Petugas yang bekerja di area bahan baku, bahan bakar, proses, dan gudang.
9.	<i>Safety Belt</i>	Petugas yang bekerja untuk perbaikan alat proses dan pembersihan gedung
10.	<i>Fire Extinguisher</i>	Petugas di semua unit gedung terutama di bagian proses dan bahan baku.

Apabila terjadi kecelakaan kerja, seperti terjadinya kebakaran pada pabrik, maka hal-hal yang harus dilakukan adalah (Sinnott, 2005):

1. Mematikan seluruh kegiatan pabrik, baik mesin maupun listrik.
2. Mengaktifkan alat pemadam kebakaran, dalam hal ini alat pemadam kebakaran yang digunakan disesuaikan dengan jenis kebakaran yang terjadi yaitu:
 - Instalasi Pemadam dengan air

Untuk kebakaran yang terjadi pada bahan berpijar seperti kayu, arang, kertas, dan bahan berserat. Air dapat disemprotkan dalam bentuk kabut. Sebagai sumber air, biasanya digunakan air tanah yang dialirkan di sekitar areal pabrik. Air dipompakan dengan menggunakan pompa yang bekerja dengan instalasi listrik tersendiri, sehingga tidak terganggu apabila listrik pada pabrik dimatikan ketika kebakaran terjadi.

- Instalasi Pemadam dengan CO₂

CO₂ yang digunakan berbentuk cair dan mengalir dari beberapa tabung gas yang bertekanan yang disambung secara seri menuju *nozzle- nozzle*. Instalasi ini digunakan untuk kebakaran dalam ruang tertutup, seperti pada tempat tangki penyimpanan dan juga pemadam pada instalasi listrik.

Oleh karena itu keselamatan kerja yang tinggi dapat dicapai dengan penambahan nilai-nilai disiplin bagi para karyawan, yaitu(Sinnott,2005):

1. Setiap karyawan bertugas sesuai dengan pedoman-pedoman yang diberikan.
2. Setiap peraturan dan ketentuan yang ada harus dipatuhi.
3. Perlu keterampilan untuk mengatasi kecelakaan dengan menggunakan peralatan yang ada.
4. Setiap kecelakaan atau kejadian yang merugikan harus segera dilaporkan pada atasan.
5. Setiap karyawan harus saling mengingatkan perbuatan yang dapat menimbulkan bahaya.
6. Setiap kontrol secara periodik terhadap alat instalasi pabrik oleh petugas *maintenance*.

BAB VIII

UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya suatu proses produksi. Dalam suatu pabrik, utilitas memegang peranan yang penting. Karena suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika utilitas tidak ada. Oleh sebab itu, segala sarana dan prasarannya harus diransang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik.

Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rancang Pabrik Vinil Asetat yaitu :

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

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar.

8.1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, direncanakan menggunakan air sungai. Pengambilan air sungai ditampung dalam bak-bak penampung air yang selanjutnya diproses untuk keperluan air pendingin, air boiler, air proses dan air sanitasi.

8.1.1. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembutan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pra Rancang Pabrik vinil asetat ini digunakan pada Vaporizer (V-113), Preheater Etilena (E-116), Preheater Udara (E-119a), Heater (E-132), dan Reboiler (E-136) sebesar 2708,3872 kg/jam. Air umpan boiler disediakan berlebih sebesar 20% untuk mengganti steam yang hilang karena adanya kebocoran transmisi.

Air yang dipakai untuk membuat steam harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu tidak boleh menimbulkan buih, *priming*, *carry over*, kerak (*scale*), korosi pada pipa-pipa dan *caustic imbrittlement*. Bahan-bahanyang dapat menyebabkan beberapa hal tersebut adalah kadar *soluble matter* yang tinggi, *suspended solid*, garam-garam Ca dan Mg, silica, sulfat, asam bebas (*free acid*) dan oksida serta *organic matter*.

Persyaratan air umpan boiler sangat tergantung dari macam atau jenis boilernya. Persyaratan tersebut seperti yang terlihat pada table 8.1 dan table 8.2.

Tabel 8.1. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

Tekanan (psia)	Total Dissolved Solid (ppm)	Alkalinity (ppm)	Hardness (ppm)	Silika (ppm)	Turbidity (ppm)	Oil (ppm)	PO ₄ Residu (ppm)
0-300	3500	700	0	100-60	175	7	140
301-405	3000	600	0	60-45	150	7	120
451-600	2500	500	0	45-35	125	7	100
601-750	2000	400	0	35-25	100	7	80
751-900	1500	300	0	25-15	75	7	60
901-1000	1250	250	0	15-12	63	7	50
1001-1500	-	200	0	12-2	50	7	40

(Kellogs, 1980)

Selain harus memenuhi persyaratan diatas air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

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

- Kesulitan pembacaan tinggi permukaan dalam boiler
- Dapat menyebabkan percikan yang kuat yang menyebabkan adanya solid- solid yang menempel dan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

b. Tidak boleh membentuk kerak dalam reboiler

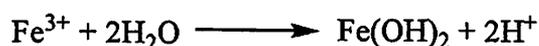
Kerak didalam boiler ini disebabkan garam-garam Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, SiO₂ dan Al₂O₃.

Kerak yang terbentuk di dinding boiler akan menyebabkan :

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

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



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



Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



8.1.2. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang sudah bebas dari *suspended solid* dan mikrobiologis. Didalam industri, air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, cuci, mandi, taman, mencuci peralatan dan lantai pabrik serta pemadam kebakaran. Sebelum digunakan air bersih baik yang berasal dari air permukaan ataupun air tanah, perlu diolah terlebih dahulu. Kandungan mikrobiologis terutama jenis bakteri didalam air akan mempengaruhi kualitas air sanitasi, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah bagi kesehatan.

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, kantor, taman, peadam kebakan dan kebutuhan yang lain dengan persyaratan kualitas air seperti berikut :

1. Syarat fisika

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Lebih kecil dari 1 mg SiO₂/liter
- pH : Netral

2. Syarat kimia

Tabel 8.3. Syarat kimia air sanitasi

No	Parameter	Maksimal Konsentrasi (ppm)
1	Zat terlarut	1000
2	Zat Organik (angka KMNO ₄)	10
3	CO ₂ Agresif	Tidak ada
4	H ₂ S	Tidak ada
5	NH ₄ ⁺	Tidak ada
6	NO ₂ ⁻	Tidak ada
7	SO ₃ ⁻	20
8	Cl ⁻	250
9	SO ₄	250
10	Mg ⁺²	125
11	Fe ⁺²	0,2
12	Mn ⁺²	0,1
13	Ag ⁺²	0,05
14	Pb ⁺²	3,0
15	Cu ⁺²	3,0
16	Zn ⁺²	5,0
17	F ⁻	1-115
18	pH	6,5-9
19	Kesadahan	5-10 D ^o

3. Syarat bakterologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- Angka kuman : 100/1 mL
- Bakteri coli, tidak ada dalam 100 mL

8.1.3. Air Pendingin

Air pendingin sebelum digunakan perlu diolah terlebih dahulu, baik yang berasal dari air permukaan ataupun air tanah. Kandungan bahan didalam air akan mempengaruhi sistem air pendingin, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah kerak yang menghambat perpindahan panas. Air pendingin digunakan untuk peralatan-peralatan yang memerlukan pendingin seperti *condenser* dan *cooler*. Dari total air pendingin yang diperlukan, diberikan faktor keamanan sebesar 20%. Untuk menghemat air pendingin biasanya dilakukan recycle sehingga air pendingin yang perlu disiapkan hanya berupa *make up water* yang jumlahnya diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

Di dalam pabrik vinil asetat sebagai media pendingin digunakan air pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi.

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung :

- Kesadahan (*hardness*), dapat memberikan efek pembentukan kerak
- Besi, penyebab korosi
- Silika, penyebab kerak
- Minyak, penyebab terganggunya film *corrosion inhibitor* yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas dan merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air pendingin tersebut digunakan pada Reaktor (R-110), Cooler Kondensor (E-121), Kondensor (E-133) 8322,5953 kg/jam. Penggunaan air pendingin diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

Tabel 8.4 Persyaratan Untuk Air Pendingin Resirkulasi Terbuka

Parameter	Nilai
1. Konduktivitas (mhos/cm)	<1000
2. Turbiditas (ppm)	<10
3. Suspended Solid (ppm)	<10
4. Total hardness (ppm as CaCO ₃)	<100
5. Total iron (ppm as Fe)	<1.0
6. Residual chlorine (ppm as Cl ₂)	0.5-1.0
7. Silicate (ppm as SiO ₂)	<150
8. Total Chromate (ppm as CrO ₄)	1.5-2.5
9. pH	6.5-7.5

(Sumber : Setiadi, 2007)

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam :

- Suhu (T) = 188°C
- Tekanan (P) = 174,19 Psia.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tinggi
- Zat padat terlarut (*suspended solid*)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (*organik matter*)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan :

1. Tidak boleh berbuih (busa)

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

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

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas lebih lanjut.

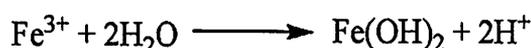
2. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan

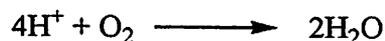
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

3. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

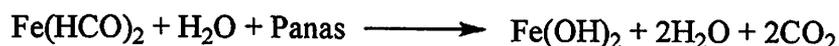


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air kawasan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air kawasan tersebut adalah sebagai berikut:

➤ Pengolahan Air Sanitasi

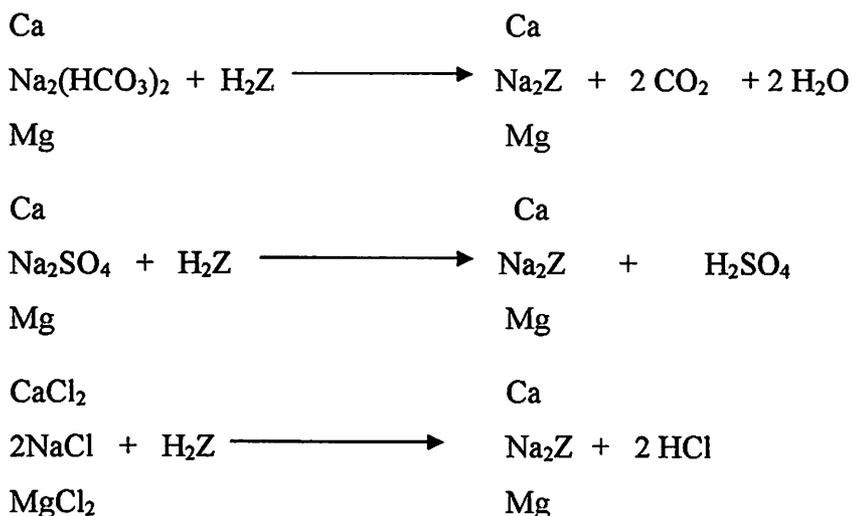
Air sungai dialirkan dengan pompa (L-211) kedalam bak sedimentasi (F-212) untuk mengendapkan kotoran, kemudian dialirkan dengan pompa (L-213) menuju bak skimmer (F-241) untuk memisahkan air dari padatan terapung. Dari bak skimmer kemudian dialirkan dengan pompa (L-215) menuju tangki clarifier (H-

216), kemudian dialirkan ke tangki sand filter (H-217) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih terkandung yang selanjutnya dialirkan ke bak air bersih (F-218). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa dengan (L-219) menuju bak klorinasi (F-241) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-243) dengan menggunakan pompa (L-242) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

➤ Pelunakan Air Umpan Boiler

Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210 A) dan anion exchanger (D-210 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah de-acidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-212) dialirkan dengan pompa (L-221) menuju kation exchanger (D-210 A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut:



Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210 B) untuk dihilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki.

Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Sehingga keluaran dari tangki demineralisasi adalah garam-garam kalsium, natrium dan magnesium yang terikat pada kation *exchanger* dalam bentuk CaZ , NaZ dan MgZ . Sedangkan H_2SO_4 , HCl dan HNO_3 terikat pada anion *exchanger* dalam bentuk D_2SO_4 , DCl dan DNO_3 . Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah bebas dari ion-ion pengganggu.

Setelah keluar dari tangki demineralisasi, air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-222) yang selanjutnya dipompa (L-231) ke deaerator (D-232) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air siap diumpankan ke boiler (Q-230) dengan pompa (L-233). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

➤ Pengolahan Air Pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak (F-221) dipompa ke bak air pendingin (F-231) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-232). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower air di recycle ke bak air pendingin kembali.

8.3. Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik didalam Pabrik Vinil asetat dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Kebutuhan tenaga listrik Pabrik Vinil asetat bisa dipenuhi dengan cara menggunakan generator listrik yang digerakkan oleh turbin uap dan dibantu oleh PLN. Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Vinil asetat adalah 122,7680 kWH.

8.4. Pengolahan Limbah

Pada Pra Rencana Pabrik Vinil asetat ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Vinil asetat adalah :

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa H_2SO_4 sisa. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

1. Pre Treatment

Hal ini dilakukan untuk menghilangkan solid yang berat dengan cara pengendapan secara gravitasi dalam bak pengendapan.

2. Treatment Pertama

Treatment pertama dilakukan dengan menggunakan proses aerasi dengan menggunakan aerator untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair, serta dengan menggunakan lumpur aktif. Lumpur aktif ini bertujuan untuk memperbanyak bakteri pengurai limbah organik karena banyak terdapat pada lumpur aktif tersebut. Proses aerasi ini dilakukan selama beberapa jam sampai didapatkan nilai BOD, COD dan DO yang memenuhi standar yang telah ditetapkan pemerintah.

3. Treatment Kedua

Treatment kedua dilakukan apabila pH limbah cair terlalu asam atau terlalu basa, sehingga ditambahkan bahan kimia untuk menetralkan limbah cair sampai pH 7 (netral) ataupun dapat dilakukan dengan sejumlah air agar limbah cair yang dibuang ke sungai tidak terlalu asam ataupun terlalu basa.

4. Treatment Ketiga

Treatment ketiga dilakukan dengan menambahkan desinfektan berupa gas Cl_2 pada limbah cair untuk membunuh mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit.

Pada setiap treatment perlu dilakukan pengawasan secara ketat dan dilakukan analisa di laboratorium agar limbah cair yang dibuang ke sungai tidak akan mengganggu lingkungan di sekitar pabrik.

b. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari flashtank (D-120) dan pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprotkan dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitar.

BAB IX

TATA LETAK PABRIK

9.1. Tata Letak Pabrik (Plant Lay Out)

Pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor yang sangat berkaitan erat dengan efisiensi perusahaan ditinjau dari segi ekonomis, sedangkan tata letak pabrik dan tata letak peralatan proses merupakan faktor penting dalam kelancaran operasional pabrik. Lokasi yang sudah memenuhi syarat belum lah dapat menjamin pabrik tersebut akan mengalami sukses dalam operasinya, karena masih banyak faktor lain yang menentukan berhasilnya pabrik dalam menjalankan tugasnya. Salah satu dari faktor tersebut adalah plant lay out.

Plant lay out adalah pembagian ruangan atau luasan pabrik untuk peletakan bangunan dan peralatan pabrik. Bangunan dan peralatan pabrik yang dimaksud adalah storage bahan baku, ruang proses sesudah storage bahan baku sampai bahan jadi atau produk, kantor dan ruang lainnya yang menunjang pada kegiatan pabrik. Perencanaan lay out pabrik diatur sedemikian rupa untuk menunjang operasi yang baik, konstruksi yang ekonomis, ruang gerak bagi karyawan yang memadai dan keselamatan kerja bagi karyawan. Beberapa masalah khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik (plant lay out) antara lain :

1. Ruangan ditata sedemikian rupa sehingga semua pekerja dapat bergerak secara leluasa untuk menunjang operasional pabrik.
2. Proses pemindahan barang dapat diatur dengan leluasa
3. Membuat material handling menjadi semakin efisien
4. Mencegah adanya keterlambatan dalam pekerjaan pabrik
5. Bangunan dibuat meliputi tembok dan atap agar proses pekerjaan aman dari lingkungan sekitar.
6. Tata letak dibuat dengan adanya kemungkinan perluasan pabrik jika diperlukan kedepannya
7. Perancangan juga meliputi tempat penanganan bahan buangan pabrik
8. Bangunan di tata sebaik mungkin agar terhdar dari bahaya peledakan, kebakaran atau gas berbahaya
9. Tata letak fondasi bangunan ataupun peralatan proses dibuat sebaik mungkin

10. Memastikan adanya saluran udara dan adanya penerangan ruangan yang baik.

Fungsi Plant Lay Out

- Semua operasi perindustrian yang mengalami proses yang sama dan dari tipe yang sama dikerjakan dalam satu lingkungan sehingga mempercepat proses dan menghemat biaya produksi
- Produksi beraneka macam dan waktu produksi berlainan atau banyak mengalami perubahan dalam urutan operasi
- Menciptakan kelancaran kerja sehingga mempermudah proses produksi, mempercepat pengiriman bahan baku dan mempermudah operator dalam pengoperasian peralatan.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

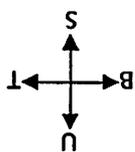
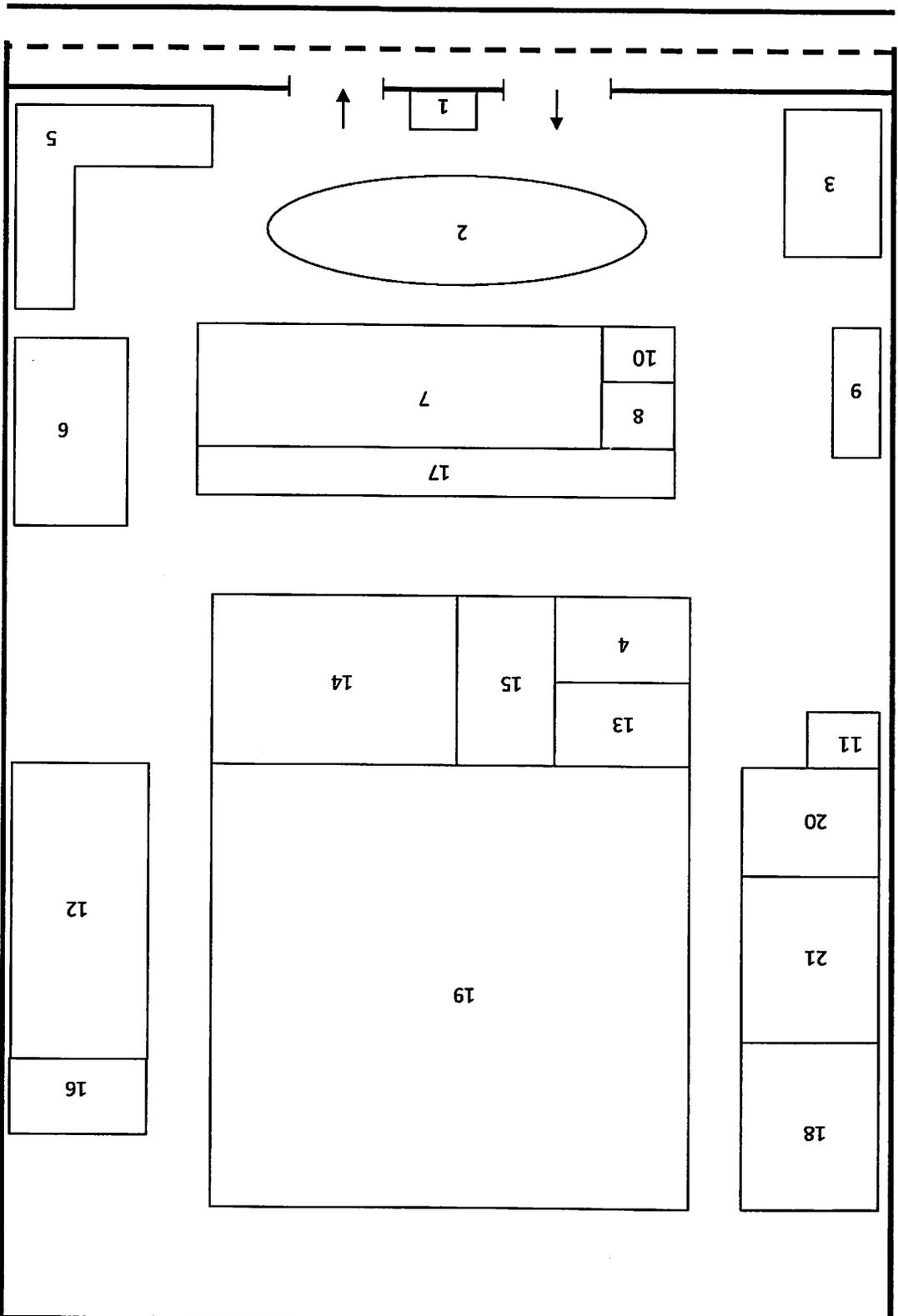
1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

9.2. Tata Letak Bangunan Pabrik

Pengaturan letak bangunan diatur sedemikian rupa, sehingga area pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan letak bangunan pabrik meliputi :

- Letak bangunan pabrik sesuai dengan urutan proses
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Letak bangunan proses dan perkantoran terpisah
- Menempatkan bahan-bahan yang berbahaya di daerah yang terisolasi
- Tersedianya lahan kosong untuk perluasan.

Rencana tata letak Pabrik Vinil Asetat dapat dilihat pada gambar 9.1.



Tabel 9.1. Jumlah luasan tanah dan bangunan pabrik etilen glikol

No	Keterangan	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	20
2	Taman	300
3	Tempat ibadah	150
4	Laboratorium	80
5	Parkir depan	200
6	Gedung serba guna (aula)	200
7	Kantor Pusat	300
8	Poliklinik	30
9	Kantin	80
10	Toilet	30
11	Toilet	30
12	Utilitas	500
13	Departemen Teknik	50
14	Area bahan baku	300
15	Ruang instrumentasi	200
16	Power plant	150
17	Parkir belakang	200
18	Pengolahan limbah	200
19	Area Produksi	1500
20	Gudang Peralatan	200
21	Gudang Produk	300
22	Area Perluasan	800
23	Tanah sisa dan jalan	2000

Jumlah total luas tanah dan bangunan adalah 7.140 m²

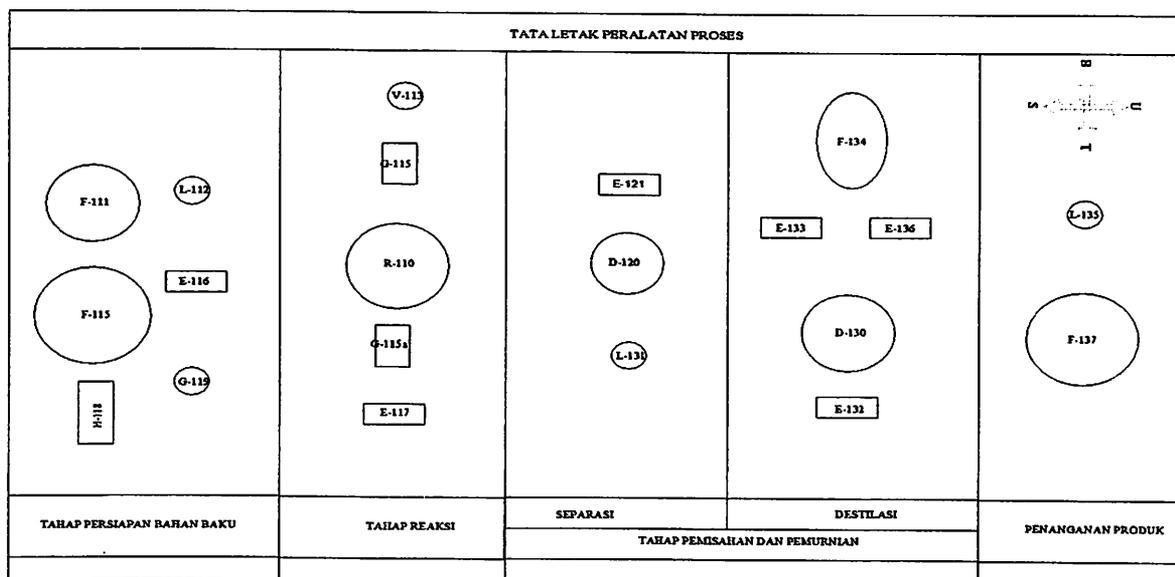
9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik

Desain tata letak peralatan pabrik atau *equipment lay out* menjadi sangat penting karena berpengaruh pada efisiensi pabrik, yang berkaitan dengan ruang dan waktu operasi maupun sistem perpipaanya. Tata ruang peralatan proses secara umum berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan bekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan ruang peralatan proses pabrik (*equipment lay out*), antara lain :

- Jarak yang cukup antara satu alat dengan alat proses lainnya untuk memudahkan melakukan pengamatan, perawatan dan menjamin keselamatan kerja bagi operator
- Urutan peralatan proses sesuai dengan fungsinya agar tidak menyulitkan pengoperasian
- Kenyamanan suasana ruangan pabrik walaupun banyak timbunan barang

- Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi dimana pemasangan sistem elevasi perlu memperhatikan ketinggian minimal 3 meter agar tidak mengganggu lalu lintas karyawan
- Aliran udara disekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja
- Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai apabila pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus
- Ruang gerak pekerja harus leluasa agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan dapat segera teratasi selain itu pengaturan peralatan dilakukan untuk mempertimbangkan kerusakan alat (*trouble shooting*)
- Efektifitas dan efisiensi agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi
- Jarak antar alat proses misalnya untuk peralatan proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat yang lainnya agar bila terjadi kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya.

Rencana tata letak peralatan pabrik vinil asetat dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Tata Letak Alat Pabrik Vinil Asetat

Keterangan :

1. F-111 : Storage asam asetat
2. L-112 : Pompa
3. V-113 : Vaporizer
4. G-115 : Kompresor
5. F-115 : Storage etilena
6. E-116 : Heater
7. G-119 : Blower
8. E-117 : Heater
9. G-115a : Kompresor
10. R-110 : Reaktor
11. E-121 : Cooler
12. D-120 : Flash tank
13. L-131 : Pompa
14. E-132 : Heater
15. D-130 : Kolom distilasi
16. E-133 : Kondensor
17. E-136 : Reboiler
18. F-134 : Akumulator
19. L-135 : Pompa
20. F-137 : Storage produk

BAB X

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Masalah organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektivitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Dalam upaya peningkatan efektivitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang. (Madura, 2000)

Struktur organisasi merupakan susunan sistem hubungan antar posisi kepemimpinan yang ada dalam organisasi. Hal ini merupakan hasil pertimbangan dan kesadaran tentang pentingnya perencanaan atas penentuan kekuasaan, tanggung jawab, spesialisasi setiap anggota organisasi. (Budiasih, 2012)

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang tinggi, diperlukan elemen dasar yang berfungsi sebagai penunjang dalam menjalankan suatu perusahaan untuk mencapai tujuannya. Unsur-unsur dari elemen tersebut terdiri dari:

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

10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Status Perusahaan	: Swasta
Hasil Produksi	: Vinil Asetat
Kapasitas Produksi	: 80.000 ton / tahun
Lokasi Pabrik	: Jl. Raya Anyar KM 122, Ds. Gunung Sugih, Kec.

Ciwandan, Kodya Cilegon, Banten.

10.2. Bentuk Perusahaan

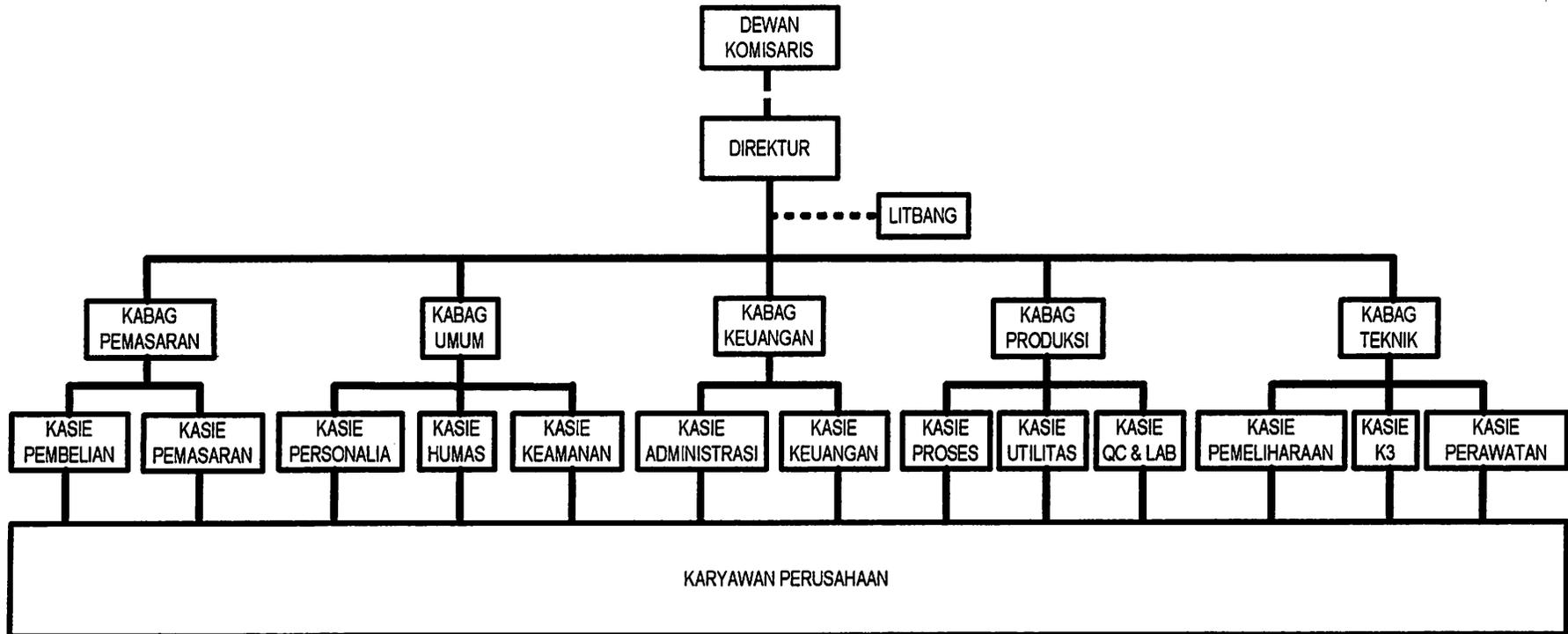
Pabrik Vinil Asetat yang akan direncanakan ini merupakan perusahaan swasta bersekala nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). PT adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 Tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya. Bentuk ini dipilih karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu:

- Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.
- Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual sahamnya kepada orang lain.
- Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham.
- Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap hutang perusahaan.
- Penempatan pemimpin atas kemampuan pelaksanaan tugas.

10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staf, alasan pemakaian sistem ini adalah :

- Struktur organisasinya sederhana dan mudah dipahami
- Wewenang dan tanggung jawab untuk setiap posisi jelas
- Setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang pemimpin
- Disiplin yang tegas
- Keputusan dapat diberikan secepat mungkin
- Setiap karyawan melaksanakan perintah langsung dari pimpinan dengan bebas tanpa kritik sehingga menciptakan kondisi kerja yang harmonis. (Kusnarjo, 2010)



Gambar 10.1. Struktur organisasi pra rencana pabrik vinyl asetat

10.4. Pembagian Kerja Dalam Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi perusahaan merupakan pembagian tugas, jabatan dan tanggung jawab antara satu pengurus dengan pengurus yang lain sesuai dengan strukturnya. Penjelasan dari setiap jabatan dalam organisasi perusahaan diterangkan sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang mewakili pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan. Tugas dewan komisaris antara lain:

- Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan rapat tahunan pemegang saham.
- Meminta laporan pertanggungjawaban direktur secara berkala.
- Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi di perusahaan dimana dalam menjalankan tugas sehari-hari dibantu oleh direktur teknik dan direktur administrasi. Tugas dan wewenang direktur utama:

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan kepada pemegang saham pada masa akhir jabatan
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan RUPS
- Bekerja sama dengan Direktur produksi, direktur keuangan dan administrasi dalam menjalankan perusahaan. (Kusnarjo, 2010)

3. Penelitian dan Pengembangan

Divisi Penelitian dan Pengembangan (LITBANG) bersifat independen. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Tugas dan wewenang divisi LITBANG adalah:

- Mempelajari mutu produk

- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembangan produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk kesuatu tempat
- Mempertinggi efisiensi kerja.

4. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Teknik dan Produksi diangkat dan diberhentikan oleh Direktur Utama. Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah :

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

5. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager Produksi dan Teknik. Tugas Direktur Administrasi dan Keuangan adalah:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dan bidang keuangan serta pelayanan umum
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

6. Kepala Bagian

- Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian teknik adalah kepala bagian yang bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan.

Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

a. Seksi Pemeliharaan

Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses.

b. Seksi Perawatan

Bertugas untuk merawat, memelihara gedung, taman dan peralatan proses termasuk utilitas serta bertugas dalam memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi.

c. Seksi K₃

Bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja termasuk memberikan pelatihan-pelatihan keselamatan kerja. (Kusnarjo, 2010)

• Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi adalah kepala bagian yang bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

a. Seksi Proses

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

b. Seksi QC dan Laboratorium

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

c. Seksi Utilitas

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

• Kepala Bagian Umum

Bertanggungjawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Seksi-seksi yang dibawahinya meliputi:

a. Seksi Personalia

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antar pekerja dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.

b. Seksi Keamanan

- Menjaga semua bagian pabrik dan fasilitas perusahaan

- Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan.
- c. Seksi Humas

Mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah. (Kusnarjo, 2010)
- Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab kepada direktur produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Seksi-seksi yang dibawahinya meliputi:

 - a. Seksi Pembelian
 - Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan pemasaran
 - Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.
 - b. Seksi Pemasaran
 - Merencanakan strategi hasil produksi
 - Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang.
- Kepala Bagian Keuangan

Bertanggungjawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan. Seksi-seksi yang dibawahinya adalah:

 - a. Seksi Administrasi

Bertugas untuk menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.
 - b. Seksi Keuangan

Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengatur uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan.

10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan karyawan tidak dapat melakukan pekerjaan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah:

- a. Tunjangan
 - Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukan dan lama pengabdianya kepada perusahaan.

- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan. (Kusnarjo, 2010)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Unuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara Cuma-Cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat pengantian ongkos pengobatan penuh.

d. *Insentiv* atau bonus

Insentiv diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya *insentive* ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian *insentiv* untuk golongan pelaksana operasi diberika setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yan dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas diatas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan. (Kusnarjo, 2010)

10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik vinil asetat direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah *shut down*.

a. Pegawai *non shift*

Bekerja selama 5 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik misalnya: direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 17.00 (istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 17.00 (istirahat : 11.00 – 13.00)

b. Pegawai *shift*

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I : 23.00 – 07.00
- Shift II : 07.00 – 15.00
- Shift III : 15.00 – 23.00

Jam kerja bergiliran berlaku bagi karyawan. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, setiap karyawan shift dibagi menjadi empat regu dimana tiga regu kerja dan satu regu istirahat. Pada hari Minggu dan libur nasional karyawan shift tetap bekerja dan libur 1 hari setelah tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada table 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal jam kerja karyawan pabrik

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-
B	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I
C	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II
D	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-	II

Keterangan : I = Pagi, II = siang, III = Malam, - = Libur

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawan, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya. (Kusnarjo, 2010)

10.7. Status Karyawan dan Sistem Pengupahan

Pabrik Vinil asetat mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalam kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja)
6. Upah minimum regional

Berdasarkan kriteria diatas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya dimana status kepegawaian terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Karyawan regular

Karyawan regular adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manager pabrik berdasarkan nota persetujuan manager pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan. (Kusnarjo, 2010)

10.8. Perincian Jumlah Karyawan Operasional

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang ada. Pada Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Proses Utama

1. Penyediaan bahan baku terdiri dari
 - Storage tank
 - Transportasi
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap penanganan produk

b. Tahap Tambahan atau Pembantu

1. Laboratorium
2. Utilitas terdiri dari
 - Pengolahan air
 - Boiler
 - Pengolahan limbah
 - Listrik
 - Pemeliharaan



Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga kerja operasional adalah 5 tahap.

Step dalam proses = 5 tahap

Jumlah hari kerja dalam 1 tahun = 330 hari kerja

Kapasitas produksi (P) = $\frac{80.000 \text{ ton/tahun}}{330 \text{ hari/tahun}} = 242,4242 \text{ ton/hari}$

Berdasarkan Vilbrand and Dryden Fig. 6.35 halaman 235, didapatkan:

$$M = 24,4P^{0,25}$$

$$M = 24,4 \times (242,4242)^{0,25}$$

$$M = 96,2795 \text{ orang.jam/hari} = 97 \text{ orang.jam/hari}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 5 tahap, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 97 \text{ orang.jam/hari} \times 5 \text{ tahap} \\ &= 485 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Karena setiap hari ada 3 shift dimana karyawan shift bekerja 8 jam/hari, maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan proses} &= \frac{485 \text{ orang.jam}}{\text{hari}} \times \frac{1}{3 \text{ shift/hari}} \times \frac{1}{8 \text{ jam}} \\ &= 20,2083 \text{ orang/shift.hari} = 21 \text{ orang/shift.hari} \end{aligned}$$

Karena terdapat 4 regu shift, maka karyawan proses yang bekerja perhari adalah:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 21 \text{ orang/shift.hari} \times 4 \text{ shift} \\ &= 84 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

Sedangkan jumlah karyawan keseluruhan pabrik vinil asetat seperti berikut:

Tabel 10.2. Perincian kebutuhan tenaga kerja pabrik vinil asetat

No.	Jabatan	SMA	D3	S1	S2
1.	Dewan komisaris			2	
2.	Direktur Utama			1	
3.	Direktur Teknik				2
4.	Direktur Administrasi			1	
5.	Staf Litbang			4	
6.	Sekretaris Direktur		4		
7.	Kabag Teknik				1
8.	Kasie Perawatan			1	
9.	Karyawan Perawatan		10		
10.	Kasie Utilitas			1	
11.	Karyawan Utilitas		15		
12.	Kasie K ₃			1	
13.	Karyawan K ₃		2		
14.	Kabag Produksi			1	
15.	Kasie Proses			1	
16.	Karyawan Proses		50		
17.	Kasie Gudang			1	

18.	Karyawan Gudang		10		
19.	Kasie QC & Lab			1	
20.	Karyawan QC & Lab		8		
21.	Kabag Pemasaran			1	
22.	Kasie Market & Riset			1	
23.	Karyawan Market & Riset		5		
24.	Kasie Pemasaran			1	
25.	Karyawan Pemasaran		5		
26.	Kabag Umum			1	
27.	Kasie Personalia			1	
28.	Karyawan Personalia			3	
29.	Kasie Humas			1	
30.	Karyawan Humas		4		
31.	Kasie Kesejahteraan Pekerja			1	
32.	Karyawan Kesejahteraan Pekerja		2		
33.	Kasie Keamanan	1			
34.	Karyawan Keamanan	16			
35.	Kabag Keuangan			1	
36.	Kasie Keuangan & Pembukuan			1	
37.	Karyawan Keuangan & Pembukuan		5		
38.	Kasie Penyediaan & Pembelian			1	
39.	Karyawan Penyediaan & Pembelian		4		
40.	Dokter			2	
41.	Karyawan Poliklinik		8		
42.	Karyawan Kebersihan & Taman	8			
43.	Karyawan Parkir	4			
44.	Sopir	4			
Jumlah		33	122	28	3
Total Karyawan		198			

10.9. Gaji Karyawan

Tabel 10.3. Daftar gaji karyawan per Bulan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per Orang (Rp)	Total (Rp)
1.	Dewan komisaris	2	25.000.000	50.000.000
2.	Direktur Utama	1	20.000.000	20.000.000
3.	Direktur Teknik	2	15.000.000	30.000.000
4.	Direktur Administrasi	1	10.000.000	10.000.000
5.	Staff Litbang	4	9.000.000	36.000.000
6.	Sekretaris Direktur	4	5.000.000	20.000.000
7.	Kabag Teknik	1	7.500.000	7.500.000
8.	Kasie Perawatan	1	7.000.000	7.000.000
9.	Karyawan Perawatan	10	3.500.000	35.000.000
10.	Kasie Utilitas	1	7.500.000	7.500.000
11.	Karyawan Utilitas	15	3.500.000	52.500.000
12.	Kasie K ₃	1	7.000.000	7.000.000
13.	Karyawan K ₃	2	3.000.000	6.000.000
14.	Kabag Produksi	1	7.500.000	7.500.000
15.	Kasie Proses	1	7.000.000	7.000.000
16.	Karyawan Proses	50	4.000.000	200.000.000
17.	Kasie Gudang	1	7.000.000	7.000.000
18.	Karyawan Gudang	10	3.000.000	30.000.000
19.	Kasie QC & Lab	1	7.000.000	7.000.000
20.	Karyawan QC & Lab	8	3.500.000	28.000.000
21.	Kabag Pemasaran	1	7.500.000	7.500.000
22.	Kasie Market & Riset	1	7.000.000	7.000.000
23.	Karyawan Market & Riset	5	3.000.000	15.000.000
24.	Kasie Pemasaran	1	7.000.000	7.000.000
25.	Karyawan Pemasaran	5	3.000.000	15.000.000
26.	Kabag Umum	1	7.500.000	7.500.000

27.	Kasie Personalia	1	7.000.000	7.00.0000
28.	Karyawan Personalia	3	6.000.000	18.000.000
29.	Kasie Humas	1	7.000.000	7.000.000
30.	Karyawan Humas	4	3.000.000	12.000.000
31.	Kasie Kesejahteraan Pekerja	1	7.000.000	7.000.000
32.	Karyawan Kesejahteraan Pekerja	2	3.000.000	6.000.000
33.	Kasie Keamanan	1	2.900.000	2.900.000
34.	Karyawan Keamanan	16	2.800.000	44.800.000
35.	Kabag Keuangan	1	7.500.000	7.500.000
36.	Kasie Keuangan & Pembukuan	1	7.000.000	7.000.000
37.	Karyawan Keuangan & Pembukuan	5	3.500.000	17.500.000
38.	Kasie Penyediaan & Pembelian	1	7.000.000	7.000.000
39.	Karyawan Penyediaan & Pembelian	4	3.000.000	12.000.000
40.	Dokter	2	8.000.000	16.000.000
41.	Karyawan Poliklinik	8	3.000.000	24.000.000
42.	Karyawan Kebersihan & Taman	8	2.760.000	22.080.000
43.	Karyawan Parkir	4	2.760.000	11.040.000
44.	Sopir	4	2.760.000	11.040.000
Jumlah		198		873.860.000



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana pabrik Vinil asetat ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Vinil asetat tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Etilen Glikol adalah sebagai berikut :

1. *Return of Investment (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 Investment*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran harga alat

11.1. Faktor - Faktor Penentu

11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

a. Modal Tetap (FCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

- a. Direct Cost

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Service Facilities
- Tanah

b. Indirect cost

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi

b. Modal Kerja (WCI)

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik, dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Pengemasan produk
- Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain
- Pajak yang harus dibayar
- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas.

Sehingga : $TCI = FCI + WCI$

11.1.2. Penentuan Biaya Produksi

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

a. **Biaya Pembuatan**

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

b. **Biaya Pengeluaran Umum**

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

Biaya tetap

Yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Yang termasuk biaya tetap antara lain :

- Bunga Bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

Biaya semi variabel (SVC)

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain :

- Biaya utilitas
- Biaya bahan baku
- Gaji karyawan
- Supervisor
- Pemeliharaan dan perbaikan

11.1.3. Penaksiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk

mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Vinil asetat ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984) dan (<http://www.che.com/EquipCost/index.htm> - 2013).

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Biaya Langsung (DC)

1.	Harga peralatan		(E) =	Rp.	42,810,206,094
2.	Instrument dan alat kontrol	25%	E =	Rp.	10,702,551,524
3.	Isolasi	8%	E =	Rp.	3,424,816,488
4.	Perpipaan terpasang	50%	E =	Rp.	21,405,103,047
5.	Listrik terpasang	15%	E =	Rp.	6,421,530,914
6.	Harga FOB	(jumlah 1-5)	(F) =	Rp.	84,764,208,067
7.	Ongkos angkutan kapal laut	10%	F =	Rp.	8,476,420,807
8.	Harga C dan F	(jumlah 6-7)	(G) =	Rp.	93,240,628,873
9.	Biaya asuransi	1%	G =	Rp.	932,406,289
10.	Harga CIF	(jumlah 8-9)	(H) =	Rp.	94,173,035,162
11.	Biaya angkut barang ke plant	10%	H =	Rp.	9,417,303,516
12.	Pemasangan alat	40%	E =	Rp.	17,124,082,438
13.	Bangunan pabrik	40%	E =	Rp.	17,124,082,438
14.	Service facilities	40%	E =	Rp.	17,124,082,438
15.	Tanah	5%	E =	Rp.	2,140,510,305
16.	Biaya langsung (DC)(jumlah10-15)		=	Rp.	157,103,096,296

BiayaTak Langsung (IC)

17.	Engineering dan Supervisi	15%	DC =	Rp.	23,565,464,444
18.	Kontruksi	20%	DC =	Rp.	31,420,619,259

Total Modal Tak Langsung (IC) = Rp. 54,986,083,704

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp } 44,150,212,791 \quad + \quad \text{Rp } 54,986,083,704 \\
 &= \text{Rp } 212,089,180,000
 \end{aligned}$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WC} &= 15\% \times \text{FCI} \\ &= 15\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \\ &= \text{Rp } 31,813,377,000 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WC} \\ &= \text{Rp } 212,089,180,000 + \text{Rp } 31,813,377,000 \\ &= \text{Rp } 243,902,557,000 \end{aligned}$$

f. Modal Perusahaan

$$\begin{aligned} \text{Modal sendiri (MS)} & 60\% \text{ TCI} = \text{Rp } 146,341,534,200 \\ \text{Modal pinjaman (MP)} & 40\% \text{ TCI} = \text{Rp } 97,561,022,800 \end{aligned}$$

Penentuan Total Capital Investment (TPC)

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

- Bahan Baku			= Rp.	1,200,849,539,942
- Tenaga Kerja		(TK)	= Rp.	10,486,320,000
- Supervisi	15%	TK	= Rp.	1,572,948,000
- Utilitas			= Rp.	7,016,973,190
- Pemeliharaan dan perbaikan (PP)	10%	FCI	= Rp.	21,208,918,00
- Penyediaan operasi	12%	PP	= Rp.	2,545,070,160
- Laboratorium	15%	PP	= Rp.	3,181,337,700
- Patent dan Royalti	5%	TPC	= Rp.	0,05 TPC
Biaya Produksi Langsung			= Rp.	1,246,861,106,992
				+ 0,05 TPC

b. Biaya Tetap (FC)

- Depresiasi alat	10%	FCI	= Rp.	21,208,918,000
- Depresiasi bangunan	3%	FCI	= Rp.	6,362,675,400
- Pajak kekayaan	3%	FCI	= Rp.	6,362,675,400
- Asuransi	1,0%	FCI	= Rp.	2,120,891,800
- Bunga bank	10,0%	MP	= Rp.	9,756,102,280
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)			= Rp.	45,811,262,880

c. Biaya Overhead Pabrik

$$\text{Biaya Overhead} = 70\% \text{ TK} + \text{PP} = \text{Rp. } 22,186,666,600$$

d. Biaya pengeluaran umum (GE)

- Administrasi (15% PP)	= Rp.	4,990,227,900
- Distribusi dan pemasaran (10% TPC)	= Rp.	0,1 TPC
- Litbang (5% TPC)	= Rp.	0,05 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)	= Rp.	4,990,227,900 + 0,15 TPC

e. Biaya Produksi Total (TPC)

TPC	=	DPC + FC + Biaya Overhead + GE
	=	Rp 1,319,849,264,372 + 0,20 TPC
TPC	=	Rp 1,649,811,580,465

Maka, DPC	=	Rp 1,246,861,106,992 + 0,05
	=	Rp 1,329,351,686,015
GE	=	Rp 4,990,227,900 + 0,15
	=	Rp 252,461,964,970

ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-undang ketentuan umum dan tata cara perpajakan (UU no.6/1983) :

- 15% untuk laba sampai Rp. 25.000.000,-
- 25% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 40% Untuk laba > Rp. 50.000.000

Asumsi yang diambil adalah :

- a. Bunga kredit sebesar 13,5 % per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi :

Tahun I	:	60%	produksi total
Tahun II	:	80%	produksi total
Tahun III	:	100%	produksi total

1. Laba Perusahaan

Labanya Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp } 1,689,600,000,000 \text{ (kapasitas 100\%)}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp } 1,689,600,000,000 - \text{Rp } 1,649,811,580,465 \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak penghasilan} &= 40\% \times \text{Laba kotor} \\ &= 40\% \times \text{Rp } 39,788,419,535 \\ &= \text{Rp } 15,915,367,814 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba Bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 - 15,915,367,814 \\ &= \text{Rp } 23,873,051,721 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_{Abt}) :

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 39,788,419,535 + \text{Rp } 21,208,918,000 \\ &= \text{Rp } 60,997,337,535 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_{Aat}) :

$$\begin{aligned} C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 23,873,051,721 + \text{Rp } 21,208,918,000 \\ &= \text{Rp } 45,081,969,721 \end{aligned}$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 39,788,419,535}{\text{Rp } 212,089,180,000} \times 100\% = 18,76\% \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$ROI_{AT} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Rp } 23,873,051,721}{\text{Rp } 212,089,180,000} \times 100\% \\
 &= 11,26\% \quad \text{dari modal investasi} \\
 &= 11,26\% \times \text{Rp } 243,902,557,000 = \text{Rp } 27,454,009,479
 \end{aligned}$$

Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari labayang dihitung, dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned}
 \text{POT}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp } 212,089,180,000}{\text{Rp } 60,997,337,535} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 3,4 \text{ tahun} \\
 \text{POT}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp } 212,089,180,000}{\text{Rp } 60,997,337,535} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 4,7 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

4. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

a. Biaya Tetap (FC)

$$\text{FC} = \text{Rp } 12,874,202,050$$

b. Biaya Variabel (VC)

$$\text{Bahan Baku pertahun} = \text{Rp } 1,200,849,539,942$$

$$\text{Biaya Utilitas pertahun} = \text{Rp } 7,016,973,190$$

$$\text{Total Biaya Variabel (VC)} = \text{Rp } 1,207,866,513,132$$

c. Biaya Semi Variabel (SVC)

$$\text{Biaya Umum (GE)} = \text{Rp } 252,461,964,970$$

$$\text{Biaya Overhead} = \text{Rp } 22,186,666,600$$

Penyediaan operasi	=	Rp 2,545,070,160
Biaya laboratorium	=	Rp 3,181,337,700
Gaji karyawan langsung	=	Rp 10,486,320,000
Supervisi	=	Rp 1,572,948,000
Perawatan dan Pemeliharaan	=	Rp 21,208,918,000
Royalti	=	Rp 16,498,115,805
Total Biaya Semi Variable (SVC)	=	Rp 330,141,341,234

d. Harga Penjualan (S)

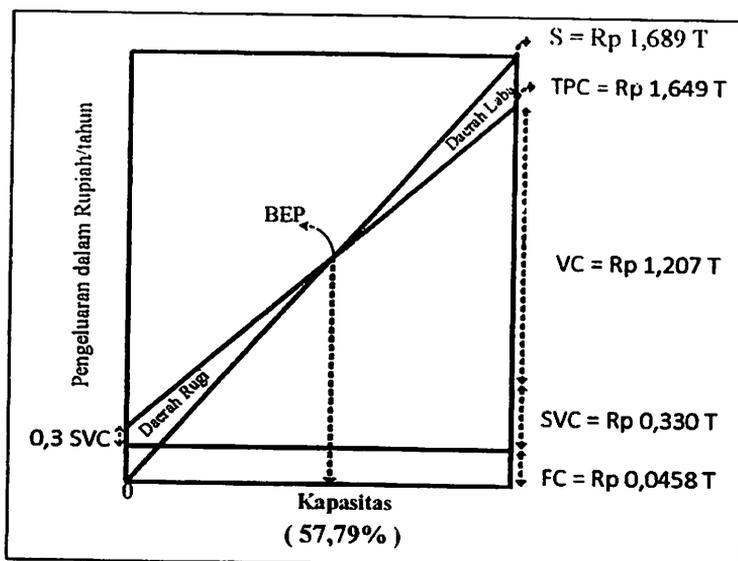
S = Rp 1,689,600,000,000

maka,

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= 57,79\%
 \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 57,79% × 80,000 ton/tahun
 = 46,236 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Formaldehid berada diantara nilai 40-60% sehingga nilai BEP diatas memadai.



Gambar 11.1. Grafik Break Even Point

Untuk produksi tahun pertama kapasitas 60% dari kapasitas yang sebenarnya sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

- PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)
- PB = keuntungan pada kapasitas 100%
- % kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp\ 23,873,051,721} = \frac{[100 - 57,79\%] - [100\% - 60\%]}{[100 - 57,79\%]}$$

$$PBi = Rp\ 5,295,156$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp\ 5,295,156 + Rp\ 21,208,918,000 \\ &= Rp\ 21,214,213,156 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun kedua kapasitas

keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

- PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)
- PB = keuntungan pada kapasitas 100%
- % kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp\ 23,873,051,721} = \frac{[100 - 57,79\%] - [100\% - 80\%]}{[100 - 57,79\%]}$$

$$PBi = Rp\ 53,318,811$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp\ 53,318,811 + Rp\ 21,208,918,000 \\ &= Rp\ 21,262,236,811 \end{aligned}$$

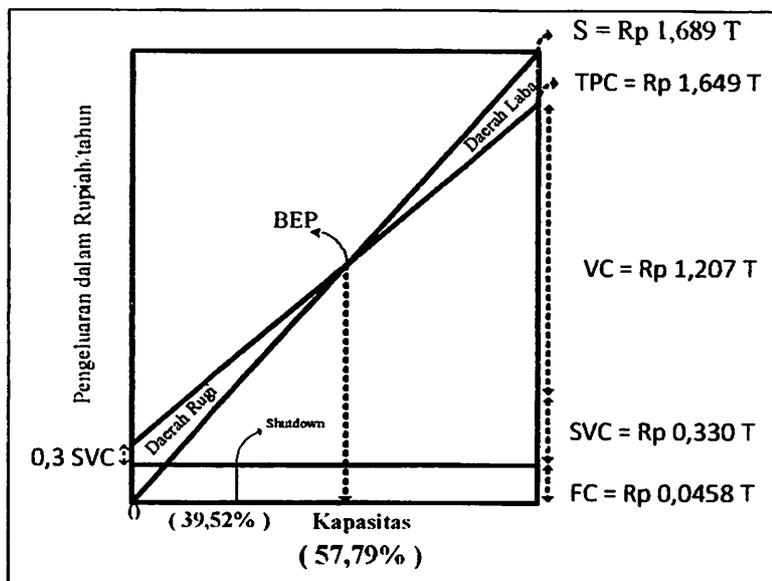
5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned}
 \text{SDP} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \\
 &= 39,52\%
 \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

$$\begin{aligned}
 &= 39,52\% \times \text{Rp } 1,689,600,000,000 \\
 &= \text{Rp } 667,673,488,661
 \end{aligned}$$



Gambar 11.2. Grafik Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

dengan nilai investasi sekarang.

Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun,

(tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%) :

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\
 &= 40\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \times 1,21 \\
 &= \text{Rp } 102,651,163,120
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1 \\
 &= 60\% \times \text{Rp } 212,089,180,000 \times 1,1000 \\
 &= \text{Rp } 139,978,858,800
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= -C_{A-1} - C_{A-2} \\
 &= -Rp139,978,858,800 - Rp 102,651,163,120 \\
 &= -Rp 242,630,021,920
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Dimana :

- F_d = Faktor diskon
- C_A = cash flow setelah pajak
- i = tingkat bunga bank
- n = tahun ke-n

Tahun ke -	Cash Flow (C_A) (Rp)	Fd $i = 10\%$	NPV (Rp)
0	-68,185,588,634	1,0	-242,630,021,920
1	5,964,464,098	0,91	19,285,648,323
2	5,983,492,264	0,83	17,572,096,538
3	15,421,462,515	0,75	33,870,751,105
4	15,421,462,515	0,68	30,791,591,914
5	15,421,462,515	0,62	27,992,356,285
6	15,421,462,515	0,56	25,447,596,623
7	15,421,462,515	0,51	23,134,178,748
8	15,421,462,515	0,47	21,031,071,589
9	15,421,462,515	0,42	19,119,155,990
10	15,421,462,515	0,39	17,381,050,900
WCI			31,813,377,000
Total			24,808,853,097

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan



7. IRR (Internal Rate Of Return)

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) i = 0,15	NPV ₂ (Rp) i = 0,18
0	-242,630,021,920	-242,630,021,920	-242,630,021,920
1	21,214,213,156	18,447,141,875	17,978,146,742
2	21,262,236,811	16,077,305,717	15,270,207,419
3	45,081,969,721	29,642,126,882	27,438,278,573
4	45,081,969,721	25,775,762,506	23,252,778,452
5	45,081,969,721	22,413,706,527	19,705,744,451
6	45,081,969,721	19,490,179,589	16,699,783,433
7	45,081,969,721	16,947,982,251	14,152,358,842
8	45,081,969,721	14,737,375,870	11,993,524,442
9	45,081,969,721	12,815,109,452	10,164,003,764
10	45,081,969,721	11,143,573,437	8,613,562,512
WCI		31,813,377,000	31,813,377,000
Total		-23,326,380,815	-45,548,256,289

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dimana :

i_1 = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

i_2 = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

Sehingga,

$$IRR = 18\% + \frac{-45,548,256,289}{-45,548,256,289 - (-23,326,380,815)} \times \{0,18 - 0,15\}$$

$$= 24,15\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai IRR 24,15%

per tahun

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (13,5%), maka Pabrik Vinil asetat ini layak didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat ini diharapkan akan mencapai hasil produksi yang sesuai dengan tujuan, sehingga dari hasil produksi tersebut akan dapat memenuhi konsumsi dalam negeri dan diharapkan dapat menembus pasaran dunia sehingga dapat menambah devisa negara dari nilai eksportnya.

Dari hasil analisa, Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat ini cukup menguntungkan. Kesimpulan ini dapat diambil dengan memperhatikan beberapa aspek sbb :

12.1. Aspek Teknis

Bila ditinjau dari segi teknis, proses pembuatan Vinil Asetat ini adalah baik. Disamping prosesnya tidak begitu rumit, juga mempunyai kadar produk dan kemurnian yang tinggi dan impuritis yang rendah.

12.2. Aspek Sosial

Pendirian Pabrik Vinil Asetat ini dinilai sangat menguntungkan, karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja
- Meningkatkan pendapatan per kapita daerah sekitar lokasi pabrik

12.3. Segi Lokasi Pabrik

- Dekat dengan bahan baku
- Dekat dengan daerah pemasaran
- Persediaan air memadai
- Tenaga kerja yang cukup dan murah

- Tersedianya sarana transportasi yang memadai, baik untuk pengangkutan bahan baku maupun produk Vinil Asetat

12.4. Segi Pemasaran

- Penggunaan Vinil Asetat merupakan pilhan utama sebagai bahan baku industri-industri lain, karena pemakaiannya tidak memerlukan perawatan khusus.
- Pendirian pabrik ini juga ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan negara Indonesia baru yang didukung oleh sektor perindustrian yang kuat

12.5. Segi Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk melihat layak tidaknya suatu pabrik untuk didirikan, baik untuk rencana jangka pendek maupun rencana jangka panjang. Setelah dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Vinil Asetat, maka didapatkan data-data sbb :

- Internal Rate of Return (IRR) = 24,15%
- Pay Out Time (POT) = 4,7 tahun
- Return of Invesment (ROI) = 11,26 %
- Break Event Point (BEP) = 57,79 %

Dari data-data diatas, dengan cara membandingkan dengan bunga bank saat ini untuk kredit usaha sebesar 13,5% per tahun, maka Pabrik Vinil Asetat layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2014. *Data: Ekspor-Impor Menurut Komoditi 2009-2013*, diakses tanggal 24 Maret 2014.
- Brownell E. Lloyd, “*Process Equipment Design*”, John Willey and Sons Inc, New Delhi, India, 1959.
- Coulson and Richardson, 1994. “*Chemical Engineering*”, 4thed, Pergamon Press, Oxford.
- Faith, Keyes, Clarks. 1995. *Industri Chemicals*, 4th. New York.
- Geankoplis, C.J, 1983. “*Transport Process and Unit Operation*”, 3rded, Allyn and Bacon Inc, Boston.
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., “*Process Equipment Design*”, D. Van Nostrand Co, New Jersey, 1981.
- J.M Smith and Van Ness, 1965. “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 4thed, International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.
- Jobson, S. Dan Watson, D.J. 2000. *Integrated Process For The Production Of Vinyl Acetate And/Or Acetic Acid*. United States Patent Application Publication.No US: 2000/006040474A. United States.
- Kern, D.Q, 1956 “*Process Heat Transfer*”, International Student Edition, Mc.Graw Hill Book Company, Singapore.
- Ludwig E.E, 1979. *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*, vol 2,3rdedition, Gulf Publishing. United States.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 9, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 12, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 23, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 25, 5thedition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Perry, Robert H, 1997. “*Perry’s chemical Engineering Handbook*”, 7th ed, Mc Graw Hill Company, United States of America.

Peter and Timmerhause, 1991. "*Plant Design and Economic for Chemical Engineer*",
4thed, Mc. Graw Hill Company, Singapore.

Ulrich, Gael. D. 1984. "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economic*", University of New Hampshire, John Willey and Son Inc, New York.