

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**ASAM KLOOROASETAT DARI ASAM ASETAT DAN KLOOR  
DENGAN PROSES KLOORINASI  
KAPASITAS PRODUKSI 12.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR KLOORINASI**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :**

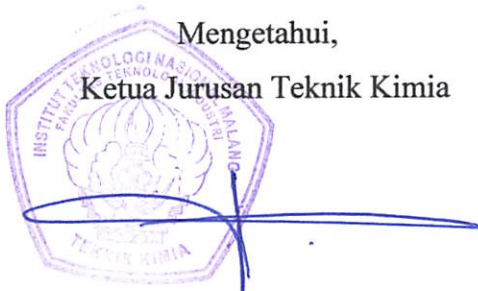
**PRISKA ROSTINE**

**11.14.020**

Malang, Agustus 2015

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Jimmy, ST. MT.  
NIP Y 1039900330

Mengetahui,

**Dosen Pembimbing**



Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT  
NIP. 195808021991032001

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : PRISKA ROSTINE  
NIM : 1114020  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK ASAM Kloroasetat  
DARI ASAM ASETAT DAN Klor DENGAN PROSES  
Klorinasi Kapasitas 12.000 TON/TAHUN  
Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :  
Hari : Jumat  
Tanggal : 14 Agustus 2015  
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT  
NIP. Y. 1039900330

Sekretaris,



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

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Jimmy, ST, MT  
NIP. Y. 1039900330

Penguji Kedua,



Faidliyah Nilna Nina, ST, MT  
NIP. Y. 1030400392

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : PRISKA ROSTINE  
NIM : 1114020  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

### PRA RENCANA PABRIK

### ASAM KLOOROASETAT DARI ASAM ASETAT DAN KLOOR DENGAN PROSES KLOORINASI KAPASITAS PRODUKSI 12.000 TON/TAHUN

### PERANCANGAN ALAT UTAMA REAKTOR KLOORINASI

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

Malang, Agustus 2015

Yang membuat pernyataan,



PRISKA ROSTINE  
NIM. 1114020

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : PRISKA ROSTINE  
NIM : 11114020  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia (S-1)

Mengatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**PERENCANAAN FABRIK**

**ASAM KLOROASetat DARI ASAM ASetat DAN Klor DINGGAJ  
PROSES KLOINASI  
KAPASITAS PRODUKSI 1500 TON/TAHUN**

**PERENCANAAN ALAT UJARA  
REAKTOR KLOINASI**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri bukan menyalah atau dijiplak serta tidak menjiplak  
saya menyalah sebagian atau seluruhnya dan karya orang lain yang tidak dibenarkan dari  
sumber lainnya.

Melalui Agustus 2012  
Yang menanda tangan

PRISKA ROSTINE  
NIM. 1114020

## **KATA PENGANTAR**

Dengan penuh ucapan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang karena penyertaan, pertolongan, dan hikmat yang diberikan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dari Asam Asetat dan Klor dengan Proses Klorinasi Kapasitas Produksi 12.000 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, MT 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 Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, 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 terselesainya skripsi ini.

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

Malang, Agustus 2015

**Penyusun**

## INTISARI

Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dari Asam Asetat dan Klor dengan Proses Klorinasi ini mengambil lokasi pendirian di Surakarta, Kab. Sragen, Desa Sidokerto, Jawa Tengah, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 12.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan Klor ( $\text{Cl}_2$ )
- Bahan pembantu : *Red Phosphorus (P)*
- Utilitas : Air sungai, Steam, Cooling water, Lisrik, Bahan bakar
- Organisasi Perusahaan:
  - Bentuk : Perseroan Terbatas (PT)
  - Struktur : *Line and staff*
  - Karyawan : 131 orang
- Analisa ekonomi:
  - TCI : Rp 153.791.471.767
  - $\text{ROI}_{\text{AT}}$  : 25 %
  - $\text{POT}_{\text{AT}}$  : 2,86 tahun
  - BEP : 53,22 %
  - IRR : 24,7 %

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dari Asam Asetat dan Klor dengan Proses Klorinasi 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
BAB 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 .....	APP A-1
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS .....	APP B-1
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN .....	APP C-1
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS .....	APP D-1
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI.....	APP E-1

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Harga Bahan Baku dan Produk di Pasaran .....	I-4
Table 1.2. Data Ekspor, Impor, Produksi dan Konsumsi Asam Kloroasetat di Indonesia Tahun 2009 – 2013 .....	I-5
Tabel 2.1. Jenis-jenis Proses Pembuatan Asam Kloroasetat.....	II-3
Tabel 7.1. Daftar Penggunaan Instrumentasi Pra-rancangan Pabrik Asam Kloroasetat dengan Proses Klorinasi .....	VII-4
Tabel 7.2. Alat-alat Keselamatan Kerja pada Pabrik Asam Kloroasetat .....	VII-6
Tabel 9.1. Perincian Luas Area Pabrik.....	IX-3
Tabel 10.1. Jadwal Jam Kerja Karyawan Pabrik .....	X-10
Tabel 10.2. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Asam Kloroasetat .....	X-13
Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan Pabrik Asam Kloroasetat .....	X-14
Tabel 11.1. Cash Flow untuk NPV Selama 10 tahun.....	XI-10
Tabel 11.2. Cash Flow untuk IRR.....	XI-10



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Pabrik .....	I-10
Gambar 2.1. Bagan Produksi MCA dari Trichloroethylene .....	II-1
Gambar 2.2. Diagram Alir Sederhana Proses Klorinasi .....	II-2
Gambar 3.1. Blok Diagram Neraca Massa .....	II-7
Gambar 9.1. Tata Letak Peralatan Proses .....	IX-2
Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik .....	IX-5
Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat .....	X-3
Gambar 11.1. Grafik Break Event Point .....	XI-8

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada masa ini, tidaklah berlebihan jika dikatakan bahwa industri kimia memegang peranan sangat penting di dalam peradaban manusia. Produk-produk industri kimia dibutuhkan dan digunakan di dalam semua bidang kehidupan sehari-hari.

Pabrik kimia sebenarnya adalah sarana mengimplementasikan teknologi proses. Karena sebagai negara berkembang Indonesia belum banyak menguasai teknologi, maka sebagian besar dari pabrik kimia yang telah dan akan ada di tanah air ini dibangun dengan cara membeli lisensi proses yang teknologinya dikuasai oleh bangsa-bangsa maju di luar negeri. Indonesia harus memanfaatkan perkembangan pesat industri kimia di tanah air untuk menguasai dan mengembangkan teknologi proses.

Salah satu industri kimia yang sedang berkembang dengan pesat adalah industri Asam kloroasetat. Dalam industri asam kloroasetat digunakan untuk memproduksi bermacam-macam komponen yang berguna seperti obat-obatan, pewarna, pestisida.

(Soerawidjaja H.T, 1991)

Kebutuhan dunia akan asam kloroasetat sangatlah besar. Sedangkan di Indonesia produksi asam kloroasetat sangatlah kurang bahkan lebih mengandalkan impor dari luar negeri sehingga perlu dibangun pabrik asam kloroasetat sehingga bisa mengurangi impor dan juga dengan harapan agar Indonesia bisa mengekspor asam kloroasetat ke negara lain.

Asam kloroasetat dapat digunakan sebagai CMC (carboxymethyl cellulose) yang sangat banyak digunakan dalam industri, antara lain memproduksi stabilizers untuk vinyl klorida sehingga dapat digunakan pada kosmetik rambut, industri tekstil, bahan plasticizer. Asam kloroasetat juga sangat penting dalam sintesis dari coumarin dan vitamin B<sub>6</sub>.

(Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005)

## 1.2. Sifat Kimia dan Fisika Bahan Baku

### - Bahan Baku Utama

#### a. Asam Asetat

Sifat-sifat fisika dan kimia

- Rumus Molekul	: $\text{CH}_3\text{COOH}$
- Berat Molekul	: 60,06 gr/mol
- Bentuk	: Cairan
- Warna	: Tidak Berwarna
- Densitas	: 1,0495 g/mL
- Titik Leleh	: 16,635 °C
- Titik Didih	: 117,87 °C
- Temperatur kritis	: 592,71 K
- Tekanan Kritis	: 4,53 Mpa
- Viskositas cair, mPa = (cP)	
20 °C	: 11.83
40 °C	: 8.18
- Panas penguapan	: 394,5 J/g
- Panas spesifik (124 °C)	: 5,029 J/(g.K)

(Kirk-Othmer, 1954)

#### b. Klor

Sifat-sifat fisika dan kimia

- Rumus Molekul	: $\text{Cl}_2$
- Berat Molekul	: 70,91 gr/mol
- Bentuk	: Cairan
- Warna	: kuning terang
- Densitas	: 2,48 gram/liter
- Titik Leleh	: -100,98 °C
- Titik Didih (101,3 kPa)	: -33,97 °C
- Densitas kritis	: 573 kg/m <sup>3</sup>
- Tekanan kritis	: 7977 kPa
- Viskositas gas pada 20 °C	: 0.0134
- Viskositas cair pada 20 °C	: 0.346

- Volume kritis : 0,001745 m<sup>3</sup>/kg
- Temperatur kritis : 143,75 °C

(Kirk-Othmer, 1954)

- **Bahan Pembantu**

**a. Fosfor Merah**

Sifat-sifat fisika dan kimia

- Rumus Molekul : P
- Berat Molekul : 30.9738 gr/mol
- Bentuk : padat
- Warna : merah kehitaman
- Densitas : 2.34 gram/liter
- Titik Leleh : 416 °C
- Titik Didih : 416 °C

(Sichuan Mionzu Ronghong Chemical Co.Ltd)

- Ukuran : 1-10 mm

(UMC Corporate Red Phosphorus.htm)

- **Produk Utama**

**a. Asam Kloroasetat**

Sifat-sifat fisika dan kimia

- Rumus molekul : CH<sub>2</sub>ClCOOH
- Berat molekul : 94,5 gram/mol
- Bentuk : kristal
- Warna : Putih
- Kemurnian : 90%
- Titik leleh : 63 °C
- Titik didih : 189,3 °C
- Densitas : 1,58
- Kapasitas panas, Cp
  - Padat, 15-45 °C : 144.02 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>
  - Cair, 70 °C : 180.45 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>
  - Cair, 130 °C : 187.11 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>
- Viskositas
  - 70 °C : 2.16 mPa s

- 100 °C : 1.32 mPa s  
 130 °C : 1.30 mPa s  
 - Panas pembakaran : 715.9 kJ/mol  
 (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005)  
 - Solubility in water : 85,8 g/100 mL (25 °C)  
 (en.wikipedia.org/chloroacetic\_acid)

## - Produk Samping

### a. Asam Klorida

Sifat-sifat fisika dan kimia

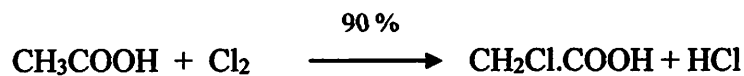
- Bentuk : cairan  
 - Warna : tak berwarna  
 - Titik leleh : -62,25 °C  
 - Titik didih : 108,58 °C  
 - Berat molekul : 36,5 gram/mol  
 - Densitas : 1,18  
 - Rumus molekul : HCl

(Kirk-Othmer,1954)

## 1.3. Analisa Pasar

Pemasaran produk asam kloroasetat untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Apabila sudah terpenuhi kebutuhan di dalam negeri, diharapkan agar dapat di ekspor ke luar negeri.

Reaksi:



Tabel 1.1.Harga Bahan Baku dan Produk di Pasaran

No.	Reaktan	Produk	BM	Harga (US\$)	Harga (US\$/tonmol)
1.	CH <sub>3</sub> COOOH	-	60.05	0.68	40.834
2.	Cl <sub>2</sub>	-	70.91	0.45	31.9095
3.	-	CH <sub>2</sub> ClCOOH	94.5	2.5	236.25
4.	-	HCl	36.5	0.6	21.9

(Alibaba.com)

**Ekonomi Pabrik = EP**

**EP = Produk - Reaktan**

$$\begin{aligned} EP &= [(0.9 \times 236.25) + (0.9 \times 21.9)] - [(1 \times 31.9095) + (1 \times 40.834)] \\ &= \text{US\$ } 159.5915 / \text{tonmol CH}_2\text{ClCOOH} \\ &= \text{Rp. } 2,074,689.5 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam Kloroasetat yang didirikan diperkirakan untung sebanyak US\$ 159.5915 /tonmol pertahun.

**- Menentukan Kapasitas**

Asam kloroasetat adalah salah satu industri kimia yang sangat dibutuhkan di berbagai industri obat-obatan dan pewarna. Sehingga sangat memungkinkan untuk didirikan di Indonesia untuk mendukung industri lainnya.

Kapasitas pabrik Asam Kloroasetat yang diperkirakan berdiri 5 tahun mendatang, yaitu pada tahun 2018. Persamaan yang digunakan untuk menghitung perkiraan ekspor, impor, produksi dan konsumsi dalam negeri adalah sebagai berikut :

Tabel 1.2. Data Ekspor, Impor, Produksi dan Konsumsi Asam Kloroasetat di Indonesia Tahun 2009 – 2013

Tahun	Impor	
	Jumlah (Kg)	Kenaikan (%)
2009	2.693.407	-
2010	3.189.797	18,43
2011	2.633.217	-17,45
2012	4.080.964	54,98
2013	4.246.879	4,07
		12,01

(Sumber: Badan Pusat Statistik 2014)

$$\begin{aligned} F &= P (1 + i)^n \\ &= 4246879 \times (1+0,1201)^5 \\ &= 7.486.243,368 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Ekspor (60 %)

$$\begin{aligned} &= 60\% \times 7486243,368 \text{ kg/tahun} \\ &= 4.491.746,021 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas Total:

$$= 7.486.243,368 \text{ kg/tahun} + 4.491.746,021 \text{ kg/tahun}$$

$$= 11.977.989,39 \text{ kg/tahun}$$

$$= 11977,98 \text{ ton/tahun}$$

$$= 12.000 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, kapasitas pabrik asam kloroasetat yang akan dibangun di Indonesia sebesar 12.000 ton/tahun, dengan rincian, 60% nya akan diekspor.

#### **1.4. Pemilihan Lokasi**

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 mempengaruhi dalam pemilihan ,yaitu:

##### **1. Faktor Utama**

###### **a. Penyediaan Bahan Baku**

Bahan baku merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dalam operasional pabrik, sehingga pendirian pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat mempermudah dalam proses pengangkutan dan penyimpanan. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya
- Kualitas bahan baku yang ada serta apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya.

###### **b. Pemasaran**

Kebutuhan asam kloroasetat di dalam negeri menunjukkan peningkatan sehingga pemasarannya tidak akan mengalami hambatan dan produk ini juga bisa di ekspor ke luar negeri seperti Cina, Jerman, India. Lokasi pendirian pabrik pun dekat dengan kota-kota industri seperti Jakarta, Bandung, Banten dan beberapa kota lainnya sehingga produk asam kloroasetat itu sendiri dapat dengan mudah

dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Dalam pemasaran beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Dimana produk akan dipasarkan
- 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.

c. Utilitas (bahan bakar, sumber air dan listrik)

Utilitas yang terdiri dari air, listrik dan bahan bakar juga merupakan faktor yang sangat penting karena menyangkut kelncaran proses produksi.

- Air

Air merupakan hal yang sangat penting bagi suatu industri kimia. Air digunakan untuk keperluan proses, pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, serta kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber, yaitu: air sungai, air kawasan dan air PDAM 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 tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air.

Apabila diambil dari sungai, maka air tersebut harus diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas dengan ketentuan. Air PDAM biasanya dipakai untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, air sanitasi sehari-hari dalam jumlah yang terbatas.

- Listrik dan bahan bakar

Listrik dan bahan bakar mempunyai peranan yang sangat penting dalam industri, 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
- Penyediaan 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.

#### d. Keadaan geografis dan masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat sangat mendukung iklim industri dalam menciptakan kenyamanan 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 datang.

## 2. Faktor Khusus

### a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan dengan benar agar kelancaran *supply* bahan baku dan penyaluran produk dapat berjalan lancar dengan biaya dan waktu yang serendah mungkin. Oleh sebab itu beberapa faktor yang ada perlu diperhatikan, antara lain:

- Jalan raya yang dapat dilalui kendaraan besar
- Jalur rel kereta api
- Sungai yang dapat dilayari kapal/perahu
- Adanya pelabuhan dan lapangan udara

### b. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja, baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran operasional pabrik. Tingkat pendidikan masyarakat dan tenaga kerja juga menjadi pendukung

pendirian pabrik ini. 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
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

c. Buangan Pabrik (*waste disposal*)

Buangan pabrik sangat berkaitan dengan masalah polusi, yaitu efek yang ditimbulkan oleh buangan pabrik tersebut. Jenis buangan pabrik bisa berupa bahan tidak berbahaya atau bahan berbahaya bagi kehidupan sekelilingnya. Apabila buangan pabrik (*waste disposal*) termasuk jenis berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka memerlukan penanganan tersendiri yang harus menaati segala peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat. Dengan demikian pada buangan pabrik beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Menetapkan bentuk buangan
- Cara pengolahan
- Memperhatikan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat.

d. Pembuangan Limbah

Pembuangan limbah pabrik 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 waste harus memperhatikan ketentuan pemerintah atau ketentuan pemerintah daerah setempat.

e. *Site* dan karakteristik lokasi

Beberapa hal yang berkaitan dengan *site* dan karakteristik lokasi yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi ini antara lain:

- Jenis tanah tersebut apakah termasuk daerah bebas sawah, rawa, dan bukit dan daerah pedesaan atau perkotaan

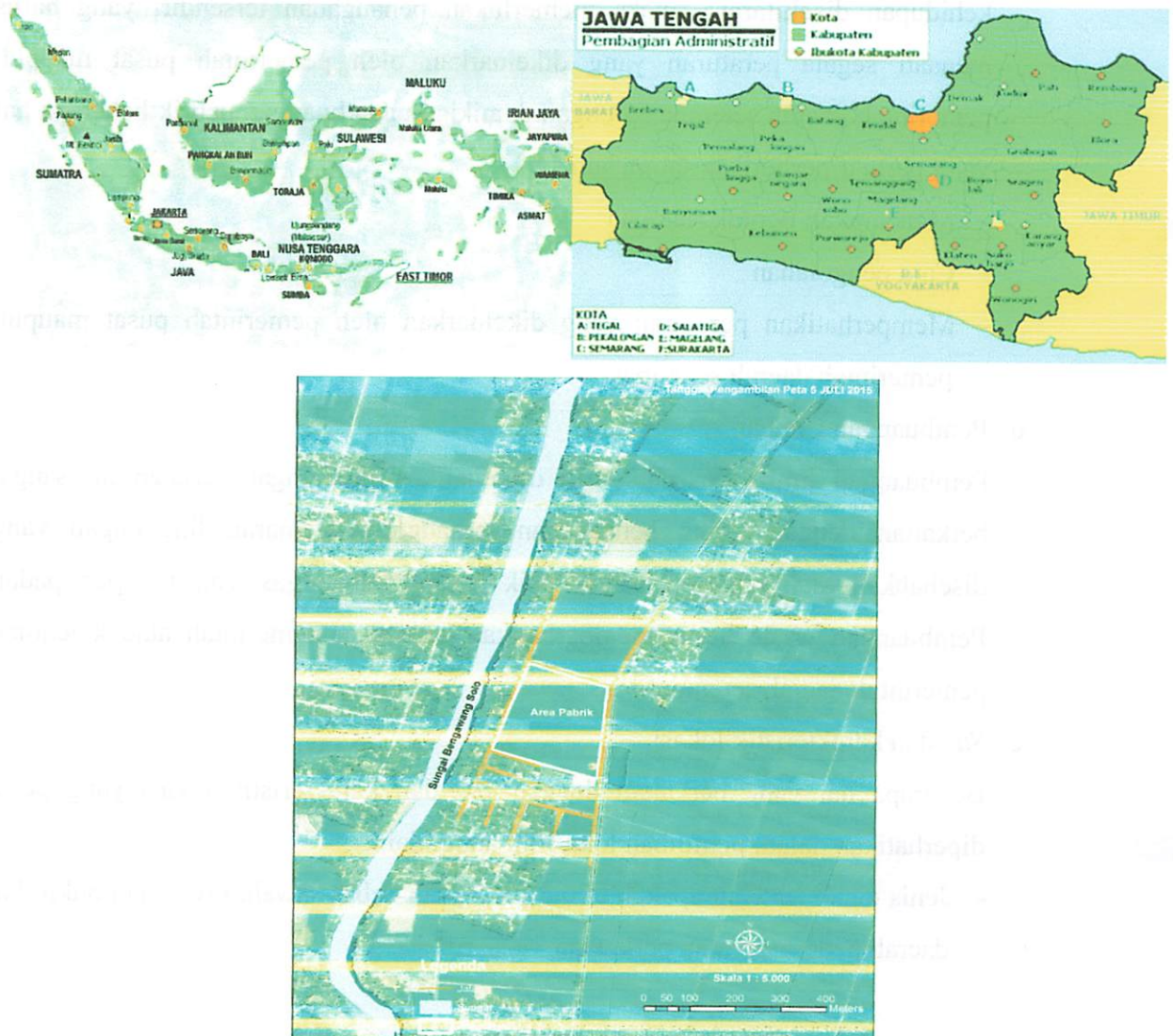
- Harga tanah yang relatif rendah memungkinkan untuk mendapatkan tanah yang luas sehingga untuk perluasan pabrik dan fasilitas pendukung lainnya akan lebih mudah dan memungkinkan.

f. Peraturan Perundang-undangan

Peraturan perundangan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan yang berkaitan dengan:

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalur untuk berdirinya industri di daerah tersebut, dan
- Peraturan perundang-undangan dari pemerintah dan daerah setempat.

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas dipilih lokasi Pabrik Asam Kloroasetat didirikan di Surakarta, Kabupaten Sragen, Desa Sidokerto, Jawa Tengah.



Gambar 1.1. Lokasi pabrik

## BAB II

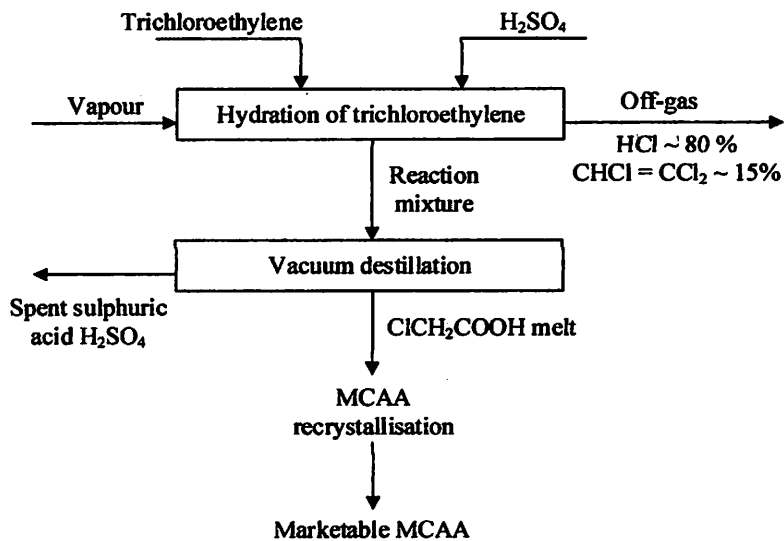
### URAIAN DAN SELEKSI PROSES

#### 2.1. Macam-macam Proses

Asam kloroasetat diproduksi melalui dua (2) jenis proses, yaitu:

1. Proses Hidrolisis
2. Proses Klorinasi.

##### 2.1.1. Proses Hidrolisis

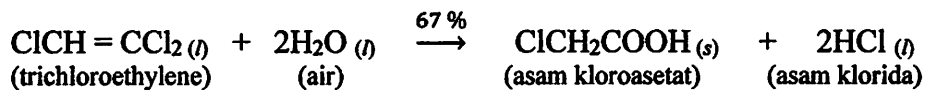


Gambar 2.1. Bagan Produksi MCA dari Trichloroethylene

www.chemicalweekly.com

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah trichloroethylene, air dan asam sulfat sebagai katalis.

Reaksi:



Dengan perbandingan yang sama, trichloroethylene dan 75% asam sulfat direaksikan pada suhu 130-140°C dengan proses kontinyu untuk mendapatkan konversi trichloroethylene yang sempurna. Reaksi ini menghasilkan produk yang mengandung 50% asam kloroasetat dan 1-2% air. Trichloroethylene dan 75% asam sulfat direaksikan dalam destilasi vakum untuk menghasilkan asam kloroasetat murni. Selama proses ini berlangsung, uap yang dihasilkan dicuci dengan air dan kembali menjadi asam sulfat yang berperan sebagai *diluent*. Kemudian gas asam klorida yang dihasilkan, dicuci dengan

trichloroethylene dan kemudian dimurnikan melalui proses pembekuan dan penyerapan dengan air.

Proses ini menghasilkan asam kloroasetat yang sangat murni dan bebas dari di-atau tri-asam kloroasetat. Pada proses pemurniannya, terjadi proses pemisahan dari trichloroethylene, asam sulfat, dan air. Walaupun proses pemurnian asam kloroasetat sudah dilakukan, metode ini tidak dapat digunakan karena tingginya biaya trichloroethylene dan jumlah asam klorida yang diproduksi terlalu banyak.

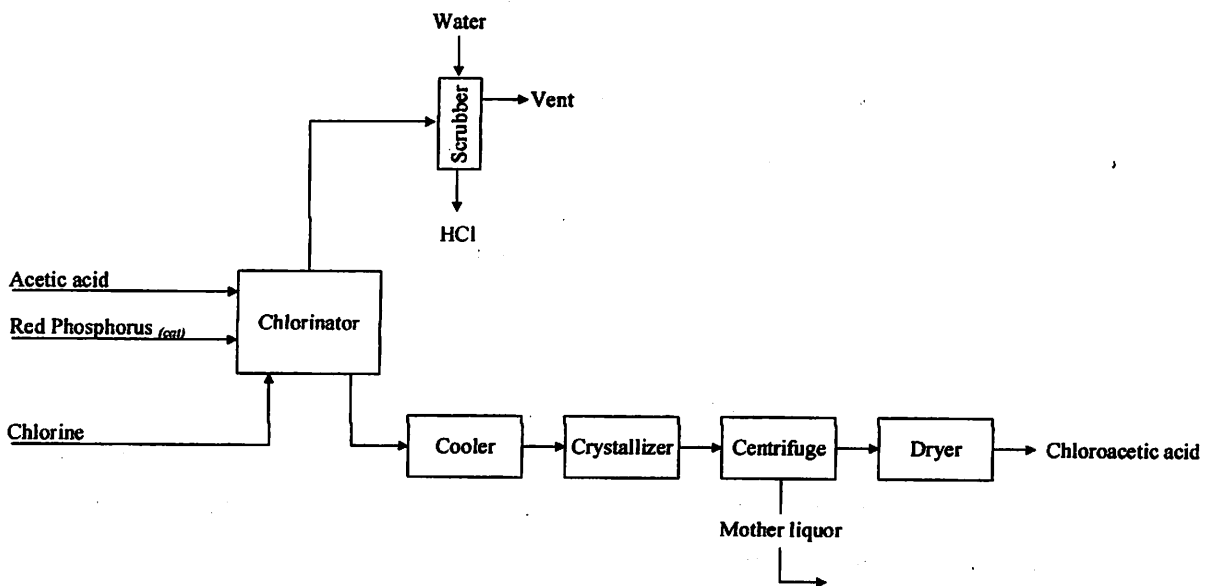
**Kondisi operasi pada proses ini :**

Temperatur (°C) : 130-140

Konversi : 67%

(Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005)

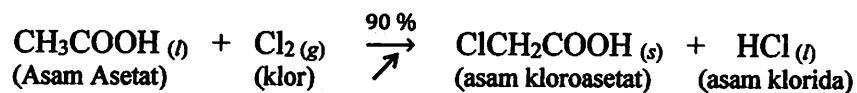
### 2.1.2. Proses Klorinasi



Gambar 2.2. Diagram Alir Sederhana Proses Klorinasi

(keys, 1975)

Reaksi:



(Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005)

Pada proses ini bahan baku yang digunakan, yaitu asam asetat, gas klor dan *red phosphorus* sebagai katalis. Proses ini berlangsung secara kontinyu dan berlangsung selama 8 jam di dalam *chlorinator* (reaktor). Selama proses *chlorination* berlangsung, gas HCl yang terbentuk akan ke atas menuju *scrubber*. Setelah 8 jam, produk akan

dimasukkan ke dalam *crystallizer* untuk dikristalkan. Kemudian produk akan diteruskan ke *centrifuge* untuk dipisahkan dari *mother liquornya* yang sebagian besar berupa asam asetat dan juga asam kloroasetat yang tidak bereaksi. Selanjutnya produk akan dilelehkan dan akan dibentuk menjadi *flake*.

### Kondisi operasi pada proses ini :

Temperatur (°C) : 95-105

(keyes, 1975)

Konversi : 90%

## 2.2. Seleksi Proses

Perbandingan antara dua jenis proses untuk menghasilkan asam kloroasetat terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1. Jenis-jenis Proses Pembuatan Asam Kloroasetat

No.	Parameter	Proses	
		Hidrolisis	Klorinasi
1.	Bahan Baku	Trichloroethylene	Asam asetat dan gas klor
2.	Alat yang Digunakan	Destilator	Klorinator
2.	Aspek Teknis - Temperature (°C) - Katalis - Konversi (%)	130-140 Asam sulfat 67	95-105 <i>Red phosphorus</i> 90
3.	Aspek Ekonomi	Bahan baku mahal	Bahan baku sedang

Berdasarkan perbandingan-perbandingan yang tertera di atas, maka dipilih proses klorinasi dengan menggunakan katalis *red phosphorus* karena suhu operasi yang digunakan tidak terlalu tinggi dan konversi yang dihasilkan cukup tinggi serta biaya produksi yang lebih rendah.

## 2.3. Uraian Proses Terpilih

Adapun proses pembuatan asam kloroasetat dengan proses klorinasi dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu:

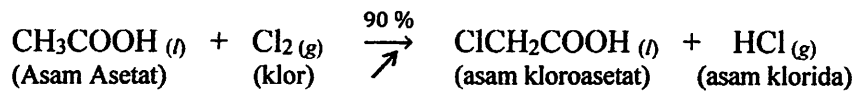
### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Asam asetat yang disimpan dalam tangki penyimpanan (F-111) dan gas klor yang berada pada tangki penampungan (F-114) dialirkan ke reaktor (R-110).

### 2. Tahap Reaksi

Bahan baku yang berupa asam asetat dan gas klor direaksikan dalam reaktor berpengaduk (R-110). Reaksi ini berjalan pada suhu 100°C dengan tekanan 1 atm dengan menggunakan katalis *red phosphorus*. Reaksi yang terjadi bersifat endotermis dengan

konversi 90%. Waktu yang diperlukan dalam reaksi ini adalah 8 jam, untuk membentuk asam kloroasetat, dengan persamaan reaksi :



Produk yang dihasilkan dari reaktor, yaitu produk atas mengandung asam klorida, sedangkan produk bawah mengandung asam kloroasetat.

#### a. Produk Atas

Produk atas yang keluar dari reaktor (R-110) berupa gas kemudian dialirkan ke *scrubber* (D-120) untuk dilarutkan dengan menggunakan air dari *water process* dan akan menghasilkan produk yang berfase liquid, yaitu asam klorida. Produk yang sudah terbentuk dialirkan ke dalam tangki penampung HCl (F-121) sebagai produk samping dari proses ini.

#### b. Produk Bawah

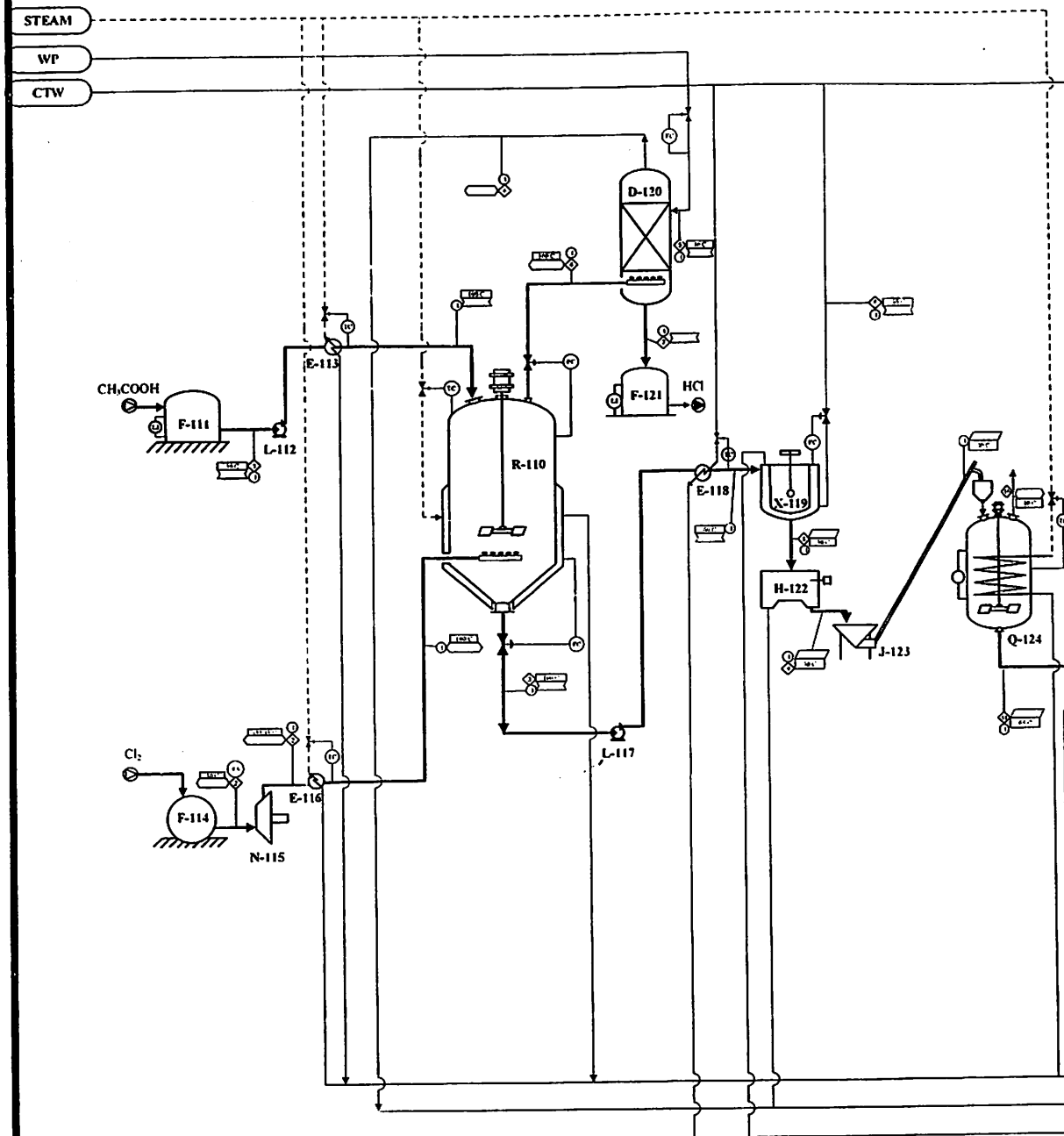
Produk bawah yang dihasilkan dari reaktor (R-110) yang berupa liquid, dan akan diumpankan ke *cooler* (E-117) untuk didinginkan sampai suhunya 60 °C, yang kemudian akan diteruskan ke *crystallizer* (X-118).

### 3. Tahap Pemurnian dan Pemisahan

Pada tahap ini, proses pemurnian menggunakan metode kristalisasi tanpa menggunakan *solvent*. Setelah didinginkan, liquid akan dimasukkan ke dalam *crystallizer* (X-118) untuk dikristalkan pada suhu 60°C. Produk yang terbentuk dari *crystallizer* (X-118) kemudian dimasukkan ke *centrifuge* (H-120) untuk memisahkan produk yang berupa kristal dari filtratnya (*mother liquor*). Kemudian produk akan diteruskan ke *melter* (Q-123) untuk dilelehkan dengan suhu 65 °C dengan menggunakan *steam*. Setelah produk sudah meleleh, produk akan dimasukkan ke *drum flaker* (C-124) dengan suhu operasi 30 °C untuk membentuk produk menjadi *flake* dengan diameter *flake* 6 mm.

### 4. Tahap Penanganan Produk

Pada tahap ini, produk utama berupa *flake* (padat), yaitu asam kloroasetat dengan kemurnian 99,6%. *Flake* kemudian dimasukkan ke bin produk (F-125) dan dikemas dengan menggunakan *big bags* kemasan 25 kg terlebih dahulu dengan dengan mesin pengemas (P-126) sebelum dipasarkan, lalu disimpan dalam gudang produk (F-127).



KOMPONEN	BM	NOMOR ALIRAN									
		MASS FLOW (kg/hour)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	WT	
CH <sub>3</sub> COOH <sub>kristal</sub>	94,498								1579,115	78,9557	
CH <sub>3</sub> CKOOH	94,498			1754,572	41,0265		22,5757		175,4572	166,6843	
CH <sub>3</sub> COOH	60,052	1338,7		124,4082	36,6556		20,1924		124,4082	118,1878	
H <sub>2</sub> O	18,015	4,0161		0,1891	9,2384	2330,871	460,7167	152,2781	0,1891		
HCl	36,461			8,13	837,715		120,7569	2507,264	8,13	8,13	
Cl <sub>2</sub>	70,906		1541,37	3,4033	68,7417		37,8027	2,6622	3,4033	3,4033	
Total		1342,71	1541,37	1890,702	993,377	2330,871	662,044	2662,204	1890,702	375,3611	



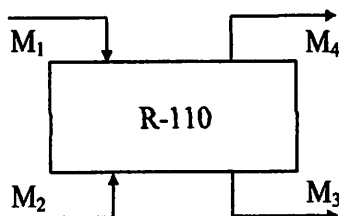
### BAB III

### NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pada Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dengan kapasitas 12.000 ton/tahun sebagai berikut :

Pabrik : Asam Kloroasetat  
 Kapasitas Produksi : 12.000 ton/tahun  
 Waktu Operasi : 330 hari/tahun  
 : 24 jam/hari  
 Basis Operasi : 1343 kg/jam  $\text{CH}_3\text{COOH}$

#### 1. Reaktor (R-110)



Keterangan:

$M_1$  : Aliran asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) masuk reaktor

$M_2$  : Aliran gas Klorin ( $\text{Cl}_2$ ) masuk reaktor

$M_3$  : Aliran produk liquid keluar reaktor

$M_4$  : Aliran produk gas keluar reaktor

##### a. Aliran komponen masuk reaktor

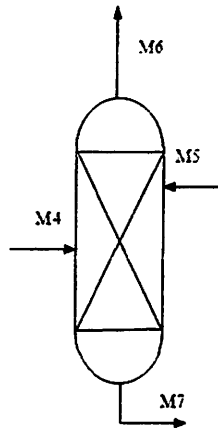
Komponen	BM	$M_1$	$M_2$	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
$\text{CH}_3\text{COOH}$	60,0524	1338,6980		1338,6980
$\text{Cl}_2$	70,906		1541,365	1541,3654
$\text{H}_2\text{O}$	18,0152	4,0161		4,0161
<b>Jumlah</b>		1342,7141	1541,365	2884,0795

## b. Aliran komponen keluar reaktor

Komponen	BM	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	1754,5716	41,0265	1795,5981
HCl	36,4609	8,1300	837,7151	845,8451
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,1891	9,2384	9,4275
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	124,4082	36,6556	161,0638
Cl <sub>2</sub>	70,9060	3,4033	68,7417	72,1450
<b>Jumlah</b>		1890,7022	993,3773	2884,0795

## 2. Scrubber (D-120)

Fungsi : Untuk menghasilkan HCl liquid



Keterangan:

M<sub>4</sub>: Aliran dari reaktor menuju scrubber

M<sub>5</sub>: Aliran H<sub>2</sub>O yang masuk ke scrubber

M<sub>6</sub>: Aliran yang menguap dari scrubber menuju udara

M<sub>7</sub>: Aliran keluar dari scrubber menuju tangki penampung HCl

## a. Aliran komponen masuk Scrubber

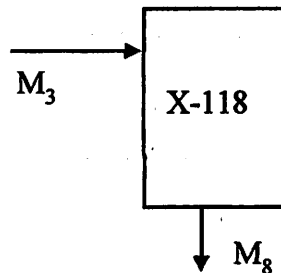
Komponen	BM	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	41,0265		41,0265
HCl	36,4609	837,7151		837,7151
H <sub>2</sub> O	18,0152	9,2384	2330,8711	2340,1096
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	36,6556		36,6556
Cl <sub>2</sub>	70,906	68,7417		68,7417
<b>Jumlah</b>		993,3773	2330,8711	3324,2485

## b. Aliran komponen keluar Scrubber

Komponen	BM	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,498	22,5757		22,5757
HCl	36,461	120,7569	2507,2637	2628,0206
H <sub>2</sub> O	18,015	460,7167	152,2781	612,9948
CH <sub>3</sub> COOH	60,052	20,1924		20,1924
Cl <sub>2</sub>	70,906	37,8027	2,6622	40,4649
<b>Jumlah</b>		662,0445	2662,2040	3324,2485

## 3. Crystallizer (X-118)

Fungsi : Untuk mengkristalisasikan produk asam kloroasetat



Keterangan:

M<sub>3</sub> : Aliran yang masuk ke dalam crystallizer

M<sub>8</sub> : Aliran yang keluar dari crystallizer

## a. Aliran komponen dari Reaktor menuju Crystallizer

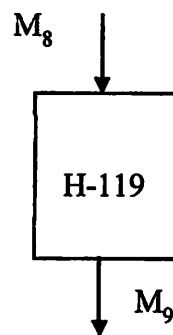
Komponen	BM	M <sub>3</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	1754,5716	1754,5716
HCl	36,4609	8,1300	8,1300
H <sub>2</sub> O	60,0524	0,1891	0,1891
CH <sub>3</sub> COOH	18,0152	124,4082	124,4082
Cl <sub>2</sub>	70,9060	3,4033	3,4033
<b>Jumlah</b>		1890,7022	1890,7022

## b. Aliran komponen keluar Crystallizer

Komponen	BM	$M_8$	Jumlah
		kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH kristal	94,4975	1579,1145	1579,1145
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	175,4572	175,4572
HCl	36,4609	8,1300	8,1300
H <sub>2</sub> O	60,0524	0,1891	0,1891
CH <sub>3</sub> COOH	18,0152	124,4082	124,4082
Cl <sub>2</sub>	70,9060	3,4033	3,4033
<b>Jumlah</b>		1890,7022	1890,7022

## 4. Centrifuge (H-119)

Fungsi : Untuk memisahkan produk asam kloroasetat (kristal) dari *mother liquornya*



Keterangan :

$M_8$  : Aliran yang masuk dari Crystallizer ke Centrifuge

$M_9$  : Aliran yang keluar dari centrifuge menuju melter

## a. Aliran komponen yang dari Crystallizer menuju Centrifuge

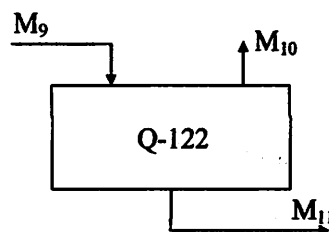
Komponen	BM	$M_8$	Jumlah
		kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH kristal	94,4975	1579,1145	1579,1145
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	175,4572	175,4572
HCl	36,4609	8,1300	8,13002
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	124,4082	124,40820
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,1891	0,18907
Cl <sub>2</sub>	70,9060	3,4033	3,40326
<b>Jumlah</b>		1890,7022	1890,7022

b. Aliran komponen yang keluar dari Centrifuge menuju melter

Komponen	BM	WT	M <sub>9</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH kristal	94,4975	78,9557	1500,1587	1579,1145
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	166,6843	8,7729	175,4572
HCl	36,4609	8,1300		8,1300
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	118,1878	6,2204	124,4082
H <sub>2</sub> O	18,0152		0,1891	0,1891
Cl <sub>2</sub>	70,9060	3,4033		3,4033
<b>Jumlah</b>		<b>375,3611</b>	<b>1515,3411</b>	<b>1890,7022</b>

### 5. Melter (Q-123)

Fungsi : Untuk melelehkan produk asam kloroasetat sebelum masuk ke *drum flaker*



Keterangan :

M<sub>9</sub> : aliran komponen dari centrifuge

M<sub>10</sub> : aliran air keluar

M<sub>11</sub> : aliran komponen produk yang sudah dilelehkan menuju drum flaker

a. Aliran komponen masuk melter

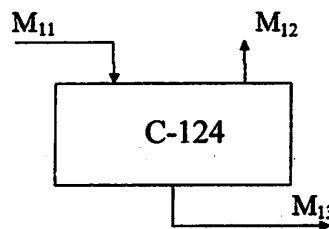
Komponen	BM	M <sub>9</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH kristal	94,4975	1500,1587	1500,1587
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	8,7729	8,7729
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	6,2204	6,2204
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,1891	0,1891
<b>Jumlah</b>		<b>1515,3411</b>	<b>1515,3411</b>

## b. Aliran Komponen Keluar Melter

Komponen	BM	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975		1508,9316	1508,9316
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524		6,2204	6,2204
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,1513	0,0378	0,1891
<b>Jumlah</b>		0,1513	1515,1898	1515,3411

## 6. Drum flaker (C-124)

Fungsi : Untuk membentuk produk asam kloroasetat menjadi flake



Keterangan:

M<sub>11</sub> : Aliran bahan masuk drum flaker dari melter

M<sub>12</sub> : Aliran air keluar drum flaker

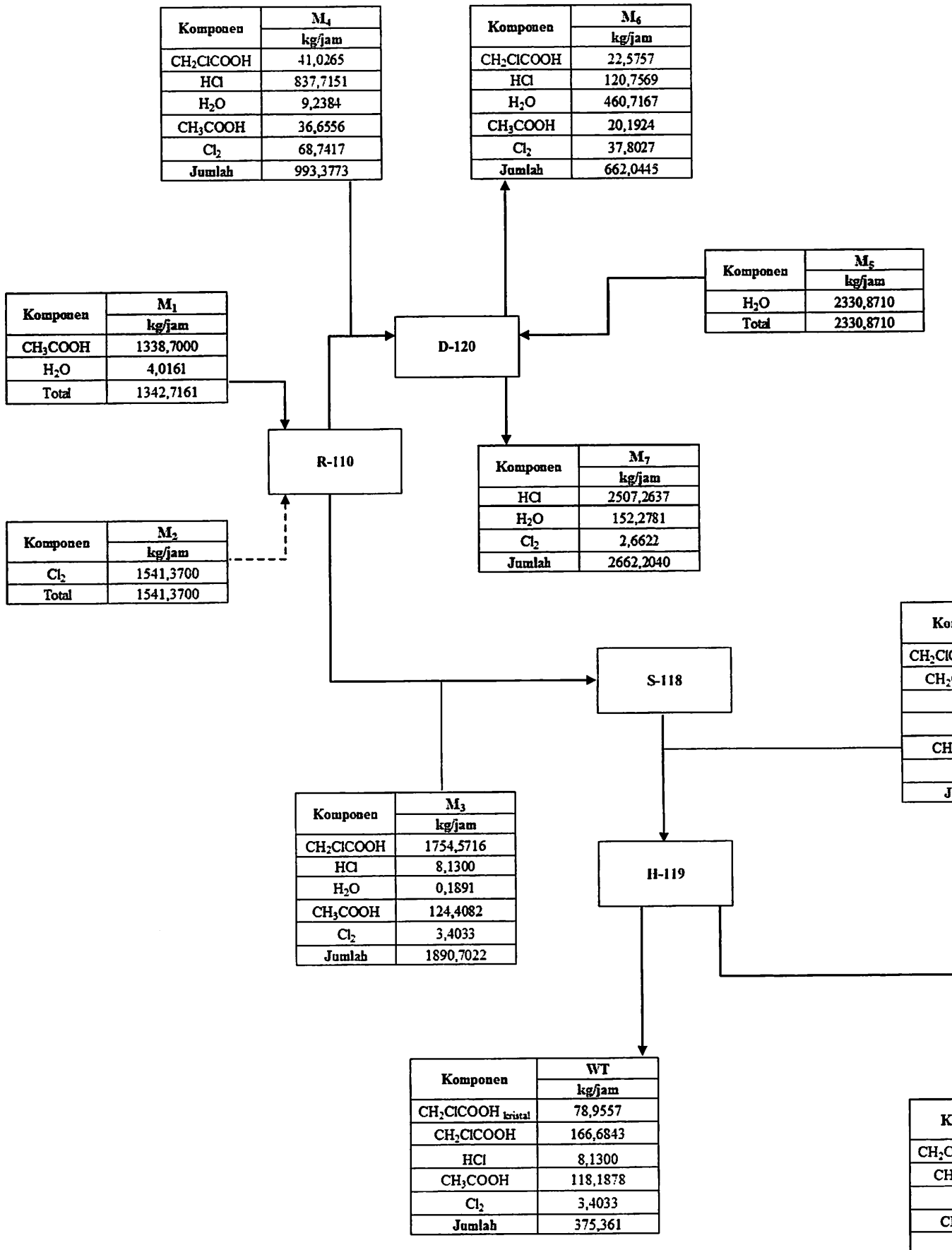
M<sub>13</sub> : Aliran produk keluar drum flaker menuju bin produk

## a. Aliran komponen masuk drum flaker:

Komponen	BM	M <sub>11</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975	1508,9316	1508,9316
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524	6,2204	6,2204
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,0378	0,0378
<b>Jumlah</b>		1515,1898	1515,1898

## b. Aliran komponen keluar drum flaker

Komponen	BM	M <sub>12</sub>	M <sub>13</sub>	Jumlah
		kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH <sub>2</sub> ClCOOH	94,4975		1508,9316	1508,9316
CH <sub>3</sub> COOH	60,0524		6,2204	6,2204
H <sub>2</sub> O	18,0152	0,0303	0,0076	0,0378
<b>Jumlah</b>		0,0303	1515,1596	1515,1898



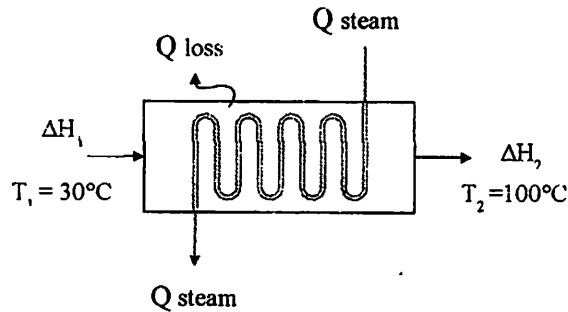
Gambar :

## BAB IV

### NERACA PANAS

Kapasitas produksi Asam Kloroasetat	= 12.000 ton/tahun
Jumlah hari kerja	= 1 tahun = 330 hari
Jumlah waktu kerja perhari	= 1 hari = 24 jam
Kapasitas produksi Ftalat Anhidrida	= 1515,1515 kg/jam
Suhu lingkungan	= 25 °C = 298,15 K
Satuan	= Kcal/jam

#### 1. HEATER (E-113)



Persamaan neraca panas:

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

Dimana:	$\Delta H_1$	=	panas yang diberikan bahan masuk (kcal/jam)
	$\Delta H_2$	=	panas yang diberikan bahan keluar (kcal/jam)
	$Q_{\text{steam}}$	=	panas yang dibawah oleh steam (kcal)
	$Q_{\text{loss}}$	=	panas yang hilang (kcal)

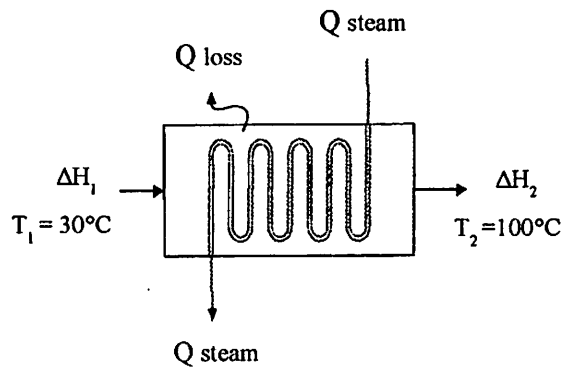
Suhu bahan masuk ( $T_1$ ) = 30 °C = 303.15 K

Suhu bahan keluar ( $T_2$ ) = 100 °C = 373.15 K

Neraca Panas Heater (E-113)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi, kcal/jam	Komponen	Energi, kcal/jam
$\Delta H_1$	1352.4844	$\Delta H_2$	21632.6373
$Q_{\text{steam}}$	20712.8056	$Q_{\text{loss}}$	432.6527
<b>Total</b>	<b>22065.2900</b>	<b>Total</b>	<b>22065.2900</b>



**2. HEATER (E-115)**



Dimana:

$\Delta H_1$  = panas yang diberikan bahan masuk (kkal/jam)

$\Delta H_2$  = panas yang diberikan bahan keluar (kkal/jam)

$Q_{\text{steam}}$  = panas yang dibawah oleh steam (kkal)

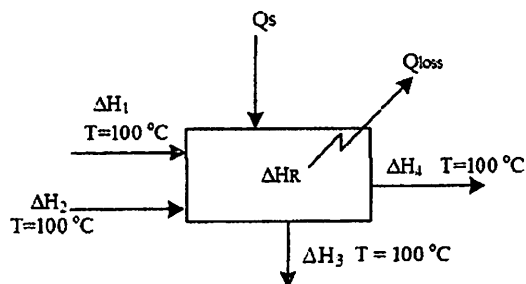
$Q_{\text{loss}}$  = panas yang hilang (kkal)

Suhu bahan masuk ( $T_1$ ) = 30 °C = 303.15 K

Suhu bahan keluar ( $T_2$ ) = 100 °C = 373.15 K

Neraca Panas Heater (E-115)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi, kkal/jam	Komponen	Energi, kkal/jam
$\Delta H_1$	828.2413	$\Delta H_2$	12595.8964
$Q_{\text{steam}}$	12019.5731	$Q_{\text{loss}}$	251.9179
Total	12847.8144	Total	12847.8144

**3. REAKTOR (R-110)**



Neraca panas total

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

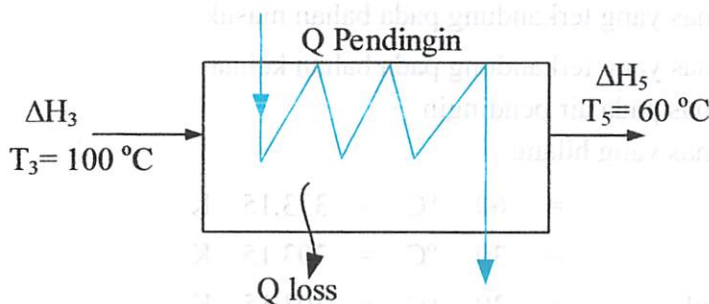
Dimana:

$\Delta H_1$  = panas bahan ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) yang masuk ke dalam reaktor (kkal/jam)

$\Delta H_2$	=	panas bahan ( $Cl_2$ ) yang masuk ke dalam reaktor (kkal/jam)
$\Delta H_R$	=	panas reaksi yang terjadi di dalam reaktor (kkal/jam)
$Q_s$	=	panas steam yang masuk ke dalam reaktor (kkal/jam)
$Q_{loss}$	=	panas yang hilang (kkal/jam)
$\Delta H_3$	=	panas yang terkandung dalam produk keluar reaktor (kkal/jam)
$\Delta H_4$	=	panas yang terkandung dalam produk keluar reaktor (kkal/jam)
Suhu bahan masuk ( $T_1$ )	=	100 °C = 373.15 K
Suhu bahan keluar ( $T_2$ )	=	100 °C = 373.15 K

Neraca Panas Reaktor R-110			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
$\Delta H_1$	21632.6373	$\Delta H_3$	30322.2920
$\Delta H_2$	12595.8964	$\Delta H_4$	14165.8142
$Q_s$	106523.2071	$Q_{Loss}$	5326.1604
		$\Delta H_{rxn}$	90937.4743
<b>Total</b>	<b>140751.7408</b>	<b>Total</b>	<b>140751.7408</b>

#### 4. COOLER (E-117)



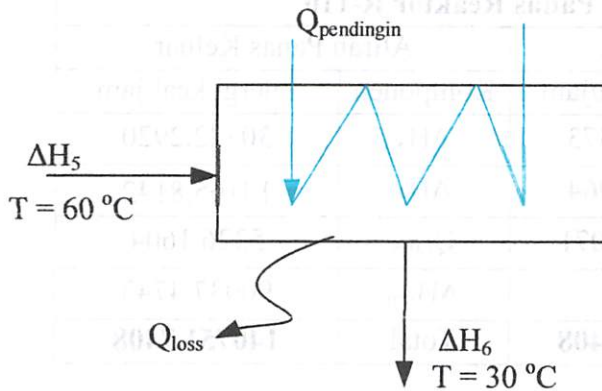
Dimana:

$\Delta H_3$	=	panas yang terkandung pada bahan masuk
$\Delta H_5$	=	panas yang terkandung pada bahan keluar
$Q_{loss}$	=	Panas yang hilang
$Q_{pendingin}$	=	Panas pada air pendingin

Suhu bahan masuk	=	100 °C = 373.15 K
Suhu produk keluar	=	60 °C = 333.15 K
Suhu pendingin masuk	=	30 °C = 303.15 K
Suhu pendingin keluar	=	40 °C = 313.15 K

Neraca Panas Cooler (E-117)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_3$	30261.2210	$\Delta H_5$	13593.9130
		$Q_{PENDINGIN}$	15759.4714
		$Q_{LOSS}$	907.8366
<b>Total</b>	<b>30261.2210</b>	<b>Total</b>	<b>30261.2210</b>

**5. KRISTALIZER (X-118)**



Dimana:

$\Delta H_1$  = panas yang terkandung pada bahan masuk

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung pada bahan keluar

$Q_{pendingin}$  = Panas pada air pendingin

$Q_{loss}$  = Panas yang hilang

Suhu bahan masuk = 60 °C = 333.15 K

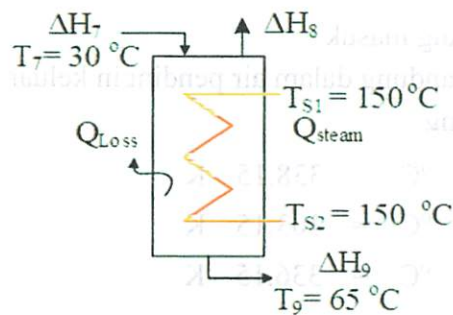
Suhu produk keluar = 30 °C = 303.15 K

Suhu pendingin masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu pendingin keluar = 40 °C = 313.15 K

Neraca Panas Kristalizer (S-118)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_5$	13593.9130	$\Delta H_6$	2369.4131
		$Q_{PENDINGIN}$	10816.6825
		$Q_{LOSS}$	407.8174
<b>Total</b>	<b>13593.9130</b>	<b>Total</b>	<b>13593.9130</b>

## 6. MELTER (Q-123)



Dimana

:

- $\Delta H_7$  : Panas bahan masuk melter  
 $\Delta H_8$  : Aliran air keluar  
 $\Delta H_9$  : Panas bahan keluar melter menuju drum flaker  
 $Q_{Loss}$  : Panas yang hilang  
 $Q_{Steam}$  : Panas yang terkandung pada steam

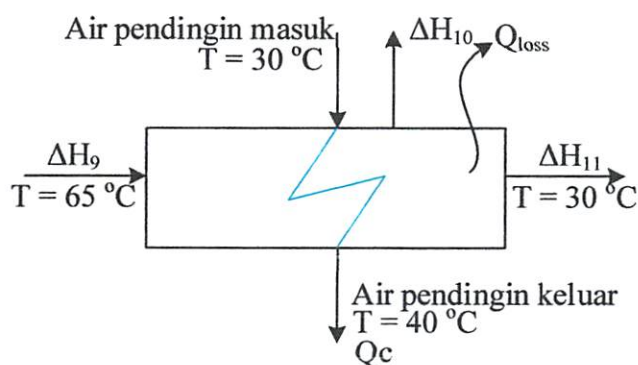
Suhu bahan masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu Peleburan = 63 °C = 336.15 K

Suhu produk keluar = 65 °C = 338.15 K

Neraca Panas Melter (Q-123)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_7$	1502.8696	$\Delta H_8$	22.1128
$Q_{Steam}$	11968.9989	$\Delta H_9$	13057.3712
		$Q_{Loss}$	392.3845
<b>Total</b>	<b>13471.8685</b>	<b>Total</b>	<b>13471.8685</b>

## 7. DRUM FLAKER (C-124)



IV - 6

Dimana :

- $\Delta H_9$  : Produk yang masuk ke dalam drum flaker
- $\Delta H_{10}$  : air pendingin yang masuk
- $Q_c$  : Panas yang terkandung dalam air pendingin keluar
- $Q_{loss}$  : Panas yang hilang

Suhu bahan masuk = 65 °C = 338.15 K

Suhu produk keluar = 30 °C = 303.15 K

Titik leleh Produk = 63 °C = 336.15 K

<b>Neraca Panas Drum Flaker (C-124)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>
$\Delta H_9$	13,057.3712	$\Delta H_{10}$	0.0675
		$\Delta H_{11}$	1,502.4644
		$Q_{Loss}$	391.7211
		$Q_c$	11,163.1181
<b>Total</b>	<b>13,057.3712</b>	<b>Total</b>	<b>13,057.3712</b>

**BAB V**  
**SPESIFIKASI ALAT**

**5.1. Ringkasan Spesifikasi Keseluruhan Peralatan**

No	Nama alat	Kode	Jenis	Ukuran	Bahan Konstruksi	Jumlah
1.	Reaktor Klorinasi	R-110	Bab VI Perancangan Alat Utama			
2.	Storage Asam Asetat	F-111	<i>Storage</i>	Volume storage = 16869,4 ft <sup>3</sup> Diameter dalam (ID) = 226 in Diameter luar (OD) = 228 in Tebal silinder (ts) = 1 in Tinggi tangki (H) = 377,194 in	Stainless steel SA-240 Grade M type 316	2
3.	Pompa Asam Asetat	L-112	<i>Centrifugal pump</i>	Laju alir = 45,1860 ft <sup>3</sup> /jam Panjang pipa = 25,239 ft ID pipa = 0,0798 ft OD pipa = 0,1096 ft Daya pompa = 1 Hp	Stainless Steel	1
4.	Heater Asam Asetat	E-113	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>	Laju alir = 2960,193 lb/jam Rate steam = 90,41 lb/jam Panjang pipa = 12 ft ID = 0,1723 ft OD = 0,1983 ft	Stainless steel	1
5.	Storage Gas Klorin	F-114	<i>Storage</i>	Volume storage = 7374,451 ft <sup>3</sup> ID = 239,50 in OD = 240 in Ts = 1 1/8 in	Stainless stell SA-240 Grade M type 316	2
6.	Heater Gas Klorin	E-115	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>	Laju alir = 3398,147 lb/jam Rate steam = 52,4650 lb/jam Panjang pipa = 12 ft ID = 0,1723 ft	Stainless steel	1

				OD = 0,1983 ft	
7.	Pompa Produk Liquid	L-116	<i>Centrifugal pump</i>	Laju alir = 45,1860 ft <sup>3</sup> /jam Panjang pipa = 25,175 ft ID pipa = 0,0874 ft OD pipa = 0,1096 ft Daya pompa = 1 Hp	Stainless steel
8.	Cooler	E - 117	<i>Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)</i>	Laju alir = 4168,242 lb/jam Rate air pendingin = 830,9943 lb/jam Panjang pipa = 12 ft ID = 0,1723 ft OD = 0,1983 ft	stainless steel
9.	Crystallizer	X-118	<i>Vertical crystallizer</i>	Volume shell = 205,180 ft <sup>3</sup> ID = 71,50 in OD = 72 in Ts = 1/4 in	Stainless Steel
10.	Centrifuge	H-119	<i>Sedimentation centrifuge</i>	Volume = 129,6495 ft <sup>3</sup> /jam Dimensi (L*W*H) = 1130 x 820 x 690 mm Tinggi = 300 mm Berat = 600 kg ID = 520 mm Kecepatan = 2500 rpm Daya = 3 Kw	Stainless steel
11.	Scrubber	D-120	<b>Bab VI Perancangan Alat Utama</b>		
12.	Tangki Penampung HCl	F-121	tangki	Volume storage = 29977,889 ft <sup>3</sup> Diameter dalam (ID) = 226 in Diameter luar (OD) = 228 in Tebal silinder (ts) = 1 1/8 in Tinggi tangki (H) = 603,1940 in	stainless steel SA 240 Grade M Type 316
13.	Flexible screw conveyor	J-122	<i>Screw conveyor</i>	Kapasitas = 50 - 400 kg Power = 1,1 kw - 11 kw Diameter = 100 - 1250 mm	Carbon : steel

				<p><i>Trough width</i> = 114 mm-960 mm</p> <p><i>Flight width</i> = 100 mm-800 mm</p> <p><i>Inclination angle</i> = 20°</p> <p><i>Length</i> = 1m-20m</p> <p>Kecepatan <i>Flexicon</i> = 1-200 m<sup>3</sup>/h</p>		
14.	Melter	Q-123	<i>Induction Furnace</i>	<p>Volume tangki = 51,955 ft<sup>3</sup></p> <p>Power (W) = 500 kw</p> <p>Berat = 1 ton</p> <p>Melting rate = 1,5 ton/jam</p> <p>Induction coil = ID = 960 mm</p> <p>Tinggi melter = 1600 mm</p>	Steel shell	1
15.	Drum Falker	C-124	<i>flaker</i>	<p>Kapasitas = 1515,190 kg/jam</p> <p>Kecepatan putar = 13 rpm</p> <p>Power motor = 17 Kw</p> <p>Ketebalan flake = 6 mm</p> <p>Suhu umpan masuk = 253,27 °C</p> <p>Suhu produk keluar = 100 °C</p> <p>Diameter drum = 1,5 m</p> <p>Panjang drum = 3 m</p>	Stainless steel	1
16.	Bin Produk	F-125	bin	<p>Volume bin = 100,8268 ft<sup>3</sup></p> <p>ID = 52,719 in</p> <p>OD = 53,094 in</p> <p>Ts = 3/16 in</p> <p>tinggi bin (H) = 102,4338 in</p>	Stainless steel SA 240 grade M type 316	1
17.	Mesin Pengemas	P-126	<i>Packing</i>	<p>Kapasitas mesin = 6680,642 lb/jam</p> <p>Volume mesin = 45,3720 lb/cuft</p>	Stainless steel	1
18.	Gudang Produk	F-127	Gudang	<p>Kapasitas = 358,494 m<sup>3</sup></p> <p>Panjang = 12 m</p> <p>Lebar = 6 m</p> <p>Tinggi = 7 m</p>	Beton	1



## 5.2. Dasar Pertimbangan Pemilihan Alat dan Pemilihan Material

### 1. Reaktor (R-110)

Perancangan Alat Utama oleh Priska Rostine (NIM: 1114020)

### 2. Storage Asam Asetat (F-111)

Fungsi = Untuk menyimpan  $\text{CH}_3\text{COOH}$

Tipe = *storage*

Bahan konstruksi = *Stainless steel SA-240 Grade M type 316*

Allowable stress (f) = 18750

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

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 14 hari = 336 jam

Volume fluida = 90% storage

Suhu operasi = 30 °C

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

### 3. Pompa Asam Asetat (L-112)

Fungsi = Untuk mengalirkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dari storage CH (F-111) menuju heater (E-113)

Type = Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Suhu (T) = 30 °C

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

### 4. Heater Asam Asetat (E-113)

Fungsi = Untuk memanaskan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebelum masuk ke reaktor (R-110)

Type = *Double Pipe Heat Exchanger (DPHE)*

Suhu bahan masuk ( $t_1$ ) = 30 °C = 86 °F

Suhu bahan keluar ( $t_2$ ) = 100 °C = 212 °F

Suhu steam masuk ( $T_1$ ) = 150° C = 302 °F

Suhu steam kondensat ( $T_2$ ) = 150 °C = 95 °F

### 5. Storage Gas Klorin (F-114)

Fungsi = Untuk menyimpan  $\text{Cl}_2$

Tipe = *storage*

Bahan konstruksi = *Stainless steel* SA-240 Grade M type 316

Allowable stress (f) = 18750

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

Faktor korosi (C) = 1/16

Waktu tinggal (q) = 14 hari = 336 jam

Volume fluida = 90% storage

Suhu operasi = -30 °C

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

#### 6. Heater Asam Asetat (E-113)

Fungsi = Untuk memanaskan chlorine sebelum masuk reaktor (R-110)

Type = *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE)

Suhu bahan masuk ( $t_1$ ) = -30 °C = 86 °F

Suhu bahan keluar ( $t_2$ ) = 100 °C = 212 °F

Suhu steam masuk ( $T_1$ ) = 150 °C = 302 °F

Suhu steam kondensat ( $T_2$ ) = 150 °C = 95 °F

#### 7. Pompa Produk Liquid (L-116)

Fungsi = Untuk mengalirkan produk liquid dari reaktor (R-110) menuju cooler (E-117)

Type = Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Suhu (T) = 100 °C

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

#### 8. Cooler (E-117)

Fungsi = Untuk menurunkan suhu produk liquid dari reaktor (R-110) sebelum masuk ke Crystallizer (X-118)

Type = *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE)

Suhu bahan masuk ( $t_5$ ) = 100 °C = 212 °F

Suhu bahan keluar ( $t_6$ ) = 60 °C = 140 °F

Suhu air pendingin masuk ( $T_5$ ) = 30 °C = 86 °F

Suhu air pendingin keluar ( $T_6$ ) = 40 °C = 104 °F

**9. Crystallizer (X-118)**

Fungsi	= Untuk mengkristalkan produk asam kloroasetat
Type	= <i>vertical crystallizer</i>
Bahan konstruksi	= <i>Stainless steel</i>
Suhu (T)	= 60 °C
Tekanan (P)	= 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

**10. Centrifuge (H-119)**

Fungsi	= Untuk memisahkan produk asam kloroasetat (kristal) dari <i>mother liquor</i>
Type	= <i>Sedimentation Centrifuge</i>
Bahan konstruksi	= <i>Stainless steel</i>
Suhu (T)	= 30 °C
Tekanan (P)	= 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

**11. Scrubber (D-120)**

Perancangan Alat Utama oleh Yulita Kenda (NIM: 1114004)

**12. Tangki Penampung HCl (F-121)**

Fungsi	= Untuk menampung produk samping (HCl liquid)
Type	= tangki penampung
Bahan konstruksi	= <i>Stainless steel SA-240 Grade M type 316</i>
Allowable stress (f)	= 18750
Type pengelasan	= Double welded butt join, E = 0,8
Faktor korosi (C)	= 1/16
Waktu tinggal (q)	= 14 hari = 336 jam
Volume fluida	= 90% storage
Suhu operasi	= 30 °C
Tekanan operasi	= 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

**13. Flexible Screw Conveyor (J-122)**

Fungsi	= Untuk mengangkut kristal Asam Kloroasetat menuju melter
Type	= <i>Screw conveyor</i>
Bahan konstruksi	= <i>Carbon steel</i>
Suhu (T)	= 30 °C

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

#### 14. Melter (Q-123)

Fungsi = Untuk melelehkan produk sebelum diubah menjadi flake di drum flaker (E-123)

Type = *Induction Furnace*

Bahan konstruksi = *Steel Shell*

Suhu bahan masuk = 30 °C

Suhu bahan keluar = 65 °C

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

#### 15. Drum Flaker (C-124)

Fungsi = Untuk membentuk produk asam kloroasetat menjadi flake

Type = *flaker*

Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Suhu bahan masuk = 65 °C

Suhu bahan keluar = 30 °C

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

#### 16. Bin Produk (F-125)

Fungsi = Sebagai tempat penampungan produk, sebelum dikemas

Type = bin

Bahan konstruksi = *Stainless steel SA-240 Grade M type 316*

Allowable stress (f) = 18750

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

Faktor korosi (C) = 1/16

Sudut puncak tutup bawah ( $\alpha$ ) = 120°

Waktu tinggal (q) = 2 jam

Volume fluida = 90% storage

Suhu operasi = 30 °C

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

#### 17. Mesin Pengemas (P-126)

Fungsi = Mengemas produk menggunakan *big bags* kemasan 25 kg

Bahan konstruksi = *Stainless steel*

Suhu (T) = 30 °C

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

#### 18. Gudang Produk (F-127)

Fungsi = Sebagai gudang untuk menyimpan produk asam kloroasetat yang sudah dikemas

Type = gudang

Bahan konstruksi = beton

Waktu tinggal (q) = 14 hari = 336 jam

Volume fluida = 90% storage

Suhu (T) = 30 °C

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

## BAB VI

### PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama alat : Reaktor  
Kode alat : R-110  
Jenis : Mixed Flow Reaktor  
Fungsi : Untuk mereaksikan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan gas klor ( $\text{Cl}_2$ ) menjadi asam kloroasetat ( $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ) dengan menggunakan katalis red phosphorus (P).

#### Kondisi Operasi :

Suhu operasi : 100 °C = 373,15 K  
Tekanan operasi : 1 atm = 14,7 psia  
Waktu operasi : 8 Jam  
Fase : Liquid - Gas  
Reaksi yang terjadi : Endotermis  
Perlengkapan alat : - Pengaduk  
- Jacket pemanas  
- Sparger

#### Direncanakan :

Bahan konstruksi : *High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316*  
Allowable stress ( $f$ ) : 18750  
Type pengelasan : Double Welded Butt Join  
Faktor pengelasan (E) : 0,8  
Faktor korosi (C) : 1/16 in

(Brownel, 1959, App D Hal 342 dan hal. 254)

#### 6.1. Menghitung Dimensi Reaktor

##### A. Menentukan Volume dalam Reaktor

Rate feed masuk = 2884,0795 kg/jam = 6358,3401 lb/jam  
= 1,7662 lb/detik

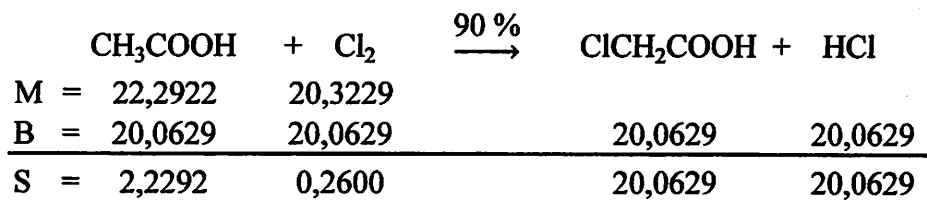
Komponen	Massa (Kg/jam)	xi (massa)	$\rho$ (lb/ft <sup>3</sup> )	xi. $\rho$ i
$\text{CH}_3\text{COOH}$	1338,6980	0,4642	65,5203	30,4124
$\text{H}_2\text{O}$	4,0161	0,0014	62,1803	0,0866
$\text{Cl}_2$	1541,3654	0,5344	154,8264	82,7453
<b>Total</b>	<b>2884,0795</b>	<b>1,0000</b>	<b>282,5270</b>	<b>113,2443</b>

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum xi.\rho_i}{\sum xi}$$
$$= \frac{113,2443}{1,0000} = 113,2443 \text{ lb/ft}^3 = 1813,941 \text{ kg/m}^3$$

Komponen	Massa (Kg/jam)	xi (massa)	$\mu$ (lb/ft.s)	xi. $\mu$ i
CH <sub>3</sub> COOH	1338,6980	0,4641682	0,917575	0,425909
H <sub>2</sub> O	4,0161	0,0013925	0,000538	0,000001
Cl <sub>2</sub>	1541,3654	0,5344393	0,010080	0,005387
<b>Total</b>	<b>2884,0795</b>	<b>1,00000</b>	<b>0,928193</b>	<b>0,431297</b>

$$\mu \text{ campuran} = \frac{\sum xi.\mu_i}{\sum xi} = \frac{0,431297}{1,0000} = 0,4313 \text{ lb/ft.s} = 1552,669 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{6358,3401}{113,2443} = 56,1471 \text{ ft}^3/\text{jam}$$



$$C_{A0} = 0,39703 \text{ kmol/ft}^3 \qquad C_A = 0,03970 \text{ kmol/ft}^3$$

$$C_{B0} = 0,36196 \text{ kmol/ft}^3 \qquad C_B = 0,00463 \text{ kmol/ft}^3$$

$$\text{Waktu reaksi (t)} = 14,50 \text{ menit} = 0,2417 \text{ jam}$$

$$\ln \frac{M - X_A}{M(1 - X_A)} = C_{A0}(M - 1) k \cdot t \qquad (\text{Levenspiel, ed. 7 halaman 43})$$

$$\ln \frac{0,9117 - 0,9}{0,9117(1 - 0,9)} = 0,39703(0,9117 - 1) k \cdot 0,24 \text{ jam}$$

$$\ln \frac{0,01166}{0,09117} = -0,0085 k$$

$$242,6155 \text{ ft}^3/\text{jam} = k$$

### Mencari Laju Reaksi (-r<sub>A</sub>)

$$-r_A = kC_A C_B$$

$$-r_A = 0,0446$$

### Menghitung Volume Reaktor

Konversi reaksi sebesar = 90%

$$\frac{V}{v_0} = \frac{C_{A0} X_A}{-r_A}$$

(Levenspiel, ed. 7 halaman 103)

$$\text{Volume total} = v_0 \frac{C_{A0} X_A}{-r_A}$$

$$\begin{aligned}
 &= 56,1471 \times \frac{0,3970 \times 0,9}{0,0446} \\
 &= 449,8681 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Volume ruang kosong untuk reaktor berpengaduk adalah 20%. Sehingga,

$$\text{Volume liquid} = 80\% \text{ V total}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume liquid} &= 80\% \times 449,8681 \text{ ft}^3 \\
 &= 359,8945 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

### Menghitung Waktu Tinggal dalam Reaktor

$$\tau = \frac{V}{v_0}$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{449,8681}{56,1471} \\
 &= 8,0 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

## B. Menentukan Dimensi Vessel

### 1. Menghitung Diameter Vessel

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

$$\text{Volume total} = V_1 (\text{tutup bawah}) + V_2 (\text{tabung}) + V_3 (\text{tutup atas})$$

$$\text{Volume total} = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \cdot \tan 1/2\alpha} + \frac{\pi}{4} di^2 L_s + 0,0847 di^3$$

$$449,8681 = 0,0755 di^3 + 1,1775 di + 0,0847 di^3$$

$$di^3 = 336,2905 \text{ ft}$$

$$di = 6,9541 \text{ ft}$$

$$= 83,4487 \text{ in}$$

### 2. Menghitung Volume Liquid dalam Silinder (Vls)

$$V_{ls} = V \text{ liquid} - V \text{ tutup bawah}$$

$$= 359,8945 - \frac{\pi di^3}{24 \tan 1/2\alpha}$$

$$= 359,8945 - \frac{1055,9522}{7,6810}$$

$$= 222,4181 \text{ ft}^3$$

### 3. Menghitung Tinggi Liquid dalam Silinder (L ls)

$$L_{ls} = \frac{V_{ls}}{(\pi/4) \times di^2}$$

$$= \frac{222,4181}{37,9617}$$

$$= 5,8590 \text{ ft} = 70,3081 \text{ in}$$

### 4. Menghitung Desain Tekanan (Pi)

$$\text{Tekanan hidrostatik (Ph)} = \frac{\rho (HL - 1)}{144}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{113,2443 (5,8590 - 1)}{144} && \text{(Brownell, pers.3.17)} \\
 &= 3,8212 \text{ psia} \\
 \text{P operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 14,7 \text{ psia} \\
 \text{P desain} &= \text{P operasi} + \text{Ph} \\
 &= 14,7 + 3,8212 \\
 &= 18,5212 \text{ psia} \\
 &= 3,8212 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

### 5. Menghitung Tebal Silinder ( $t_s$ )

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C \\
 t_s &= \frac{3,8212 \times 83,4487}{2 [18750 \times 0,8 - 0,6 \times 3,8212]} + \frac{1}{16} \\
 t_s &= 0,073131 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,1701}{16} \approx \frac{5}{16} && \text{(tabel 5.7. Brownell \& Young, hal. 90)}
 \end{aligned}$$

Standarisasi  $d_o$

$$\begin{aligned}
 d_o &= d_i + 2 t_s \\
 &= 83,4487 + 2 \frac{5}{16} \\
 &= 84,0737 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$d_{o \text{ std}} = 90 \text{ in} \quad \text{(Brownell, 1959. tabel 5-7, hal 90)}$$

Dari Brownell, 1959. tabel 5-7, hal. 90 diperoleh :

$$\begin{aligned}
 i_{cr} &= 5 \frac{1}{2} \text{ in} = 5,5 \text{ in} \\
 r &= 90 \text{ in} \\
 t_s &= 5/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 d_i &= d_o - 2 t_s \\
 &= 90 - 2 \frac{5}{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{i \text{ baru}} &= 89,3750 \text{ in} \\
 &= 7,4476 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### 6. Menghitung Tinggi Silinder ( $L_s$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total} &= \left( \frac{\pi \cdot d_i^3}{24 \cdot \text{tg} \frac{1}{2} \alpha} \right) + \left( \frac{\pi}{4} d_i^2 \cdot L_s \right) + 0,0847 d_i^3 \\
 449,8681 &= \left( \frac{\pi \cdot [7,4476]^3}{24 \cdot \text{tg} \frac{1}{2} \alpha} \right) + \left( \frac{\pi}{4} [7,4476]^2 L_s \right) + \left( 0,0847 \times 7,4476 \right) \\
 L_s &= 8,8117 \text{ ft} \\
 &= 105,7402 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\frac{L_s}{d} = \frac{8,8117}{6,9541} = 1,3 \quad (\text{memenuhi})$$

### C. Menghitung Dimensi Tutup Atas Dan Tutup Bawah

#### 1. Tutup Atas

Direncanakan bentuk tutup atas adalah standard dished head, maka :

$$r = d_i$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal tutup atas (tha)} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times r}{f \cdot E - 0,1 \text{ Pi}} \times C \quad (\text{eq. 13.12, Brownell}) \\ &= \frac{0,885 \times 3,8212 \times 89,3750}{18750 \times 0,8 - 0,1 \times 3,8212} \times \frac{1}{16} \\ &= 0,0827 \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,32}{16} \text{ in} \approx \frac{5}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tutup atas (ha)} &= 0,169 \text{ di} \\ &= 0,169 \times 89,3750 \text{ in} \\ &= 15,1044 \text{ in} \\ &= 1,2586 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jadi, tinggi tutup atas adalah  $15,1044 \text{ in} = 1,2586 \text{ ft}$

#### 2. Tutup Bawah

Bentuk tutup bawah adalah conical, dengan sudut puncak ( $\alpha$ )  $120^\circ$ , maka :

$$\begin{aligned} \text{tebal tutup (thb)} &= \frac{\text{Pi} \cdot d_e}{2 (f \cdot E - 0,6 \text{ Pi}) \cos 1/2 \alpha} + C \\ &= \frac{3,8212 \text{ psig} \times 89,375 \text{ in}}{2(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 6,6742 \text{ psig}) \cos 60} + \frac{1}{16} \\ &= 0,0625 \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1}{16} \text{ in} \approx \frac{5}{16} \quad (\text{Brownell, 1959. Pers 13,12}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tutup bawah (hb)} &= \frac{1/2 d_i}{\text{tg } 1/2 \alpha} = \frac{0,5 \times 89,375}{1,7321} \\ &= 25,800 \text{ in} \\ &= 2,150 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jadi, tinggi tutup bawah adalah  $25,800 \text{ in} = 2,150 \text{ ft}$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dimensi dari vessel adalah :

$$\begin{aligned} d_o &= 90 \text{ in} \\ d_i &= 89,3750 \text{ in} \\ t_s &= 5/16 \text{ in} \\ t_{ha} &= 5/16 \text{ in} \\ t_{hb} &= 5/16 \text{ in} \\ L_s &= 105,7402 \text{ in} \\ h_a &= 15,1044 \text{ in} \end{aligned}$$

VI-6

$$\begin{aligned}hb &= 25,8003 \text{ in} \\sf &= 3,0 \text{ in} \quad (\text{tabel 5.6. Brownell hal. 88 untuk } t_s = 5/16 \text{ in})\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Tinggi bejana reaktor} &= L_s + (h_a + s_f + h_b) \\&= 105,7402 + (15,1044 + 3 + 25,8003) \\&= 149,6449 \text{ in} \\&= 12,4699 \text{ ft} \\&= 3,8008 \text{ m}\end{aligned}$$

## 6.2. Dimensi Pengaduk

- Jenis pengaduk = *Carberry Spinning Catalyst Basket*
- Type = Standard
- Bahan impeller = *316 Stainless steel*
- Bahan poros pengaduk = *Hot Roller Steel SAE 1020*

Dari [www.autoclaveengineers.com](http://www.autoclaveengineers.com) diperoleh spesifikasi *Carberry Spinning Catalyst Basket*, sebagai berikut :

- *Basket screen size* = 14 x 14 mesh = 0,020 in = 0,51 mm
- *Screen operating* = 0,051 in = 1,3 mm
- *Inside diameter* = 3 in = 76,2 mm
- *Maximum basket volume* = 2,5 in<sup>3</sup> = 41 cm<sup>3</sup>
- *Free volume* = 18 in<sup>3</sup> = 295 cm<sup>3</sup>
- *Max. allowable working pressure* = 5800 psig = 400 bar
- *Max. temperature* = 650 °F = 343 °C
- *Max. impeller/ basket speed* = 1000 -2500 rpm

## 6.3. Menghitung Sistem Sparger

### Dasar Perancangan:

$$\begin{aligned}\text{Rate gas} &= 1541,3654 \text{ kg/jam} \\&= 3398,0942 \text{ lb/jam} \\ \text{Densitas umpan} &= 154,8264 \text{ lb/ft}^3 \\ \text{Di reaktor} &= 89,3750 \text{ in} = 2,2701 \text{ m} \\ \text{RPM pengaduk} &= 2500 \text{ rpm} \\ \text{Suhu} &= 212 \text{ }^\circ\text{F} \\ \text{P liquid} &= 18,5212 \text{ psia} = 3,8212 \text{ psig} \\ \text{Bahan konstruksi} &= \textit{High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316}\end{aligned}$$

### Perhitungan:

#### Menghitung luas area sparger (A)

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \frac{3398,0942 \text{ lb/jam}}{154,8264 \text{ lb/ft}^3} = 21,9478 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3658 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$= 0,00017264 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk menghitung *superficial gas velocity*, digunakan pers. 10.17, Introduction to Process Engineering and Design

$$\frac{\pi}{4} D_i^2 = \frac{Q_v}{S_g}$$

dimana :

$Q_v$  = rate volumetrik gas ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$S_g$  = *Superficial gas velocity* (m/s)

$D_i^2$  = diameter dalam reaktor (m)

maka, 
$$\frac{\pi}{4} D_i^2 = \frac{Q_v}{S_g}$$

$$\frac{\pi}{4} 2,2701^2 = \frac{0,0001726}{S_g}$$

$$\frac{16,1901}{4} = \frac{0,0001726}{S_g}$$

$$S_g = 0,0000426532 \text{ m/s} = 0,008396 \text{ ft/min}$$

$$\text{ACFM} = \text{rate volumetrik gas} \times \frac{14,7}{(14,7 + P)} \times \frac{(460 + T)}{520}$$

$$= 0,2092 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$A = \frac{\text{ACFM}}{S_g} \quad (\text{www.Mott Corporation.com-sparger design guide})$$

$$= \frac{0,2092}{0,008396}$$

$$A = 24,9126 \text{ ft}^2$$

$$A = 1/4 \pi D^2$$

$$24,9126 = 0,7850 D^2$$

$$D^2 = 31,7358$$

$$D = 1,1267 \text{ ft} = 13,5203 \text{ in}$$

**Trial jarak lubang agar harga At perhitungan sama dengan harga trial**

Jarak antar lubang  $P_T = 1$

Luas satu segitiga =  $1/2 (P_T \times \sin 60) \times P_T$

$$= 0,4330$$

### Luas lubang sparger

$$\text{Luas lubang sparger (A)} = \frac{24,9126}{30,2267} = 8,24\text{E-}01$$

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \pi D^2 \\ 8,24\text{E-}01 &= 0,7850 D^2 \\ D^2 &= 1,05\text{E+}00 \\ D &= 0,2049 \text{ ft} = 2,4592 \text{ in} \end{aligned}$$

### Menentukan jumlah lubang

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang} &= \frac{24,9126}{2,4592} \\ &= 10,13 \approx 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

## 6.4. Menghitung Dimensi Nozzle

Pada reaktor terdapat beberapa nozzle yang terbagi dalam 3 tempat, yaitu :

### 1. Nozzle pada tutup atas (standard dished head)

- Nozzle untuk memasukkan bahan baku utama asam asetat

Direncanakan :

$$\text{Rate feed} = 1342,7141 \text{ kg/jam} = 2960,178 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 65,5103 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 2413,0682 \text{ lb/ft.jam} = 997,5114 \text{ cp}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{2960,1778}{65,5103}$$

$$= 45,1865 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,7531 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Dengan fig. 14.2, "Peters Timmerhauss" didapatkan diameter optimal pipa

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

$$\text{Check harga, } N_{Re} = \frac{380 \cdot \rho \cdot G}{D \cdot \mu}$$

$$= \frac{380 \times 65,5103 \times 0,7531}{2,3 \times 997,5114}$$

$$= 8,17155 < 2100 \text{ (viscous flow)}$$

Dengan menggunakan tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh pipa dengan ukuran :

$$2,5 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,88 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,469 \text{ in}$$

$$A = 4,79 \text{ in}^2$$

Bahan konstruksi yang digunakan adalah :

*High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316* (Brownell & Young, hal. 335)

Strees yang diijinkan ( $f$ ) = 18750

Faktor korosi ( $c$ ) = 1/16 in

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psi

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{D_i (P + f / 30)}{2,3 \cdot f} + c \\
 &= \frac{2,469 (14,7 + 18.750 / 30)}{2,3 \times 18.750} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,0983 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,5730}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Jadi, diameter nozzle untuk memasukkan bahan baku asam asetat adalah 2,5 in sch. 40.

- **Nozzle untuk mengeluarkan produk gas menuju scrubber**

Direncanakan :

Rate feed = 993,37731 kg/jam = 2190,022 lb/jam

Densitas ( $\rho$ ) = 79,9075 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas ( $\mu$ ) = 137,6350 lb/ft.jam = 56,8954 cp

Rate volumetrik =  $\frac{2190,0221}{79,9075}$

= 27,407 ft<sup>3</sup>/jam = 0,4568 ft<sup>3</sup>/menit

Dengan fig. 14.2, "Peters Timmerhaus" didapatkan diameter optimal pipa diperoleh = 1,1 in

$$\begin{aligned}
 \text{Check harga, } N_{Re} &= \frac{380 \cdot \rho \cdot G}{D \cdot \mu} \\
 &= \frac{380 \times 79,9075 \times 0,4568}{1,1 \times 56,8954} \\
 &= 221,6211 < 2100 \text{ (viscous flow)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh pipa dengan ukuran : 1,25 in sch 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

A = 1,50 in<sup>2</sup>

Bahan konstruksi yang digunakan adalah :

*High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316* (Brownell & Young, hal. 335)

Strees yang diijinkan ( $f$ ) = 18.750

Faktor korosi ( $c$ ) = 1/16 in

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psi

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{Di(P+f/30)}{2,3 \cdot f} + c \\
 &= \frac{1,38 ( 14,7 + 18.750 / 30 )}{2,3 \times 18.750} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,0825 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,3203}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Jadi, diameter nozzle untuk mengeluarkan produk gas menuju scrubber adalah 1,25 in sch. 40.

## 2. Nozzle pada Silinder

### - Nozzle untuk memasukkan dan mengeluarkan steam

Direncanakan :

$$\text{Rate feed} = 210,905 \text{ kg/jam} = 464,9659 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 62,1803 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,0005 \text{ lb/ft.jam} = 0,0002 \text{ cp}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{464,96593}{62,1803}$$

$$= 7,4777 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,1246 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Dengan fig. 14.2, "Peters Timmerhaus" didapatkan diameter optimal pipa diperoleh = 0,43 in

$$\text{Check harga, } N_{Re} = \frac{380 \cdot \rho \cdot G}{D \cdot \mu}$$

$$= \frac{380 \times 62,1803 \times 0,1246}{0,43 \times 0,0002}$$

$$= 30790521,0893 > 2100 \text{ (turbulent flow)}$$

Dengan menggunakan tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh pipa dengan ukuran : 0,5 in sch 40

$$\text{OD} = 0,84 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,622 \text{ in}$$

$$A = 0,304 \text{ in}^2$$

Bahan konstruksi yang digunakan adalah :

*High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316* (Brownell & Young, hal. 335)

Strees yang diijinkan ( $f = 18.750$ )

Faktor korosi ( $c$ ) = 1/16 in

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psi

$$t = \frac{Di(P+f/30)}{2,3 \cdot f} + c$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,622 \left( 14,7 + \frac{18.750}{30} \right)}{2,3 \times 18.750} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,0715 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,1443}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Jadi, diameter nozzle untuk memasukkan steam adalah 0,5 in sch. 40. Karena rate steam masuk = rate steam keluar, maka ukuran nozzle untuk mengeluarkan steam dianggap sama 0,5 in sch. 40.

#### - Nozzle untuk Man Hole

Standard diameter untuk man hole  $\pm 20$  in

Berdasarkan fig. 12.2 Brownell and Young halaman 221, diperoleh dimensi pipa:

- Ukuran pipa (NPS)	=	20	in
- Diameter luar (DO)	=	27 1/2	in
- Ketebalan flange minimum (T)	=	1 11/16	in
- Diameter lubang (R)	=	23	in
- Diameter hubungan pada titik pengelasan (K)	=	20	in
- Diameter hubungan pada al $\epsilon$ (E)	=	22	in
- Tebal nozzle (L)	=	5 11/16	in
- Diameter dalam nozzle (B)	=	19,25	in
- Jumlah lubang baut	=	20	buah
- Diameter baut	=	1 1/8	in

#### - Nozzle untuk memasukkan gas klor

Direncanakan :

$$\text{Rate feed} = 1541,3654 \text{ kg/jam} = 3398,129 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 154,8264 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,0101 \text{ lb/ft.jam} = 0,0042 \text{ cp}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{3398,1291}{154,8264}$$

$$= 21,9480 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,3658 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Dengan fig. 14.2, "Peters Timmerhauss" didapatkan diameter optimal pipa diperoleh = 0,7 in

$$\text{Check harga, } N_{Re} = \frac{380 \cdot \rho \cdot G}{D \cdot \mu}$$

$$= \frac{380 \times 154,8264 \times 0,3658}{0,7 \times 0,0042}$$

$$= 7378783,353 > 2100 \text{ (turbulent flow)}$$

Dengan menggunakan tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh pipa dengan ukuran : 0,75 in sch 40

$$\text{OD} = 1,05 \text{ in}$$



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

$$A = 0,534 \text{ in}^2$$

Bahan konstruksi yang digunakan adalah :

*High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316* (Brownell & Young, hal. 335)

Strees yang diijinkan ( $f = 18.750$ )

Faktor korosi ( $c = 1/16 \text{ in}$ )

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psi

$$\begin{aligned} t &= \frac{Di (P + f / 30)}{2,3 \cdot f} + c \\ &= \frac{0,824 ( 14,7 + 18.750 / 30 )}{2,3 \times 18.750} + \frac{1}{16} \\ &= 0,0745 \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,1912}{16} \approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

Jadi, diameter nozzle untuk memasukkan gas klor adalah 0,75 in sch. 40.

### 3. Nozzle pada tutup bawah (conical)

#### - Nozzle untuk mengeluarkan produk liquid menuju crystallizer

Direncanakan :

$$\text{Rate feed} = 1890,7022 \text{ kg/jam} = 4168,285 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 96,4503 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,1427 \text{ lb/ft.jam} = 0,0590 \text{ cp}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{4168,2848}{96,4503}$$

$$= 43,2169 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,7203 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Dengan fig. 14.2, "Peters Timmerhauss" didapatkan diameter optimal pipa diperoleh = 1 in

$$\text{Check harga, } N_{Re} = \frac{380 \cdot \rho \cdot G}{D \cdot \mu}$$

$$= \frac{380 \times 96,4503 \times 0,7203}{1 \times 0,0590}$$

$$= 447499,1258 > 2100 \text{ (turbulent flow)}$$

Dengan menggunakan tabel 11, Kern, hal. 844 diperoleh pipa dengan ukuran :  
1 in sch 40

$$OD = 1,32 \text{ in}$$

$$ID = 1,049 \text{ in}$$

$$A = 0,864 \text{ in}^2$$

Bahan konstruksi yang digunakan adalah :

*High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316* (Brownell & Young, hal. 335)

Strees yang diijinkan ( $f$ ) = 18.750  
 Faktor korosi ( $c$ ) = 1/16 in  
 Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psi

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{Di (P + f / 30)}{2,3 \cdot f} + c \\
 &= \frac{1,049 ( 14,7 + 18.750 / 30 )}{2,3 \times 18.750} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,0777 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,2434}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Jadi, diameter nozzle untuk mengeluarkan produk liquid adalah 1 in sch. 40

Dari Brownell & Young tabel 12.2 halaman 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flanges standard type *welding-neck* dengan dimensi nozzle:

- Nozzle A = Nozzle untuk memasukkan bahan baku utama asam asetat
- Nozzle B = Nozzle untuk mengeluarkan produk gas menuju scrubber
- Nozzle C = Nozzle untuk memasukkan dan mengeluarkan steam
- Nozzle D = Nozzle untuk Manhole
- Nozzle E = Nozzle untuk mengeluarkan produk liquid menuju crystallizer
- Nozzle F = Nozzle untuk memasukkan gas klor
- NPS = ukuran pipa nominal (in)
- A = Diameter luar flange (in)
- T = Ketebalan minimum flange (in)
- R = diameter luar bagian yang menonjol (in)
- E = Diameter hubungana atas (in)
- K = Diameter hubungan pada titik pengelasan (in)
- L = panjang julakan (in)
- B = diameter dalam flange (in)

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2,5	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2,88	2 3/4	2,47
B	1,25	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
C	0,5	3 1/2	7/16	1 3/8	1/1 3/6	0,84	1 7/8	0,62
D	20	27 1/2	1 11/16	23	22	20	5 11/16	19,25
E	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	1,32	2 3/16	1,05
F	0,75	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	1,05	2 1/16	0,82

### 6.5. Menghitung Jaket Pemanas

Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah endotermis, sehingga untuk menjaga

temperatur tetap 100 °C digunakan jaket pemanas di bagian luar reaktor.

$$\text{Rate steam masuk} = 210,9053 \text{ kg/jam}$$

$$= 464,9690 \text{ lb}_m/\text{jam}$$

$$\text{Densitas steam } (\rho) = 62,2002 \text{ lb}_m/\text{ft}^3 \quad (\text{Geankoplis, App. A3})$$

$$\text{Rate Volumetrik} = \frac{464,9690}{62,2002} = 7,4754 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0021 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume steam} = 7,4754 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 8,0 \text{ jam}$$

$$= 59,8949 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm}$$

#### A. Menentukan Diameter Jaket

$$\text{Volume steam} = \frac{\pi}{4} \times [(d_{ij}^2) - (\text{diameter}^2)] \times Ls$$

$$59,8949 \text{ ft}^3 = \left[ \frac{3,14}{4} \times [(d_{ij}^2) - (7,4476^2)] \right] \times 5,8590$$

$$59,8949 \text{ ft}^3 = 4,5993 \times [d_{ij}^2 - 55,47]$$

$$59,8949 = 4,5993 d_{ij}^2 - 255,1106$$

$$315,0056 = 4,5993 d_{ij}^2$$

$$d_{ij}^2 = 68,4896$$

$$d_{ij} = 8,2758 \text{ ft} = 99,3101 \text{ in}$$

#### B. Menghitung Tebal Dinding Jaket (Tj)

$$H = Ls + h_b + 6$$

$$= 8,8117 + 2,150 + 6$$

$$= 16,9617 \text{ ft} = 203,5405 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik } (Ph) = \frac{\rho (H-1)}{144} \quad (\text{Brownell, pers.3.17})$$

Dimana :

$\rho$  = densitas air pendingin (lb/ft<sup>3</sup>)

H = tinggi liquid dalam silinder (ft)

$$Ph = \frac{\rho (H-1)}{144} = \frac{62,2002 \{ 16,9617 - 1 \}}{144} = 6,8946 \text{ psia}$$

$$1 \text{ atm} = 15 \text{ psia}$$

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain } (Pi) = P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}$$

$$= 6,8946 + 14,7 = 21,5946 \text{ psia} = 6,8946 \text{ psig}$$

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

$$t = \frac{6,8946 \times 99,3101}{2(f \cdot E - 0,6 \cdot 6,8946)} + \frac{1}{1}$$

$$t_s = \frac{2 \left[ (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 6,8946) \right]}{16}$$

$$t_s = 0,0853 \times \frac{16}{16}$$

$$t_s = \frac{1,37}{16} \approx \frac{5}{16}$$

Standarisasi  $d_o$

$$d_o = d_i + 2 t_s$$

$$= 99,3101 + 2 \times 5/16$$

$$d_o = 99,9351 \text{ in} \approx 102 \text{ in} \quad (\text{Brownell, 1959. tabel 5-7, hal 90})$$

sehingga

$$d_i \text{ baru} = d_o - 2 t_s$$

$$= 102 - 2 \times 5/16$$

$$= 101,38 \text{ in} = 8,44792 \text{ ft}$$

Dari perhitungan di atas, maka diperoleh dimensi jaket sebagai berikut:

- Bahan konstruksi = *High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316*
- diameter luar ( $d_{o_j}$ ) = 102 in
- diameter dalam ( $d_{i_j}$ ) = 99,3101 in
- tinggi jaket ( $L_j$ ) = 70,3081 in
- tebal jaket ( $t_{s_j}$ ) = 5/16 in

## 6.6. Menghitung Sambungan Tutup (Head) dengan Dinding Reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell reaktor dihubungkan dengan flange & bolting untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

### 1. Gasket

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

Bahan konstruksi : *Flat metal, jacketed, asbestos filled*

Gasket factor (m) : 3,75

min design seating stress ( $y'$ ) : 9000

### 2. Bolting

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

Bahan konstruksi : *High Alloy Steel SA 193 Grade B8 type 304*

Tensile strength minimum : 75000

Allowable stress (f) : 15000

### 3. Flange

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

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

Tensile strength minimum : 75000

Allowable stress (f) : 18750

Type flange : Ring flange loose type

#### 6.6.1. Perhitungan Lebar Gasket

Dari Brownell & Young, persamaan 12.2 hal. 226 :

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

Dimana :

$d_o$  = diameter luar gasket

$d_i$  = diameter dalam gasket

$y$  = yield stress = 9000 psia

$p$  = internal pressure = 14,7 psia

$m$  = gasket factor = 3,75

Diketahui  $D_i$  gasket =  $D_i$  shell = 89,3750 in = 7,4479 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9000 - (14,7 \times 3,75)}{9000 - 14,7(3,75 + 1)}}$$

$$d_o = 1,0008 \times 7,4479$$

$$d_o = 7,4540 \text{ ft} = 89,4485 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= \frac{d_o - d_i}{2} \\ &= \frac{89,4485 - 89,3750}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar gasket (n)} = 0,0368 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{D rata-rata gasket (G)} &= d_o + n \\ &= 89,4485 + 0,0368 \\ &= 89,4853 \text{ in} \end{aligned}$$

## 6.6.2. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Baut (Bolting)

### 1. Perhitungan beban baut

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

Beban gasket supaya tidak bocor ( $H_y$ )

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

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.12 hal. 229 :

Lebar setting gasket bawah:

$$\begin{aligned} b_o &= n/2 \\ &= 0,0184 \text{ in} \end{aligned}$$

- Sehingga didapatkan  $H_y$  :

$$\begin{aligned} H_y = W_{m2} &= 3,14 \times 0,0184 \times 89,4853 \times 9000 \\ H_y &= 46486,693 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

Beban baut agar tidak bocor ( $H_p$ )

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

$$H_p = 2 \times 0,0184 \times 89,4853 \times 3,75 \times 14,7$$

$$H_p = 181,3573 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.89 hal. 240 :  
Beban karena tekanan dalam (H)

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

$$H = 0,7850 \times 89,4853^2 \times 14,7$$

$$H = 92403,9083 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.91 hal. 240 :  
Total berat beban pada kondisi operasi ( $W_{ml}$ )

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

$$= 92403,9083 + 181,3573$$

$$= 92585,2656 \text{ lb}$$

Karena  $W_{ml} > W_{m2}$ , maka yang mengontrol adalah  $W_{ml}$ .

## 2. Perhitungan luas minimum bolting area

Dari Brownell & Young, persamaan 12.93 hal. 240 :

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

$$= \frac{92585,2656}{15000} = 6,1724 \text{ in}^2 = 0,0429 \text{ ft}^2$$

## 3. Perhitungan Bolting Optimum

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 :

- Ukuran baut = 1 in
- Root area = 0,551 in<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bolting optimum} &= \frac{A_{ml}}{\text{root area}} \\ &= \frac{6,1724}{0,551} = 11,2021 = 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 dan tabel 12.3 halaman 227 :

- Bolt spacing = 2 1/4 in
- Minimum radial distance (R) = 1 3/8 in
- Edge distance (E) = 1 1/16 in
- Bolting circle diameter (C) :

$$C = d_i \text{ shell} + 2 (1,415 \cdot g_o + R)$$

Dimana :

$$d_i \text{ shell} = 89,3750 \text{ in}$$

$$g_o = \text{tebal shell (ts)}$$

$$= 5/16 \text{ in}$$

Maka bolting circle diameter (C) :

$$\begin{aligned} C &= 89,3750 + 2 ( 1,4150 \times 5/16 + 1 \ 3/8 ) \\ &= 93,0094 \text{ in} \end{aligned}$$

- Diameter luar flange

$$OD = C + 2 E$$

$$= 93,0094 + 2 \times 1 \ 1/16$$

$$= 95,1344 \text{ in}$$

Check lebar gasket

$A_b$  actual = jumlah bolt x root area

$$\Lambda_b \text{ actual} = 12 \times 0,551$$

$$A_b \text{ actual} = 6,6120 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum

$$\begin{aligned} L &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times G} \\ &= 6,6120 \times \frac{15000}{2 \times 3,14 \times 9000 \times 89,485} \\ &= 0,0196 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena  $L < n$  0,0368 in, jadi perhitungan bolting optimum memenuhi.

Perhitungan Moment

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

$$\begin{aligned} W &= \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.94 hal. 242}) \\ &= \left( \frac{6,1724 + 6,6120}{2} \right) 15000 \\ &= 47941,3164 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle :

$$\begin{aligned} h_G &= \frac{C - G}{2} \\ &= \frac{93,0094 - 89,4853}{2} \\ &= 1,7620 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment flange ( $M_a$ ) :

Dari Brownell & Young, halaman 243 :

$$M_a = W \times h_G$$

$$M_a = 47941,3164 \times 1,7620$$

$$M_a = 84474,5157 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.95 hal. 243 :

Dalam kondisi operasi :

$$W = W_{ml} = 92585,2656 \text{ lb}$$

- Hidrastic and force pada daerah dalam flange (HD)

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

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

Dimana :

- B = do shell reaktor = 90 in
- p = tekanan operasi = 14,6960 lb/in<sup>2</sup>

Maka :

$$H_D = 0,7850 \times 90^2 \times 14,6960$$

$$H_D = 93444,5160 \text{ lb}$$

- Jarak radial bolt circle pada aksi (h<sub>D</sub>)

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

$$\begin{aligned} h_D &= \frac{C - B}{2} \\ &= \frac{93,0094 - 90}{2} \\ &= 1,5047 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment M<sub>D</sub>

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

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$M_D = 93444,5160 \times 1,5047$$

$$= 140604,7952 \text{ lb.in}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatis total (H<sub>G</sub>)

$$H_G = W - H$$

$$H_G = 92585,2656 - 92403,9083$$

$$= 181,3573 \text{ lb}$$

- Moment M<sub>G</sub>

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

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$M_G = 181,3573 \times 1,7620$$

$$M_G = 319,5588 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.97 hal. 242 :

$$H_T = H - H_D$$

$$H_T = 92403,9083 - 93444,5160$$

$$= 1040,6077 \text{ lb}$$

- Dari Brownell & Young, pers. 12.102 hal. 244 :

$$\begin{aligned} h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\ &= \frac{1,5047 + 1,7620}{2} \\ &= 1,6334 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment M<sub>T</sub>



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

$$M_T = H_T \times h_T$$

$$M_T = 1040,6077 \times 1,6334$$

$$M_T = 1699,6909 \text{ lb.in}$$

Moment total pada keadaan operasi ( $M_o$ ) :

$$M_o = M_D + M_G + M_T$$

$$= 140604,7952 + 319,5588 + 1699,6909$$

$$= 142624,0449 \text{ lb.in}$$

Karena  $M_a < M_o$ , maka  $m_{max} = M_a = 84474,5157$

### 6.6.3. Perhitungan Tebal Flange

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

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

Sehingga didapatkan rumus :

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

$$k = A/B$$

Dimana :

- A = diameter luar flange = 95,1344 in

- B = diameter dalam flange = 93,0094 in

- f = stress yang diijinkan untuk bahan flange = 18750

Maka :

$$k = A/B = 1,0228$$

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

$$Y = 98$$

$$M = 84474,5157 \text{ lb.in}$$

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{98 \times 84474,5157}{18750 \times 93,0094}}$$

$$t = 2,1788 \text{ in}$$

### Kesimpulan Perancangan :

#### 1. Flange

Bahan konstruksi : *High Alloy Stell SA 240 Grade M type 316*

Tensile strength minimum : 75000

Allowable stress (f) : 18750

Tebal flange : 2,1788 in

Diameter dalam (Di) : 93,0094 in

Diameter luar (Do) : 95,1344 in

Type flange : Ring flange loose type

#### 2. Bolting

Bahan konstruksi : *High Alloy Stell SA 193 Grade M type 347*

Tensile strength minimum : 75000

Ukuran baut	:	1 in
Jumlah baut	:	12 buah
Allowable stress (f)	:	15000

### 3. Gasket

Bahan konstruksi	:	<i>Flat metal, jacketed, asbestos filled</i>
Gasket factor (m)	:	3,75
Min design seating stress (y)	:	9000 psia
Tebal gasket (n)	:	0,03677 in

## 6.7. Perhitungan Sistem Penyangga Reaktor

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

Beban-beban yang ditahan oleh penyangga reaktor meliputi:

- Berat shell reaktor
- Berat tutup atas standart dishead
- Berat tutup bawah reaktor conical
- Berat liquid dalam reaktor
- Berat pengaduk dan perlengkapannya
- Berat jaket pemanas
- Berat attachment

### Perhitungan :

#### a. Berat shell reaktor

Rumus :

$$W_s = \pi/4 (d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

- $W_s$  = berat shell reaktor, lb
- $d_o$  = diameter luar shell = 90 in = 7,5000 ft
- $d_i$  = diameter dalam shell = 89,3750 in = 7,4479 ft
- $H$  = tinggi shell reaktor ( $L_s$ ) = 105,7402 in = 8,8117 ft
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W &= 3,14/4 \times (7,5^2 - 7,4479^2) \times 9,1680 \times 489 \\ &= 2633,3993 \text{ lb} \\ &= 1194,5021 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### b. Berat tutup atas standart dishead

Rumus :

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

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

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

Dimana :

$$W_d = \text{berat tutup atas reaktor, lb}$$

$$A = \text{luas tutup atas standart dishead, ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 t &= \text{tebal tutup atas (tha)} &= & 5/16 \text{ in} \\
 \rho &= \rho \text{ bahan konstruksi} &= & 489 \text{ lb/ft}^3 \\
 L &= \text{crown radius (r)} &= & 170 \text{ in} \\
 h &= \text{tinggi tutup atas reaktor (ha)} &= & 15,1044 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Luas tutup atas :

$$\begin{aligned}
 A &= 6,28 \times 170 \times 15,1044 \\
 &= 16125,4308 \text{ in}^2 = 111,9822 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Berat tutup atas :

$$\begin{aligned}
 W_d &= 111,9822 \times 0,0260 \times 489 \\
 &= 1426,0228 \text{ lb} = 646,8397 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### c. Berat tutup bawah conical

Rumus :

$$\begin{aligned}
 W_d &= A \cdot t \cdot \rho \\
 A &= 0,785 (D + m) \sqrt{4h^2 + (D - m)^2} + 0,78 D^2 \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $W_d$  = berat tutup bawah reaktor, lb
- $A$  = luas tutup bawah conical, ft<sup>2</sup>
- $t$  = tebal tutup bawah (thb) = 5/16 in
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>
- $D$  = diameter dalam silinder = 89,3750 in = 7,4479 ft
- $h$  = tinggi tutup bawah reaktor = 25,8003 in = 2,1500 ft
- $m$  = flat spot diameter = ½ D = 1/2 x 89,3750 = 44,6875 = 3,7240 ft

Luas tutup bawah :

$$\begin{aligned}
 A &= 0,785 \times (7,4479 + 3,7240) \times \sqrt{(4 \times (2,15)^2) + (7,4479 - 3,7239)^2} \\
 &\quad + 0,78 \times (7,448)^2 \\
 A &= 84,6023 \text{ ft}^2 = 12182,7334 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

Berat tutup bawah :

$$\begin{aligned}
 W_d &= 84,6023 \times 0,0260 \times 489 \\
 W_d &= 1077,3576 \text{ lb} = 488,6862 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### d. Berat liquid dalam reaktor

Rumus :

$$W_i = m \cdot t$$

Dimana :

- $m$  = berat larutan dalam reaktor = 6358,3401 lb/jam
- $t$  = waktu tinggal liquid dalam reaktor = 8 jam

Maka,

$$W_1 = 6358,3401 \times 8 \\ = 50945,0163 \text{ lb} = 23108,5078 \text{ kg}$$

**e. Berat Jacket Pemanas**

$$W_{\text{jaket}} = (\pi/4) \times (d_{o_j} - d_{i_j})^2 \times T_j \times \rho$$

Dimana :

$$W_{\text{jaket}} = \text{berat jaket, lb}$$

$$d_{o_j} = \text{diameter luar jaket} = 102 \text{ in} = 8,50 \text{ ft}$$

$$d_{i_j} = \text{diameter dalam jaket} = 99,3101 \text{ in} = 8,2758 \text{ ft}$$

$$T_j = \text{Tinggi jaket} = 70,3081 \text{ in} = 5,8590 \text{ ft}$$

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

$$W_{\text{jaket}} = (\pi/4) \times (d_{o_j} - d_{i_j})^2 \times T_j \times \rho$$

$$W_{\text{jaket}} = (\pi/4) \times [8,5 - 8,2758]^2 \times 5,8590 \times 489$$

$$= 113,0069 \text{ lb}$$

$$= 51,2596 \text{ kg}$$

$$\text{Berat steam} = V \times \rho$$

$$= 59,8949 \text{ ft}^3 \times 62,2002 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 3725,478 \text{ lb}$$

$$= 1689,866 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi, } W_{\text{jaket}} + \text{steam} = 51,2596 \text{ kg} + 1689,8656 \text{ kg} \\ = 1741,1252 \text{ kg}$$

**f. Berat Attachment**

Berat attachment adalah berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle, dan sebagai  
Dari Brownell & Young, hal. 157 :

$$W_a = 18\% W_s$$

Dimana :

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

$$- W_s = \text{berat shell reaktor} = 2633,3993 \text{ lb} = 1194,5021 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$W_a = 0,18 \times 2633,3993$$

$$= 474,0119 \text{ lb} = 215,0104 \text{ kg}$$

**Berat Total Reaktor**

Bagian	Berat (kg)	Berat (lb)
$W_{\text{shell}}$	1194,5021	2633,3993
$W_{\text{tutup atas}}$	646,8397	1426,0228
$W_{\text{tutup bawah}}$	488,6862	1077,3576

$W_{\text{liquid}}$	23108,51	50945,0163
$W_{\text{jaket pemanas}}$	1741,1252	3838,4847
$W_{\text{attachment}}$	215,0104	474,0119
$W_{\text{total}}$	27394,6714	60394,2925

Dengan faktor keamanan adalah 10%, maka berat total berat reaktor adalah :  
 $= 1,1 \times 27394,6714 \text{ kg}$   
 $= 30134,1385 \text{ kg} = 66433,7218 \text{ lb}$

### 6.8. Perhitungan Kolom Penyangga Reaktor (Leg)

Perencanaan :

Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan)

Jenis kolom yang digunakan : *I beam*

**Perhitungan:**

#### a. Beban tiap kolom

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

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

Dimana :

$P$  = beban tiap kolom, lb

$P_w$  = total beban permukaan karena angin, lb

$H$  = tinggi vessel dari pondasi, ft

$L$  = jarak antara vessel dengan dasar pondasi, ft

$D_{bc}$  = diameter anchor bolt circle, ft

$n$  = jumlah support

$\Sigma W$  = berat total, lb

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

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

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

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

$$= \frac{30134,1385}{4} = 7533,5346 \text{ kg} = 16608,4304 \text{ lb}$$

Direncanakan :

- Jarak kolom penyangga dari tanah ( $L$ ) = 5 ft
- Tinggi reaktor ( $H$ ) = 149,6449 in = 12,4704 ft
- Panjang penyangga =  $\frac{1}{2}(H + L)$   
 $= \frac{1}{2}(12,4704 + 5)$

$$= 8,7352 \text{ ft} = 104,8224 \text{ in}$$

Jadi panjang penyangga (leg) = 8,7352 ft = 104,8224 in

**b. Trial ukuran I beam**

Trial ukuran I beam 10" ukuran 10 x 4 5/8 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

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

- Nominal size = 10 in
- Berat = 25,4 lb
- Area of section ( $A_y$ ) = 7,38 in<sup>2</sup>
- Depth of beam (h) = 10 in
- a = 1,5 in
- Width of flange (b) = 4,66 in
- $I$  = 122,1 in<sup>4</sup>
- Axis (r) = 4,07 in

Analisa terhadap sumbu Y-Y

Dengan :

- $L/r = 104,8224 / 4,07$   
 $L/r = 25,7549$

Karena  $L/r$  antara 0-60, maka :

$$f_c = 15000 \text{ psia}$$

$$f_{\text{eksentrik}} = \frac{P \times (a + 1/2 b)}{I_{1-1} / 1/2 b}$$

$$= \frac{16608,4304 \times (1,5 + 2,3)}{122,1 / 2}$$

$$= 1213,8573$$

$$A = \frac{P}{f_c - f_{\text{eksentrik}}}$$

$$= \frac{16608,4304}{15000 - 1213,8573}$$

$$= 1,2047 \text{ in}^2 < 7,38 \text{ in}^2 \quad (\text{memadai})$$

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

Kesimpulan perancangan penyangga (leg) :

- Ukuran I beam = 10 x 4 5/8
- Berat = 25,4
- Jumlah penyangga = 4
- Peletakan beban dengan beban eksentrik = 4

**6.9. Base Plate**

Perencanaan :

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

**Perhitungan:****a. Luas base plate**

Rumus :

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

Dimana :

$A_{bp}$  = luas base plate, in<sup>2</sup>

P = beban dari tiap-tiap base plat = 16608,4304 lb

$f_{bp}$  = stress yang diterima oleh pondasi bearing capacity yang terbuat dari beton  
= 600 lb/in<sup>2</sup>

Sehingga :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= \frac{16608,4304}{600} \\ &= 41,5211 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

**b. Panjang dan lebar base plate**

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

Dimana :

-  $A_{bp}$  = luas base plate  
= 41,5211 in<sup>2</sup>

- p = panjang base plate, in  
= 2m + 0,95h

- l = lebar base plate, in  
= 2n + 0,8b

Diasumsikan m = n

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

$$h = 10 \text{ in}$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= (2m + 0,95h) \times (2n + 0,8b) \\ 41,5211 &= [2m + (0,95 \times 7)] \times [2n + (0,8 \times 4)] \\ 41,5211 &= (2m + 9,5) \times (2m + 4) \\ 41,5211 &= 4m^2 + 27m + 38 \\ 3,5211 &= 4m^2 + 27m \\ 0 &= 4m^2 + 27m - 5,6657 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{(-27) \pm \sqrt{(27)^2 - (4 \times 4) \cdot (-5,6657)}}{2 \times 4}$$

$$m_1 = 0,1280$$

$$m_2 = -3,8063$$

Diambil  $m = 0,1280$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{- Panjang base plate (p)} &= 2m + 0,95h \\ &= (2 \times 0,1280) + 0,95 \times 10 \\ &= 9,7560 \text{ in} \approx 10 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar base plate (l)} &= 2n + 0,8b \\ &= (2 \times 0,1280) + 0,8 \times 5 \\ &= 4,2560 \text{ in} \approx 5 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 10 in dan lebar base plate 5 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah :

$$10 \times 5 \text{ dengan luas (A)} = 50 \text{ in}^2$$

**c. Peninjauan terhadap bearing capacity (f)**

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

Dengan :

- $f$  = bearing capacity, lb/in<sup>2</sup>
- $P$  = beban tiap kolom = 16608,4304 lb
- $A$  = luas base plate = 50 in<sup>2</sup>

Maka,

$$\begin{aligned} f &= \frac{16608,4304}{50} \\ &= 332,1686 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

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

**d. Peninjauan terhadap harga m dan n**

$$\begin{aligned} \text{- Panjang base plate (p)} \\ p &= 2m + 0,95h \\ 10 &= 2 \times m + 0,95 \times 10 \\ m &= 0,5263 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar base plate (l)} \\ l &= 2n + 0,8b \\ 5 &= 2 \times n + 0,8 \times 5 \\ n &= 0,6250 \end{aligned}$$

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



**e. Tebal base plate**

(Hesse, hal. 163)

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

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

Dengan :

- t = tebal base plate, in
- f = actual unit pressure yang terjadi pada base plate = 332 psia
- n = 0,6250 in

Tebal base plate

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{0,00015 \times 332 \times 0,6250^2} \\ &= 0,1395 \text{ in} \approx 0,2 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan tebal base plate = 0,2 in

**f. Ukuran baut**

$$\begin{aligned} P_{\text{baut}} &= \frac{P}{n_{\text{baut}}} \\ &= \frac{16608,4304}{4} \\ &= 4152,1076 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

Dimana  $f_{\text{baut}}$  = stress tiap baut max  
= 12000 lb/in<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} A_{\text{baut}} &= \frac{4152,1076}{12000} \\ &= 0,3460 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$d_{\text{baut}} = 0,6639 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 diperoleh ukuran baut dengan dimensi baut sebagai berikut :

$$\text{ukuran baut (d)} = 3/4 \text{ in}$$

$$\text{Root area (A)} = 0,302 \text{ in}^2$$

**6.10. Perhitungan Lug dan Gusset****Perhitungan:**

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh :

**a. Lebar Lug**

$$\begin{aligned} A &= \text{lebar lug} &&= \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &&&= 3/4 + 9 \\ &&&= 9,75 \text{ in} \end{aligned}$$

$$b = \text{jarak antar gusset} = \text{ukuran baut} + 8 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3/4 + 8 \\
 &= 8,75 \text{ in}
 \end{aligned}$$

**b. Lebar Gusset**

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar gusset (L)} &= 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \text{ ukuran baut}) \\
 &= 2 ( 5 - 0,4 ) \\
 &= 9,25 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar lug atas (a)} &= 0,5 (\text{panjang kolom} + \text{ukuran baut}) \\
 &= 0,5 ( 10 + 0,75 ) \\
 &= 4,625 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perbandingan tebal base plate} &= \frac{b}{L} && \text{(Brownell \& Young Hal 193)} \\
 &= \frac{8,75}{9,25} \\
 &= 0,9459 \text{ in} = 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 10.6, hal 192, Brownell dengan  $b/l = 1$  didapat  $\gamma = 0,565$

$$\begin{aligned}
 e &= 0,5 \times \text{nut dimension} \\
 &= 0,5 \times 1 \frac{1}{4} \\
 &= 0,6250 \text{ in}
 \end{aligned}$$

**c. Tebal Plate Horizontal (Lug)**

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari persamaan 10.40, hal 192, Brownell :

$$M_y = \frac{P}{4 \pi} \left[ (1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\pi \cdot e} + (1 - \gamma_1) \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{beban tiap baut} && = 16608,4304 \text{ lb} \\
 \mu &= \text{posson's ratio} && = 0,3 \\
 L &= \text{panjang horizontal plate bawah} && = 7 \text{ in} \\
 e &= \text{nut dimension} && = 1 \frac{1}{4} \text{ in} \\
 \gamma_1 &= 0,565
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{16608,4304}{4 \times 3} \left[ (1 + 0,3) \times \ln \frac{2 \times 7}{\pi \times 0,6250} + (1 - 0,565) \right] \\
 &= 2638,7873 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

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

$$\text{thp} = \sqrt{\frac{6 \times 2687,7916}{15000}}$$

$$= 1,0274 \text{ in}$$

Maka, digunakan plate dengan tebal = 1,0274 in

**d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)**

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

$$\begin{aligned} t_{\text{gusset min}} &= \frac{3}{8} \times t_{\text{hp}} \\ &= \frac{3}{8} \times 1,0274 \\ &= 0,3853 \text{ in} \end{aligned}$$

**e. Tinggi Gusset**

$$\begin{aligned} h_g &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 9,75 + 3/4 \\ &= 10,50 \text{ in} \end{aligned}$$

**f. Tinggi Lug**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Lug} &= h_g + 2 t_{\text{hp}} \\ &= 10,50 + 2 \times 1,0274 \\ &= 12,55 \text{ in} \end{aligned}$$

**g. Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :**

- Lug
  - Lebar = 9,75 in
  - Tebal = 1,0274 in
  - Tinggi = 12,55 in
- Gusset
  - Lebar = 9,25 in
  - Tebal = 0,3853 in
  - Tinggi = 10,50 in

**6.11. Perhitungan Pondasi**

Perencanaan :

Beban total yang harus ditahan pondasi :

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

Ditentukan :

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

**Perhitungan**

**a. Berat total reaktor**

$$W = 30134,1385 \text{ kg} = 66433,7218 \text{ lb}$$

**b. Beban yang harus ditanggung tiap kolom**

Rumus :

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

Dimana :

- p = panjang base plate = 10 in = 0,8333 ft
- l = lebar base plate = 5 in = 0,4167 ft
- t = tebal base plate = 0,2 in = 0,0167 ft
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$W_{bp} = 0,8333 \times 0,4167 \times 0,0167 \times 489$$

$$W_{bp} = 2,8299 \text{ lb}$$

**c. Beban tiap penyangga**

Rumus :

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

Dimana :

- L = tinggi kolom = 8,7352 ft
- A = luas kolom I beam = 0,0512 ft<sup>2</sup>
- F = faktor koreksi = 3,4
- $\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489

Beban tiap penyangga :

$$W_p = 8,7352 \times 0,0512 \times 3,4 \times 489$$

$$= 744,2519 \text{ lb}$$

**d. Beban total**

$$W_{total} = W + W_{bp} + W_p$$

$$= 67180,8035 \text{ lb}$$

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

- Luas atas = 100x 100 in
- Luas bawah = 150 x 150 in
- Tinggi = 200 in
- Luas permukaan tanah rata-rata :

$$A = 150 \times 150 = 22500 \text{ in}^2$$

Volume pondasi :

$$V = A \times t$$

$$= 22500 \times 200$$

$$= 4500000 \text{ in}^3 = 2604,1667 \text{ ft}^3$$

- Berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

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

Maka,

$$\begin{aligned} W &= 2604,1667 \times 144 \\ &= 375000 \text{ lb} \\ &= 170098,8842 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft<sup>2</sup>
- Save bearing maximum = 10 ton/ft<sup>2</sup>

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ ton/ft}^2 \times \frac{2240 \text{ lb} \times 1 \text{ ft}}{1 \text{ ton} \times 144 \text{ in}^2} \\ &= 77,7778 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

Tekanan pada tanah :

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

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (40 x 40) in<sup>2</sup> = 22500

Maka,

$$P = \frac{67180,8035 + 375000}{22500}$$

$$P = 19,6525 \text{ lb/in}^2 < 77,7778 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan tanah < kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (100 x 100) in untuk luas atas dan (150 x 150) in untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 200 in dapat digunakan.

### Dimensi Peralatan :

#### 1. Dimensi vessel :

- Bahan konstruksi = *High-Alloy Steel SA-240 Grade M type 316*
- Do (diameter luar) = 90 in
- Di (diameter dalam) = 89,3750 in
- ts (tebal silinder) = 5/16 in
- Ls (tinggi silinder) = 105,7402 in
- tha (tebal tutup atas) = 5/16 in
- ha (tinggi tutup atas) = 15,1044 in
- thb (tebal tutup bawah) = 5/16 in
- hb (tinggi tutup bawah) = 25,8003 in
- Tinggi reaktor = 149,6449 in

- Berat raktor = 30134,139 kg
- Jumlah = 1 buah

## 2. Dimensi Sparger

- Bahan konstruksi = *High-Alloy Steel SA-240 Grade M type 316*
- Diameter sparger (D) = 1,1267 ft<sup>2</sup>
- Luas sparger = 24,9126 ft<sup>2</sup>
- Diameter lubang = 0,2049 ft<sup>2</sup>
- Jumlah lubang sparger = 11 buah

## 3. Dimensi pengaduk :

- Jenis pengaduk = *Carberry Spinning Catalyst Basket*
- Tipe = *Standard*
- Bahan impeller = *316 Stainless steel*
- Bahan poros pengaduk = *Hot Roller Steel SAE 1020*
- *Basket screen size* = 14 x 14 mesh = 0,020 in = 0,51 mm
- *Screen operating* = 0,051 in = 1,3 mm
- *Inside diameter* = 3 in = 76,2 mm
- *Max. impeller/ basket speed* = 1000 - 2500 rpm

## 4. Dimensi Nozzle untuk memasukan bahan baku utama asam asetat

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 2,5 in
- Diameter luar flange (A) = 7 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 7/8 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 4 1/8 in
- Diameter hubungan atas (E) = 3 9/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 2,88 in
- Panjang julakan (L) = 2 3/4 in
- Diameter dalam flange (B) = 2,47 in

## 5. Nozzle untuk mengeluarkan produk gas menuju scrubber

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 1,25 in
- Diameter luar flange (A) = 4 5/8 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 5/8 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 2 1/2 in
- Diameter hubungan atas (E) = 2 5/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,66 in
- Panjang julakan (L) = 2 1/4 in
- Diameter dalam flange (B) = 1,38 in

## 6. Dimensi Nozzle untuk memasukkan dan mengeluarkan steam

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 0,5 in
- Diameter luar flange (A) = 3 1/2 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 7/16 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 1 3/8 in
- Diameter hubungan atas (E) = 1 1/3 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 0,84 in
- Panjang julakan (L) = 1 7/8 in
- Diameter dalam flange (B) = 0,62 in

## 7. Dimensi Nozzle untuk Man Hole

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 20 in
- Diameter luar flange (A) = 27 1/2 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1,6875 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 23 in
- Diameter hubungan atas (E) = 22 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 20 in
- Panjang julakan (L) = 5 11/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 19,25 in

## 8. Dimensi Nozzle untuk mengeluarkan produk liquid menuju crystallizer

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 1 in
- Diameter luar flange (A) = 4 1/4 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 9/16 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 2 in
- Diameter hubungan atas (E) = 1 15/16 in
- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,32 in
- Panjang julakan (L) = 2 3/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 1,05 in

## 9. Dimensi Nozzle untuk memasukkan gas klor

- Tipe = *Welding neck*
- Bahan konstruksi = *HAS, SA-240 Grade M type 316*
- Ukuran nominal pipa (NPS) = 0,75 in
- Diameter luar flange (A) = 3 7/8 in
- Ketebalan flange minimum (T) = 1/2 in
- Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 1 11/16 in
- Diameter hubungan atas (E) = 1 1/2 in

- Diameter hub. pada titik pengelasan (K) = 1,05 in
- Panjang julakan (L) = 2 1/16 in
- Diameter dalam flange (B) = 0,82 in

#### 10. Dimensi Jaket Pemanas

- Bahan konstruksi = *High-Alloy Steel, SA-240 Grade M Type 316*
- diameter luar ( $d_o$ ) = 102 in
- diameter dalam ( $d_i$ ) = 99,31012 in
- tinggi jaket ( $L_j$ ) = 70,3081 in
- tebal jaket ( $t_{s_j}$ ) = 5/16 in

#### 11. Dimensi Flange

- Tipe flange = *Ring flange loose type*
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316*
- Tensile strength minimum = 75000
- Allowable stress (f) = 18750
- Tebal flange = 2,1788 in
- Diameter dalam ( $D_i$ ) flange = 93,0094 in
- Diameter luar ( $D_o$ ) flange = 95,1344 in

#### 12. Dimensi Bolting

- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA 193 Grade M type 347*
- Tensile strength minimum = 75000
- Allowable stress (f) = 15000
- Ukuran baut = 1 in
- Jumlah baut = 12 buah

#### 13. Dimensi gasket

- Bahan gasket = *Flat metal, jacketed, asbestos filled*
- Lebar (L) = 0,0196 in
- Tebal gasket (n) = 0,0368 in
- Gasket faktor (m) = 3,75
- Diameter rata-rata (G) = 89,4853 in

#### 14. Dimensi Sistem Penyangga

- Jenis = *Kolom I beam*
- Jumlah = 4 buah
- Panjang (L) = 104,8224 in
- Ukuran I beam = 10 x 4 5/8 in
- Area of section ( $A_y$ ) = 7,380 in
- Depth of beam (h) = 10 in
- Width of flange (b) = 4,660 in
- Axis (r) = 4,070 in



## 15. Dimensi Base Plate

- Panjang (p) = 10 in
- Lebar (l) = 5 in
- Tebal (t) = 0,2 in
- Ukuran baut = 3/4 in
- Jumlah baut = 4 buah
- Bahan = *Cast iron*

## 16. Dimensi Lug

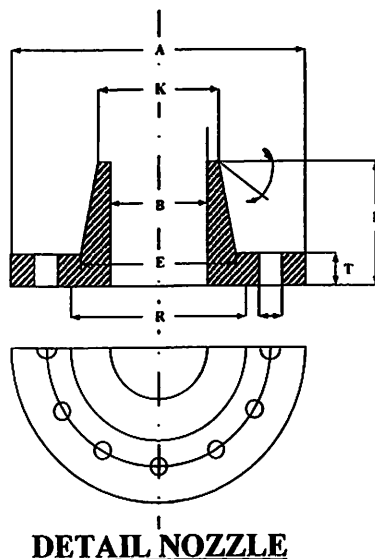
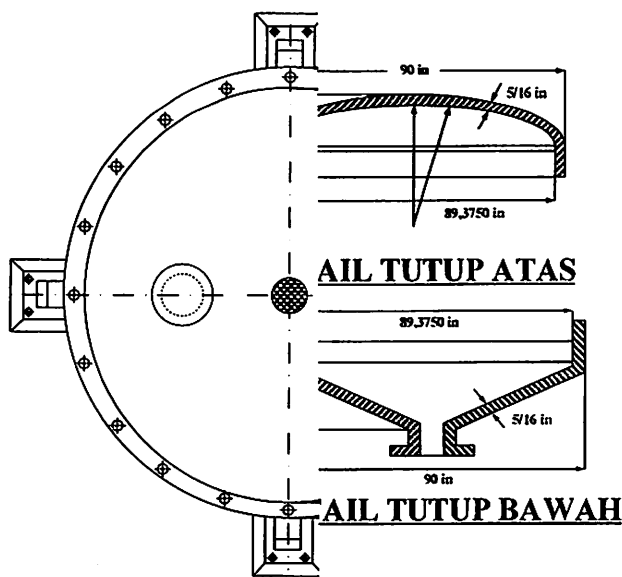
- Lebar = 9,75 in
- Tebal = 1,03 in
- Tinggi = 12,55 in
- Bahan = *Carbon Steel*

## 17. Dimensi Gusset

- Lebar gusset = 9,2500 in
- Tebal gusset = 0,3853 in
- Tinggi gusset = 10,50 in
- Bahan = *Carbon Steel*

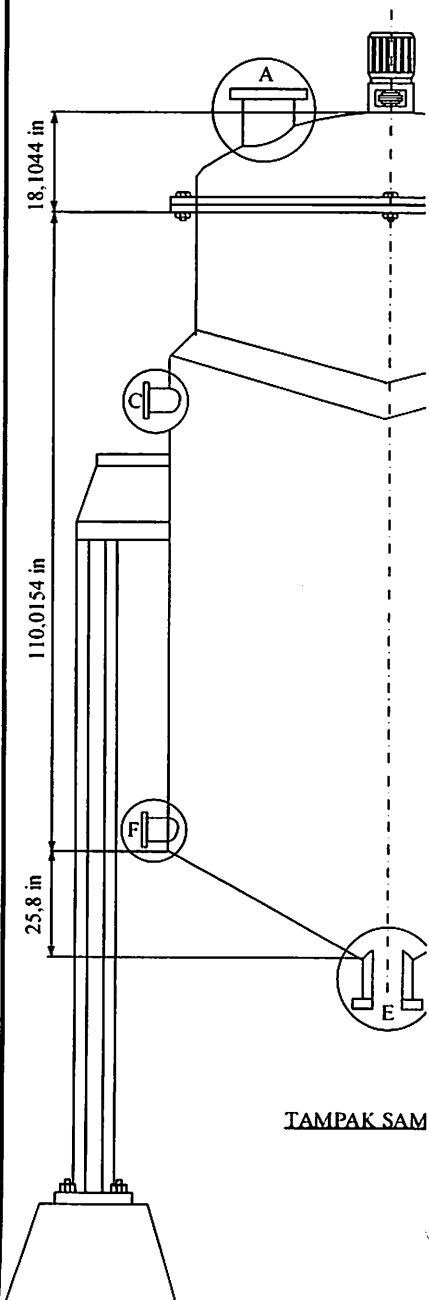
## 18. Dimensi Sistem Pondasi

- Luas atas = 100x 100 in
- Luas bawah = 150 x 150 in
- Tinggi Pondasi = 200 in
- Bahan = *Cement Sand and Gravel*



TAMPAK

NOZZLE	NPS	A	T	R	E	L	K	B
A	2,5	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2 3/4	2,88	2,47
B	1,25	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	2 1/4	1,66	1,38
C	0,5	3 1/2	7/16	1 3/8	1 1/3	1 7/8	0,84	0,62
D	20	27 1/2	1 11/16	23	22	5 11/16	20	19,25
E	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	2 3/16	1,32	1,05
F	0,75	3 7/8	1/2	1 11/16	1 1/2	2 1/16	1,05	0,82



TAMPAK SAM

20	PONDASI	CEMENT SAND & GRAVEL
19	BASE PLATE	CAST IRON
18	NOZZLE PRODUK	HAS SA 240 Grade M Type 316
17	SPARGER	HAS SA 240 Grade M Type 316
16	TUTUP BAWAH	HAS SA 240 Grade M Type 316
15	JACKET PEMANAS	HAS SA 240 Grade M Type 316
14	C. S. CATALYST BASKET	316 STAINLESS STEEL
13	PENYANGGA	CARBON STEEL
12	LUG DAN GUSSET	CARBON STEEL
11	NOZZLE INLET STEAM	HAS SA 240 Grade M Type 316
10	NOZZLE OUTLET STEAM	HAS SA 240 Grade M Type 316
9	POROS PENGADUK	HOT ROLLER STEEL SAE 1020
8	SILINDER	HAS SA 240 Grade M Type 316
7	MANHOLE	HAS SA 240 Grade M Type 316
6	GASKET	FLAT METAL, JACKETED, ASBESTOS
5	FLANGE	HAS SA 240 Grade M Type 316
4	BAUT	HAS SA 240 Grade M Type 316
3	TUTUP ATAS	HAS SA 240 Grade M Type 316
2	NOZZLE PRODUK GAS	HAS SA 240 Grade M Type 316
1	NOZZLE ASAM ASETAT	HAS SA 240 Grade M Type 316
No	KETERANGAN	BAHAN

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR

DIRANCANG OLEH :

DOSEN PEMBIMBING :

*Riska Rostine*

*Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT*

RISKA ROSTINE

11.14.020

PROF. DR. IR. TRI POESPOWATI, MT

## BAB VII

### INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

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

#### 7.1. Instrumentasi

Dalam mengoperasikan sebuah pabrik, pemasangan alat-alat instrumentasi sangat dibutuhkan untuk memperoleh hasil produksi yang optimal. Instrumentasi adalah suatu alat yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang sangat penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien, sehingga kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal.

Pemilihan dan penempatan alat pengendali ini sangat penting karena menyangkut harga alat yang cukup mahal. Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain:

1. Manual atau indikator, yaitu alat pengamatan yang di pasang pada alat proses dimana kondisi operasinya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indicator*) atau perekam (*recorder*).
2. Otomatis, yaitu *controller* yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian kondisi prosesnya. Perubahan kondisi operasi sedikit saja

akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga alat proses ini perlu dipasang alat pengendali (*controller*).

#### 7.1.1. Tujuan Pemasangan Alat Instrumen

Pemasangan alat instrumen bertujuan untuk:

- a. 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
- b. Mendapatkan *rate* atau laju alir proses produksi sesuai dengan yang diinginkan
- c. Menjaga kualitas produk
- d. Mempermudah pengoperasian alat
- e. Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjamin.

#### 7.1.2. Bagian Dari Instrumen

Dalam suatu instrumen ada beberapa bagian alat yang pemakaiannya bisa berfungsi sebagai berikut:

- a. Indikator, yaitu bagian dari instrumen yang berfungsi untuk menunjukkan pengukuran secara langsung, misalnya *level indicator* yaitu alat penunjuk ketinggian liquids dalam suatu alat pemroses
- b. *Recorder*, yaitu bagian instrumen yang berfungsi untuk mencatat suatu kondisi proses yang merupakan kelengkapan instrumen tipe penunjuk, misalnya pena pada jarum penunjuk pengukur tekanan.
- c. *Controller*, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan kondisi proses dan operasi, misalnya: *Flow controller* untuk mengendalikan laju alir fluida dalam pipa, *Temperature controller* untuk mengendalikan suhu operasi selama proses berlangsung agar sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan.
- d. *Sensor (transducer)*, bagian instrumentasi yang berfungsi untuk berkontak langsung dengan objek yang diukur untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik.
- e. *Sensor Error Detector*, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengukur kesalahan yang terjadi antara keluaran aktual dengan keluaran yang diinginkan
- f. Penggerak daya (*ajuator*), bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan aliran energi ke sistem yang dikendalikan. Alat ini disebut juga elemen pengendali

akhir. Elemen pengeluaran ini harus mampu menggerakkan beban ke suatu harga yang diinginkan.

Selain pemeliharaan dan perawatan secara berkala, adanya alat-alat kontrol pada peralatan sangat membantu menciptakan kondisi operasi yang ideal. Oleh karena itu, untuk memperoleh kinerja peralatan yang baik, dalam jangka waktu panjang perlu dilakukan *shut down maintenance* yaitu pemberhentian seluruh peralatan proses untuk pembersihan dan perbaikan termasuk peralatan instrumen. Setelah pemeliharaan dan pembersihan selesai, maka proses bisa kembali dijalankan (*start up*) dan pada masa *start up* inilah diharapkan alat proses maupun alat instrumen dapat berfungsi dengan baik.

Banyak pertimbangan yang harus dilakukan dalam memilih instrumen agar alat tersebut dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan antara lain:

- a. jenis instrumen
- b. *range* yang diperhitungkan pada kondisi operasi
- c. ketelitian instrumen
- d. bahan konstruksi serta pengaruh pada kondisi operasi
- e. mudah perawatan dan perbaikan
- f. mudah dalam pengoperasian
- g. faktor ekonomis

Alat-alat kontrol yang biasa dipakai pada peralatan proses antara lain:

1. *Temperature Controller (TC)*

Adalah alat/instrumen yang digunakan sebagai alat pengukur suhu atau pengukur sinyal mekanis atau listrik. Digunakan pada alat: heater, esterifikasi, distilasi, kondensor, *reboiler* dan *netralizer*.

2. *Pressure Controller (PC)*

Adalah alat/instrumen yang dapat digunakan sebagai alat pengukur tekanan atau pengukur tekanan pada alat reaktor dan *reboiler*.

3. *Flow Controller (FC)*

Adalah alat/instrumen yang bisa digunakan untuk mengatur kecepatan aliran fluida pada reaktor.

#### 4. *Level Controller* (LC)

Merupakan alat instrumen pengendali ketinggian liquida pada alat: reaktor, kolom distilasi, esterifikasi, *neutralizer*, akumulator dekanter.

#### 5. *Level indicator* (LI)

Merupakan alat instrumen penunjuk ketinggian liquida alam suatu tangki.

#### 6. *Ratio Controller* (RC)

Merupakan instrumen pengendali ratio aliran liquida pada tangki bahan baku, bin, akumulator, *reboiler* dan *neutralizer*.

#### 7. *Weight Controller* (WC)

Merupakan alat instrumen yang mengatur berat bahan dalam suatu system agar sesuai dengan yang telah ditentukan.

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

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

Daftar penggunaan instrumentasi pada Pra-rancangan Pabrik Pembuatan Asam Kloroasetat dengan Asam Asetat dan Klor dengan Proses Klorinasi dapat dilihat pada tabel 7.1 dibawah ini.

Tabel 7.1 Daftar penggunaan instrumentasi pada Pra-rancangan Pabrik Pembuatan Asam Kloroasetat dengan proses Klorinasi

No	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumen
1.	Heater	E-113 E-115	TC
2.	Reaktor	R-110	TC FC
3.	Tangki Penampung Sementara	F-121	LI
4.	Scrubber	D-120	PC
5.	Cooler	E-117	TC
6.	Kristalizer	X-118	PC
7.	Melter	Q-123	FC
8.	Drum Flaker	C-124	TC

9.	Bin Produk	F-125	WC
----	------------	-------	----

## 7.2. KESELAMATAN KERJA

Keselamatan kerja adalah suatu usaha untuk mencegah terjadinya kecelakaan, cacat ataupun kematian. Aktivitas masyarakat umumnya berhubungan dengan resiko yang dapat mengakibatkan kerugian pada badan atau usaha. Karena itu usaha-usaha keselamatan merupakan tugas sehari-hari yang harus dilakukan oleh seluruh karyawan. Keselamatan kerja dan keamanan pabrik merupakan faktor yang perlu diperhatikan secara serius. Dalam hubungan ini bahaya yang dapat timbul dari mesin, bahan baku dan produk, sifat zat, serta keadaan tempat kerja harus mendapat perhatian yang serius sehingga dapat dikendalikan dengan baik untuk menjamin kesehatan karyawan.

Statistik menunjukkan bahwa angka kecelakaan rata-rata dalam pabrik kimia relatif tidak begitu tinggi. Tetapi situasi beresiko memiliki bentuk khusus, misalnya reaksi kimia yang berlangsung tanpa terlihat dan hanya dapat diamati dan dikendalikan berdasarkan akibat yang akan ditimbulkannya. Kesalahan-kesalahan dalam hal ini dapat mengakibatkan kejadian yang fatal.

### A. Bahaya kebakaran dan peledakan

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

- a. *valve* atau pipa tangki penyimpanan terjadi kebocoran yang mengakibatkan percikan api di sekitar *storage* sehingga mengakibatkan tangki meledak, atau terjadinya kontak antara bahan dengan gas oksigen dari udara.
- b. terjadinya hubungan singkat (*konsleting*) pada saklar, stop kontak atau alat listrik lainnya pada peralatan instrumentasi maupun peralatan listrik sederhana seperti lampu, radio, komputer, mesin *fax*, *answering machine*.

Untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan terjadinya kebakaran antara lain:

- a. memasang pipa air mlingkar (*water hydrant*) di seluruh areal pabrik
- b. memasang alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau di setiap 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.
- d. memasang plakat-plakat, slogan-slogan atau *Standard Operational Procedures* (SOP) pada setiap proses yang menerangkan bahaya dari proses atau alat yang bersangkutan.

### **B. Bahaya Mekanik**

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

- a. perancangan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, pertimbangan faktor korosi. Perancangan alat *under design* biasanya lebih besar menciptakan bahaya ini.
- 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.

### **C. Bahaya Terhadap Kesehatan dan Jiwa Manusia**

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

Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan atau penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan bau agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta di lingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagian mana dia bekerja.

Alat pelindung yang diperlukan dapat terlihat pada table berikut ini :

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik Asam Kloroasetat :

No.	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Semua Unit Proses
2.	Helm pengaman	Gudang, bagian proses, storage
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses, storage
4.	Sepatu karet	Gudang, bagian proses, storage



5.	Isolasi panas	Reaktor, heater
6.	Pemadam kebakaran	Kantor, gudang, bagian proses, storage dan laboratorium
7.	P3K	Kantor, gudang, bagian proses, storage dan laboratorium
8.	Pagar Pelindung	Alat transportasi, misal belt conveyor

#### **D. 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 adalah:

- a. semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup
- b. peralatan yang penting seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang aman dan terkendali
- c. peralatan listrik di bawah tanah sebaiknya di beri tanda dengan jelas.

Dengan mengulangi atau menjalankan sejumlah teknik pengidentifikasian, jumlah bahaya residual akan dapat dikurangi. Banyak teknik identifikasi yang salah satunya dapat dipilih sebagai yang mungkin paling efektif diorganisasi tertentu yang dapat menyediakan informasi yang dibutuhkan dalam proses tertentu. Teknik-teknik tersebut meliputi:

##### **1. Survey Keselamatan Kerja**

- Kadang dinamakan inspeksi keselamatan kerja
- Inspeksi umum terhadap seluruh area kerja
- Cenderung kurang rinci dibandingkan teknik-teknik lainnya
- Memberikan gambaran yang menyeluruh tentang keadaan pencegahan kecelakaan di seluruh area kerja tertentu.

##### **2. Patroli Keselamatan Kerja**

- Inspeksi terbatas pada rute yang ditentukan terlebih dahulu
- Perlu merencanakan rute berikutnya untuk memastikan cakupan menyeluruh atas area kerja
- Mempersingkat waktu setiap inspeksi

##### **3. Pengambilan Sampel Keselamatan Kerja**

- Melihat pada satu aspek kesehatan atau keselamatan kerja saja

- Fokuskanlah perhatian untuk melakukan identifikasi yang lebih rinci
- Perlu merencanakan serangkaian pengambilan sampel untuk mencakup seluruh aspek kesehatan dan keselamatan kerja

#### 4. Audit Keselamatan Kerja

- Inspeksi tempat kerja dengan teliti
- Lakukanlah pencarian untuk mengidentifikasi semua jenis bahaya
- Jumlah setiap jenis bahaya yang teridentifikasi harus dicatat
- Dapat dikembangkan dengan sistem peringkat untuk mengukur derajat kesehatan dan keselamatan kerja di perusahaan.

#### 5. Pemeriksaan Lingkungan

- Dilakukan berdasarkan pengukuran konsentrasi zat-zat kimia di atmosfer
- Dapat mengidentifikasi kemungkinan bahaya terhadap kesehatan di tempat kerja
- Mencatat pembacaan secara berturut-turut dapat menunjukkan peningkatan atau sebaliknya

#### 6. Laporan Kecelakaan

- Dibuat setelah kecelakaan
- Kecelakaan kecil perlu dicatat dan juga kerugian berupa kehilangan waktu
- Informasi yang diperoleh dari laporan kecelakaan

Sistem kerja yang aman merupakan metode kerja yang telah dipilih secara cermat yang memperhitungkan potensi bahaya-bahaya bagi pekerja maupun pihak lain seperti para tamu dan kontraktor dan menyediakan sebuah kerangka kerja formal untuk memastikan bahwa seluruh langkah yang diperlukan untuk bekerja secara aman sudah diantisipasi dan diterapkan. Prosedur yang tepat untuk mengembangkan sistem kerja yang aman adalah sebagai berikut:

#### 1. Mengidentifikasi bahaya dari

- Energi
  - Listrik
  - Uap atau air panas bertekanan tinggi
  - Udara yang dimampatkan
  - Sistem hidrolis
  - Pegas yang ditekan, misalnya dalam silinder, robot dan sebagainya
- Material

- Korosif
  - Gas asfiksian
  - Dapat menyala (flammable) dan meledak
  - Substans beracun
  - Perawatan
    - Permesinan
    - Kran dan perlengkapan pengangkat
    - Alat transportasi internal
  - Tempat-tempat berbahaya
    - Bekerja di ketinggian
    - Dalam ruangan sempit
    - Di lingkungan yang tidak lazim
2. Menyingkirkan Bahaya
    - Mengubah proses dan/atau materialnya
  3. Menyediakan Pelindung
    - Pengaman
    - Alat pelindung diri (PPE)
  4. Mengembangkan Sistem Kerja Yang Aman
    - Dalam bentuk tertulis
    - Menggunakan:
      - Pengembokan
      - Surat ijin kerja
  5. Menyediakan pelatihan yang sesuai
  6. Menyediakan perlengkapan khusus
    - Tali pelindung
    - Alat bantu pernapasan/masker
    - Sungkup/sumbat telinga (*ear muffs/plugs*)
    - Anjungan kerja (*working platform*) yang aman
  7. Memantau apakah sistem tersebut sudah diikuti.

Keselamatan kerja yang tinggi dapat dicapai dengan penambahan nilai-nilai disiplin bagi para karyawan, yaitu:

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 priodik terhadap alat instalasi pabrik oleh petugas maintenance.

## **BAB VIII**

### **UTILITAS PABRIK**

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan mengingat saling berhubungan antara proses industri dengan utilitas untuk proses tersebut. Dalam hal ini, utilitas dari suatu pabrik terdiri atas :

1. Unit pengolahan air

Unit ini berfungsi sebagai penyedia air pendingin, air proses, air sanitasi dan air pengisi boiler.

2. Unit pembangkit steam

Unit ini sebagai penyedia kebutuhan steam pada proses evaporasi, pemanasan dan supply pembangkit tenaga listrik.

3. Unit pembangkit tenaga listrik

Unit ini sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat-alat bangunan, jalan raya dan lainnya.

4. Unit bahan bakar

Unit ini sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat, generator, boiler dan lainnya.

5. Unit pengolahan limbah

Unit ini berfungsi sebagai pengolahan limbah cair, padat, maupun gas dari proses pabrik.

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

1. Sebagai air pengisi boiler (air umpan boiler)

2. Sebagai air sanitasi

3. Sebagai air pendingin

4. Sebagai air proses

#### **8.1. Unit Pengolahan Air (Water Treatment)**

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, direncanakan menggunakan air sungai. Pengambilan air sungai ditampung dalam bak penampung air sungai, untuk melanjutkan dilakukan pengolahan agar bisa dipakai sebagai air sanitasi. Sedangkan

untuk air proses, air pendingin dan air umpan boiler akan diolah lebih lanjut sesuai kebutuhan masing-masing.

### 8.1.1. Air umpan boiler

Kebutuhan steam pada pabrik sebesar 275.7122 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan excess 10% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya faktor kebocoran akibat transmisi dan faktor keamanan sebesar 5%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 507.1366 kg/jam.

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

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

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

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

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

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

### 8.1.1. Air Proses

Kebutuhan air proses pada pabrik asam kloroasetat ini sebesar 2330.8711 kg/jam. Kebutuhan air proses digunakan pada alat Scrubber (D-120).

### 8.1.3 Air sanitasi

Air sanitasi yang diperlukan digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, untuk konsumsi mandi, mencuci, taman dan lain-lain. Syarat yang harus dipenuhi sebagai air sanitasi, yaitu :

#### 1. Syarat fisika

- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Tidak berbusa
- Mempunyai suhu dibawah suhu udara
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm  $\text{SiO}_2$
- pH netral

#### 2. Syarat kimia

- Tidak beracun
- Tidak mengandung zat-zat organik maupun zat anorganik yang tidak larut dalam air, seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ , Hg, Cu dan sebagainya

#### 3. Syarat bakteriologis

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

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Hidrogen ini adalah :

#### 1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standart WHO kebutuhan air untuk tiap orang adalah 120 L/hari/orang

#### 2. Untuk laboratorium dan taman

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan

#### 3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air sanitasi. Sehingga didapatkan kebutuhan air sanitasi untuk pabrik sebesar 1526.3774 kg/jam

#### 8.1.4 Air pendingin

Air berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

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

Adapun syarat-syarat air yang digunakan sebagai pendingin:

1. Jernih, air harus bersih, tidak terdapat partikel-partikel kasar yaitu batu, kerikil, atau partikel-partikel halus seperti pasir, tanah dan lumut yang dapat menyebabkan air kotor.
2. Tidak menyebabkan korosi.
3. Tidak menyebabkan fouling, yang disebabkan oleh kotoran yang terikut saat air masuk unit pengolahan air, disamping pasir, mikroba dan zat-zat organik.

Air pendingin digunakan pada Cooler (E-117), Kristalizer (X-118), Drum Flaker (C-124) dengan total 635.6411 kg/jam. Air pendingin yang disediakan dengan excess 10% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat transmisi. Sehingga kebutuhan air pendingin adalah sebanyak 762.7693 kg/jam.

#### Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air sungai tersebut adalah :

Air dari sungai dipompa dengan pompa (L-211) menuju bak sedimentasi (F-212) yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur dari sungai. Keluar dari bak sedimentasi air dipompa (L-213) menuju bak skimmer (F-214) untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terapung. Keluar dari bak skimmer air dipompa (L-215) menuju clarifier (H-120) disini terjadi proses koagulasi dan flokulasi dengan penambahan alum sebagai zat koagulan dan diadakan pengadukan dengan kecepatan yang cepat dan lambat agar alum dan air dapat tercampur secara homogen. Setelah terjadi proses koagulasi dan flokulasi, air dipompa ke bak penampung hasil koagulasi (F-217) untuk menetralkan aliran.

Kemudian menuju ke sand filter (H-218). Keluar dari sand filter air masuk ke bak air bersih (F-219) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu :



- Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-219) dialirkan dengan pompa (L-223) menuju bak klorinasi (F-234) dan ditambahkan desinfektan klor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-225) dan siap untuk dipergunakan sebagai air sanitasi.

- Pelunakan air umpan boiler

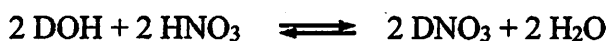
Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-220 A) dan anion exchanger (D-220 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit ( $\text{H}_2\text{Z}$ ) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Air dari bak air bersih (F-219) dialirkan dengan pompa (L-221) menuju kation exchanger (D-220A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk  $\text{CO}_2$  dan air,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-220B) 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  $\text{CaZ}$ ,  $\text{NaZ}$  dan

MgZ. Sedangkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  dan  $\text{HNO}_3$  terikut pada anion exchanger dalam bentuk  $\text{D}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{DCl}$  dan  $\text{DNO}_3$ . 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 ditampung di bak air umpan boiler (F-233) dan siap diumpankan ke boiler (Q-230) dengan pompa (L-234). 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-222), air dipompa (L-226) ke bak air pendingin (F-227) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-228). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-229) dan selanjutnya dari cooling tower, air di recycle ke bak air pendingin kembali.

- Pengolahan air proses

Untuk memenuhi kebutuhan air proses, air dari bak air lunak (F-222) dipompa dengan pompa (L-241) menuju ke alat yang membutuhkan air proses.

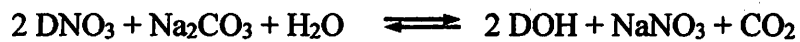
- Proses regenerasi :

Reaksi yang terjadi :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hidrogen *exchanger* dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Sedangkan regenerasi anion *exchanger* dengan menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ .

Reaksi yang terjadi :



### 8.3. Unit Penyediaan Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dari asam asetat dan klor ini adalah yang meliputi :

- Proses : 39.03 kW
- Penerangan : 158.8255 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila listrik mati, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 212 kW sebagai *back up*.

### 8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator. Pada boiler bahan bakar yang digunakan adalah batubara fines yang berasal dari vibrating screen. Fines ini digunakan sebagai bahan bakar pada boiler hal ini didasarkan pada pertimbangan :

- Pemanfaatan fines sebagai batubara
- Persediaan batubara yang memadai pada pabrik
- Mudah di gunakan
- Murah
- Heating value tidak jauh berbeda dengan diesel oil

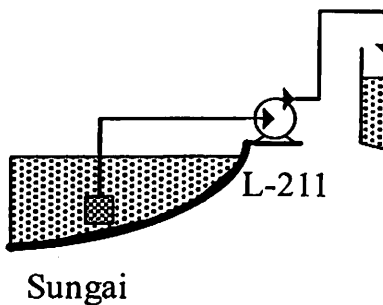
Sedangkan untuk generator listrik bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

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

## VIII-8

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6<sup>th</sup> ed, didapat :

- Flash point = 38 °C (100 °F)
- Pour point = -6 °C (21,2 °F)
- Densitas = 0,8 kg/L
- Heating value = 19.200Btu/lb



27	L-241	POMPA KE ALAT PROSES
26	D-234	POMPA KE BOILER
25	F-233	BAK AIR UMPAN BOILER
24	D-232	DEAERATOR
23	L-231	POMPA KE DEAERATOR
22	Q-230	BOILER
21	P-229	COOLING TOWER
20	L-228	POMPA AIR PENDINGIN KE PERALATAN
19	F-227	BAK AIR PENDINGIN
18	L-226	POMPA AIR PENDINGIN
17	F-225	BAK AIR SANITASI
16	F-224	BAK KLOORINASI
15	L-223	POMPA KE BAK KLOORINASI
14	F-222	BAK AIR LUNAK
13	L-221	POMPA AIR BERSIH
12	D-220B	ANION EXCHANGER
11	D-220A	KATION EXCHANGER
10	F-219	BAK AIR BERSIH
9	H-218	SAND FILTER
8	F-217	BAK PENAMPUNG KOAGULASI
7	L-216	POMPA BAK KOAGULASI
6	L-215	POMPA SKIMMER
5	F-214	SKIMMER
4	L-213	POMPA BAK SEDIMENTASI
3	F-212	BAK SEDIMENTASI
2	L-211	POMPA AIR SUNGAI
1	H-210	CLARIFIER
NO	KODE	NAMA ALAT

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

UNIT PENGOLAHAN AIR  
 PRA-RENCANA PABRIK ASAM KLOOROASETAT

DIRANCANG OLEH

DOSEN PEMBIMBIE

*Yulita Kenda*  
 YULITA KENDA  
 PRISKA ROSTINE

*Priska Rostine*  
 11.14.004  
 11.14.020

*Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT*  
 PROF. DR. IR. TRI POESPOWATI, MT

## **BAB IX**

### **TATA LETAK PABRIK**

#### **9.1. Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif. Tata letak pabrik meliputi perencanaan kebutuhan ruangan untuk semua aktivitas dalam suatu pabrik yang meliputi kantor, gudang, kamar dan semua fasilitas lain yang ada hubungannya dengan seluruh proses dalam menghasilkan produk.

Beberapa masalah khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik antara lain:

- Ruang yang cukup agar pekerja dapat bergerak leluasa
- Pergerakan (pemindahan) barang juga leluasa
- Mengurangi jumlah material handling menjadi sedikit dan seefisien mungkin
- Menempatkan bahan mudah terbakar jauh dari ruang proses
- Mengurangi keterlambatan pekerjaan seminimal mungkin
- Bentuk dan kerangka bangunan meliputi tembok dan atap
- Kemungkinan adanya perluasan pabrik
- Penanganan bahan buangan pabrik
- Pencegahan dan penanganan bahaya peledakan, kebakaran atau gas berbahaya
- Fondasi bangunan ataupun peralatan proses
- Ventilasi dan penerangan ruangan

Pengaturan posisi bangunan di atur sedemikian rupa, sehingga areal pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan bangunan pabrik meliputi:

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

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

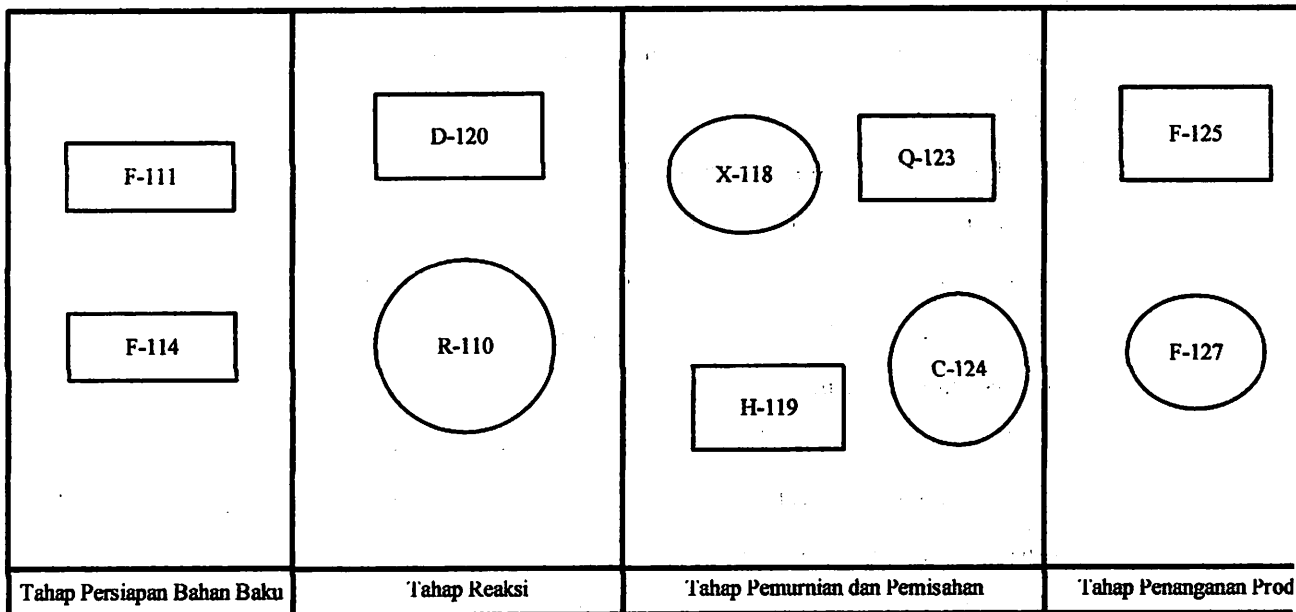
1. Tata letak peralatan
2. Tata letak bangunan

### 9.2. Tata Letak Peralatan Proses

Dalam pengaturan peralatan (*equipment lay out*) beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- Walaupun dalam ruangan penuh alat, harus diusahakan dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
- Letak peralatan harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.

Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.1. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Asam kloroasetat.



**Gambar 9.1. Tata Letak Peralatan Proses**

Keterangan gambar:

F-111 : Storage Asam Asetat

F-114 : Storage Chlorine

R-110 : Reaktor

D-120 : Scrubber

X-118 : Crystallizer

H-119 : Centrifuge

Q-123 : Melter

C-124 : Drum Flaker

F-125 : Bin Produk

F-127 : Gudang Produk

### 9.3. Perincian Luas Area Pabrik

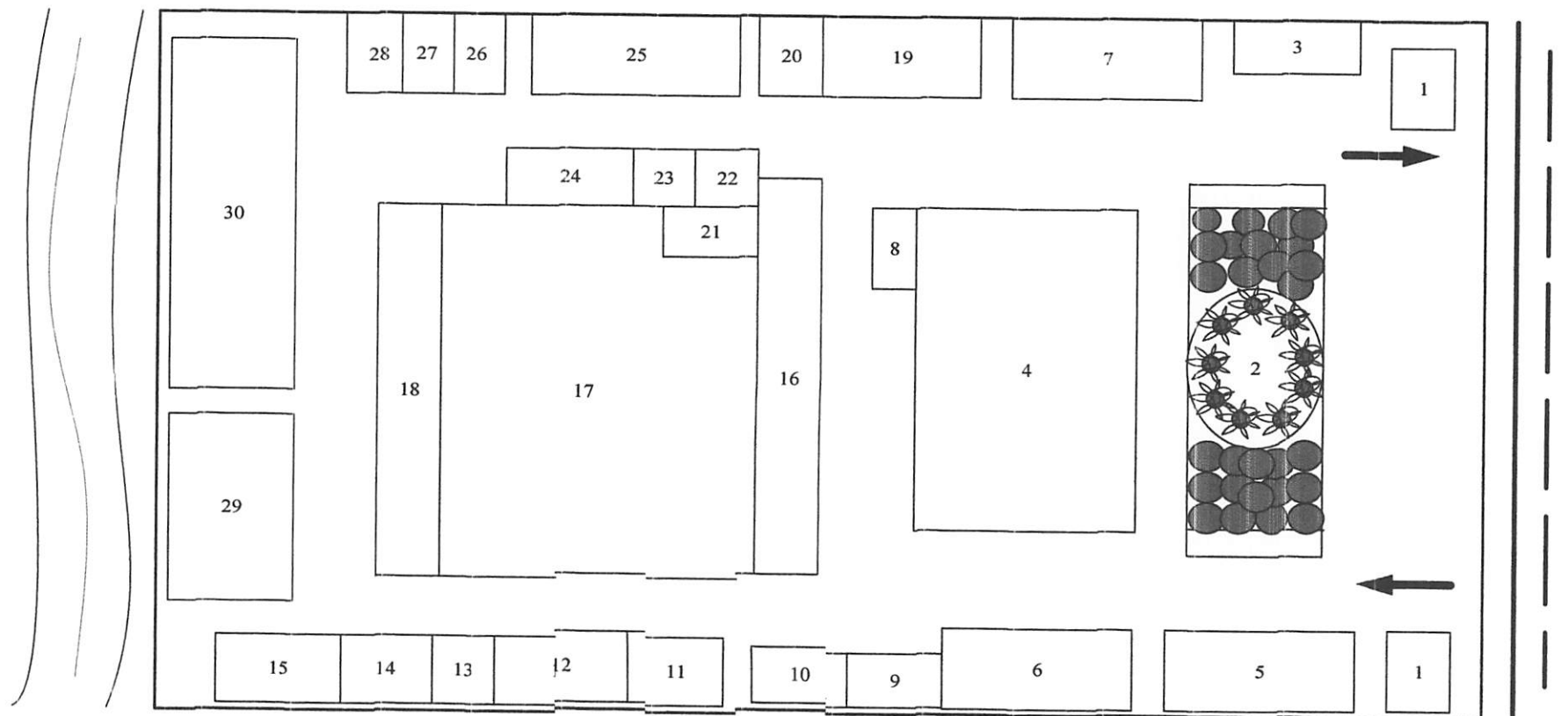
Luas areal yang diperlukan untuk lokasi pabrik asam kloroasetat diperkirakan sebagai berikut :

**Tabel 9.1. Perincian Luas Area Pabrik**

No.	Lokasi	Ukuran (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Keamanan	(2 x 5) x 2	20
2	Taman	100 x 3	300
3	Parkir Tamu	2 x 10	20
4	Kantor Pusat	100 x 7	700
5	Pos Penimbangan	100 x 3	300
6	Gedung Serbaguna	15 x 10	150
7	Kantor Penelitian dan Pengembangan (R&D)	90 x 5	450
8	Dapur	5 x 10	50
9	Perpustakaan	5 x 4	20
10	Tempat Ibadah	10 x 10	100
11	Kantin	8 x 5	40
12	Koperasi	5 x 10	50
13	Poliklinik	6 x 5	30
14	Pemadam Kebakaran	6 x 10	60
15	Parkir Karyawan	5 x 10	50
16	Gudang Bahan Baku	5 x 9	45
17	Area Proses	130 x 100	13000
18	Gudang Produk	10 x 8	80
19	Gedung Manager	10 x 5	50
20	Departemen Produksi	6 x 5	30
21	Departemen Teknik	5 x 8	40
22	Ruang Kontrol	5 x 4	20
23	Garasi	6 x 6	36
24	Bengkel	10 x 10	100
25	Laboratorium	4 x 100	400
26	Generator	5 x 5	25
27	Ruang Bahan Bakar	5 x 5	25
28	Ruang Boiler	10 x 8	80
29	Utilitas	25 x 14	350
30	Area Perluasan Pabrik		3500
	Jumlah		20.121



Jadi, direncanakan pengadaan tanah untuk pembangunan pabrik asam kloroasetat sekitar 20.121 m<sup>2</sup>. Susunan area-area bagian tiap-tiap pabrik asam kloroasetat seperti yang tertera pada tabel 9.1. dapat dilihat pada gambar 9.2.



## Keterangan :

- |                    |                     |                       |                         |                       |                           |
|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1. Pos keamanan    | 6. Gedung serbaguna | 11. Kantin            | 16. Gudang bahan baku   | 21. Departemen teknik | 26. Generator             |
| 2. Taman           | 7. Kantor Litbang   | 12. Koperasi          | 17. Area Proses         | 22. Ruang kontrol     | 27. Ruang bahan bakar     |
| 3. Parkir tamu     | 8. Toilet           | 13. Poliklinik        | 18. Gudang produk       | 23. Garasi            | 28. Ruang boiler          |
| 4. Kantor pusat    | 9. Perpustakaan     | 14. Pemadam Kebakaran | 19. Gedung manager      | 24. Bengkel           | 29. Utilitas              |
| 5. Pos penimbangan | 10. Tempat ibadah   | 15. Parkir Karyawan   | 20. Departemen produksi | 25. Laboratorium      | 30. Area perluasan Pabrik |

Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik

## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI**

Organisasi sering diartikan sebagai kelompok yang secara bersama-sama ingin mencapai suatu tujuan yang sama. Organisasi juga merupakan kumpulan dari peranan, hubungan dan tanggung jawab yang jelas dan tetap paling tidak dalam jangka waktu pendek. Organisasi disusun tidak hanya mengatur orang-orangnya, tetapi juga membentuk dan memodifikasi struktur dimana di dalamnya tersusun tugas orang-orang tersebut. Dalam hal ini harus ada pembagian peranan untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara bersama-sama.

Jadi, hakekat suatu organisasi (perusahaan) adalah adanya orang-orang yang usahanya harus dikoordinasikan; tersusun dari sejumlah subsistem yang saling berhubungan dan saling tergantung; bekerjasama bersama atas dasar pembagian kerja, peran dan wewenang; serta mempunyai tujuan tertentu yang hendak dicapai.

#### **10.1. Dasar Perusahaan**

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)  
Lokasi pabrik : Surakarta, Jawa Tengah  
Kapasitas produksi : 12.000 ton/tahun  
Status perusahaan : Swasta  
Modal : Penanaman Modal Dalam Negeri

Dalam pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar sebagai alat pelaksanaannya. Elemen dasar itu adalah :

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

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan dalam mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

## 10.2. Bentuk Perusahaan

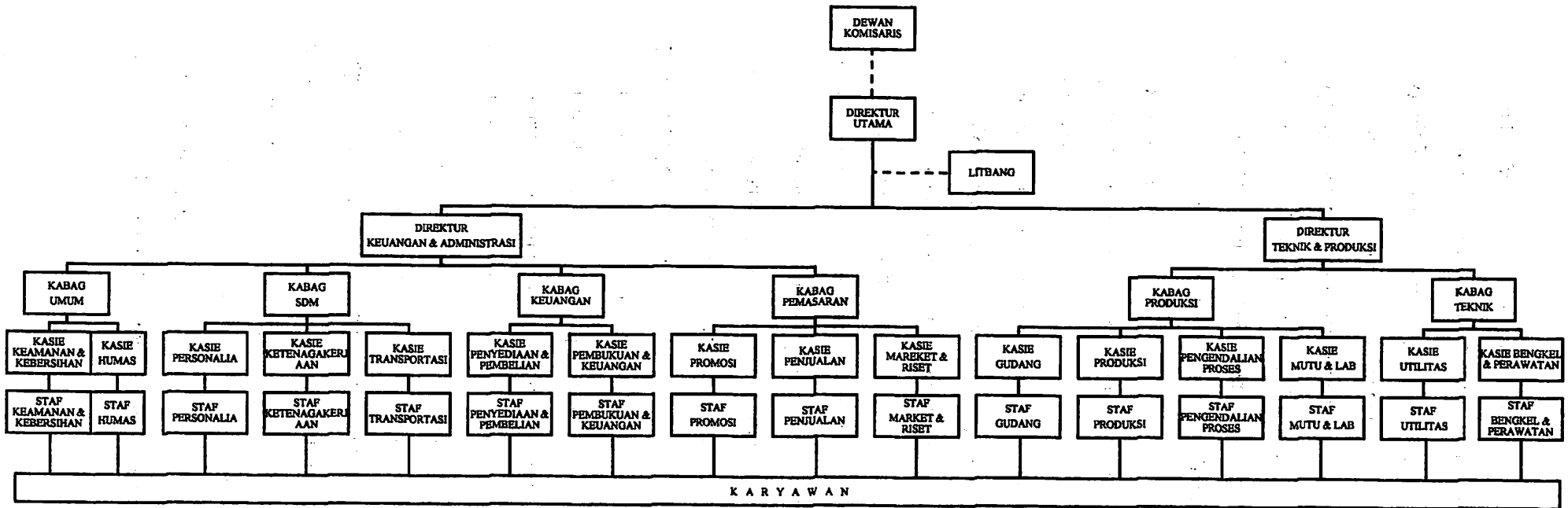
Pabrik Asam Kloroasetat direncanakan berstatus perusahaan swasta, berskala nasional dan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) bentuk ini digunakan dengan alasan :

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

## 10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Pabrik Asam Kloroasetat ini menggunakan sistem organisasi *line* dan *staff*, yang merupakan suatu organisasi dimana arus wewenang langsung dari pimpinan tertinggi ke karyawan melalui beberapa pejabat pada bermacam-macam tingkat manajemen. Sistem ini mempunyai beberapa keunggulan, yaitu:

- 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



Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat

## 10.4. Pembagian Kerja Dalam Organisasi

### 1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan dimana jumlah modal yang dimiliki, tergantung atau sebatas besarnya saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi pemegang saham tidak bisa dijamin atas hutang-hutang perusahaan. Kekuasaan tertinggi berada pada pemegang saham yang akan memilih direktur dan dewan komisaris dalam rapat umum pemegang saham (RUPS) serta menentukan besarnya gaji direktur tersebut. Dalam rapat umum tersebut, para pemegang saham mempunyai wewenang untuk:

- Mengangkat atau memberhentikan Dewan Komisaris.
- Mengangkat atau memberhentikan Dewan Direksi.
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca untung rugi tahunan.

### 2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan bagian kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertindak sebagai wakil pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam RUPS, apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan tersebut. Tugas Dewan Komisaris adalah sebagai berikut:

- Menentukan kebijaksanaan perusahaan
- Mengevaluasi dan mengawasi hasil yang diperoleh perusahaan.
- Memberikan nasihat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.
- Mempertimbangkan rancangan yang diajukan direktur.

### 3. 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 adalah sebagai berikut:

- Melaksanakan *policy* perusahaan dan bertanggungjawab kepada pemegang saham dan pada masa akhir jabatannya.
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antar pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian sesuai dengan keputusan RUPS

- Bekerjasama dengan direktur produksi, direktur keuangan, dan umum dalam menjalankan perusahaan.

Tugas Direktur Teknik adalah sebagai berikut:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik, dan pemasaran.
- Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah sebagai berikut:

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

#### 4. Manager

Dalam suatu pabrik biasanya terdapat dua manager, yaitu: manager pabrik (*plant manager*) dan manager kantor (*office manager*) dimana tugas masing-masing manager adalah:

##### *Plant Manager*

- Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi.
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro.
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur.

##### *Office Manager*

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi.
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro.
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur.

#### 5. Kepala Bagian (Kabag)

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

##### a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi, yang terdiri dari seksi-seksi sebagai berikut:

Seksi Proses mempunyai tugas sebagai berikut:

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

Seksi Pengendalian mempunyai tugas sebagai berikut:

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

Seksi Laboratorium mempunyai tugas sebagai berikut:

- Menganalisa dan mengawasi mutu serta pembuatan.
- Menganalisa dan mengawasi mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
- Membuat laporan berkala kepada Biro Produksi

Seksi Utilitas mempunyai tugas sebagai berikut:

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

#### **b. Kepala Bagian Pemasaran**

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi, yang terdiri dari seksi-seksi sebagai berikut:

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.

Seksi Pemasaran

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

#### **c. Kepala Bagian Teknik**

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan, yang terdiri dari seksi-seksi sebagai berikut:

Seksi Pemeliharaan

- Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses.



#### Seksi Perawatan

- Bertugas untuk merawat 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.

#### Seksi Kesehatan Keselamatan Kerja (K3)

- Bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja serta memberikan pelatihan keselamatan kerja.

#### **d. Kepala Bagian Keuangan**

Bertanggung jawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan, yang terdiri dari seksi-seksi sebagai berikut:

##### Seksi Administrasi

- Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan, serta masalah perpajakan.

##### Seksi Kas

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

#### **e. Kepala Bagian Umum**

Bertanggung jawab terhadap Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan.

##### Seksi Personalia

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

##### Seksi Keamanan

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

##### Seksi Humas

- Mengadakan hubungan yang baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah.

## 6. Litbang

*Research and Development* terdiri atas ahli-ahli sebagai pembantu direktur dan bertanggung jawab kepada direktur.

*Research and Development* membawahi dua departemen, yaitu:

- Departemen Pemeliharaan
- Departemen Pengembangan

Tugas dan wewenang

- Mempelajari mutu produk
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembang produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk ke suatu tempat
- Mempertinggi efisiensi kerja

## 7. Kepala Regu

Kepala regu adalah pelaksana pekerjaan alam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur para kepala seksi masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala regu bertanggung jawab terhadap kepala seksi masing-masing sesuai dengan seksinya.

### 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 antara lain :

#### 1. 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.

#### 2. Fasilitas

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

### 3. Pengobatan

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

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

### 4. *Insentive* atau bonus

*Insentive* diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya *insentive* ini dibagi menurut golongan dan jabatan.

Pemberian *insentive* untuk golongan pelaksana operasi diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

### 5. 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 di atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

### 10.6. Jadwal dan Jam Kerja

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

#### a. Pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam/minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik misalnya : direktur, kepala departemen,

kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jumat : 08.00 – 16.00 (istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 16.00 (istirahat : 12.00 – 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 keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

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

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

**Tabel 10.1. Jadwal Jam Kerja Karyawan Pabrik**

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>I</b>	P	P	P	M	M	M	L	S	S	S	P	P
<b>II</b>	P	L	M	M	M	S	S	S	L	P	P	P
<b>III</b>	M	M	M	L	S	S	S	P	P	P	L	M
<b>IV</b>	M	M	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Keterangan : P = Pagi, S = siang, M = Malam, L = 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 kinerja dan karier karyawan.

### **10.7. Status Karyawan dan Sistem Pengupahan**

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

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja)
6. UMR daerah

Pada Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat ini menggunakan UMR sesuai dengan UMR di Kota Bontang, Kalimantan Timur, sebesar Rp 1.980.000,-.

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.

### **10.8. Perincian Jumlah Karyawan Operasional**

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

#### **a. Proses Utama**

1. Tahap persiapan bahan baku
  - Pada bagian *storage tank*

- Pada bagian transportasi
  - 2. Tahap reaksi
    - Pada bagian reaktor
  - 3. Tahap pemurnian dan pemisahan
    - Pada bagian *crystallizer*
    - Pada bagian *centrifuge*
  - 4. Tahap penanganan produk
    - Pada bagian mesin pengemas
    - Pada bagian gudang produk
    - Pada bagian transportasi
- b. Tahap Tambahan atau Pembantu
1. Laboratorium
  2. Utilitas terdiri dari
    - Pengolahan air
    - Boiler
    - Pengolahan limbah
    - Listrik
    - Pemeliharaan

Jadi, jumlah langkah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga kerja operasional adalah 6 tahap proses.

Jumlah hari kerja dalam 1 tahun = 330 hari kerja

$$\text{Kapasitas produksi (P)} = \frac{12.000 \text{ ton/tahun}}{330 \text{ hari/tahun}} = 36,3636 \text{ ton/hari}$$

Berdasarkan Vilbrandt and Dryden pada Fig. 6.35 halaman 235, diperoleh :

$$M = 10,4P^{0,25}$$

$$M = 10,4 \times (36,3636)^{0,25}$$

$$M = 25,5388 \text{ orang.jam/hari} = 26 \text{ orang.jam/hari}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 14 langkah proses, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 26 \text{ orang.jam/hari} \times 6 \text{ tahap proses} \\ &= 156 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

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

$$\text{Jumlah karyawan proses} = \frac{156 \text{ orang.jam}}{\text{hari}} \times \frac{1}{3 \text{ shift/hari}} \times \frac{1}{8 \text{ jam}}$$

$$= 6,5 \text{ orang/shift.hari} = 7 \text{ orang/shift.hari}$$

Karena terdapat 4 regu shift, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur maka : karyawan proses yang bekerja perhari adalah ;

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 7 \text{ orang/shift.hari} \times 4 \text{ shift} \\ &= 28 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

Jumlah karyawan proses adalah 28 orang yang terdiri dari :

- Karyawan unit produksi/proses = 12 orang
- Karyawan unit utilitas = 5 orang
- Karyawan unit mutu & laboratorium = 4 orang
- Karyawan unit gudang = 4 orang
- Karyawan unit keamanan & kebersihan = 3 orang

$$\begin{aligned} \text{Total karyawan} &= \text{Karyawan administrasi \& karyawan lain} + \text{Karyawan proses} \\ &= 103 + 28 \\ &= 131 \text{ orang} \end{aligned}$$

Sedangkan jumlah karyawan keseluruhan pabrik asam kloroasetat seperti berikut:

Tabel 10.2. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Asam Kloroasetat

No.	Bagian	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	1
2.	Direktur Utama	1
3.	Kepala Litbang	1
4.	Karyawan Litbang	3
5.	Direktur Teknik & Produksi	1
6.	Direktur Keuangan & Administrasi	1
7.	Kabag	6
8.	Unit Bengkel & Perawatan	1
9.	Karyawan Bengkel & Perawatan	10
10.	Unit Ketenagakerjaan	1
11.	Karyawan Ketenagakerjaan	3
12.	Unit Utilitas	1
13.	Karyawan Utilitas	10
14.	Unit Pengendalian Proses	1
15.	Karyawan Pengendalian Proses	4
16.	Unit Produksi	1
17.	Karyawan Produksi	26
18.	Unit Mutu & Laboratorium	1
19.	Karyawan Mutu & Laboratorium	8
20.	Unit Humas	1
21.	Karyawan Humas	2
22.	Unit Personalia	1

23.	Karyawan Personalia	2
24.	Unit Keamanan & Kebersihan	1
25.	Karyawan Keamanan & Kebersihan	8
26.	Unit Pembukuan & Keuangan	1
27.	Karyawan Pembukuan & Keuangan	3
28.	Unit Administrasi	1
29.	Karyawan Administrasi	2
30.	Unit Penyediaan & Pembelian	1
31.	Karyawan Penyediaan & Pembelian	2
32.	Unit Promosi	1
33.	Karyawan Promosi	3
34.	Unit Gudang	1
35.	Karyawan Gudang	8
36.	Unit Transportasi	3
37.	Karyawan Transportasi	2
38.	Perpustakaan	2
39.	Dokter/ Kesehatan	3
40.	Parkir	2
<b>Total Karyawan</b>		<b>131</b>

### 10.9. Gaji Karyawan

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan Pabrik Asam Kloroasetat

No.	Bagian	Jumlah	Upah/bulan (Rp)	Total (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	15.000.000	15.000.000
2	Direktur Utama	1	17.000.000	17.000.000
3	Kepala Litbang	1	10.000.000	10.000.000
4	Karyawan Litbang	3	8.000.000	24.000.000
5	Direktur Teknik & Produksi	1	10.000.000	10.000.000
6	Direktur Keuangan & Administrasi	1	10.000.000	10.000.000
7	Kabag	6	8.000.000	48.000.000
8	Unit Bengkel & Perawatan	1	7.000.000	7.000.000
9	Karyawan Bengkel & Perawatan	10	5.000.000	50.000.000
10	Unit Ketenagakerjaan	1	7.000.000	7.000.000
11	Karayawan Ketenagakerjaan	3	4.000.000	12.000.000
12	Unit Utilitas	1	7.000.000	7.000.000
13	Karyawan Utilitas	10	4.000.000	40.000.000
14	Unit Pengendalian Proses	1	7.000.000	7.000.000
15	Karyawan Pengendalian Proses	4	5.000.000	20.000.000
16	Unit Produksi	1	7.000.000	7.000.000
17	Karyawan Produksi	26	5.000.000	130.000.000
18	Unit Mutu & Laboratorium	1	7.000.000	7.000.000
19	Karyawan Mutu & Laboratorium	8	5.000.000	40.000.000
20	Unit Humas	1	5.000.000	5.000.000
21	Karyawan Humas	2	2.500.000	5.000.000
22	Unit Personalia	1	5.000.000	5.000.000



23	Karyawan Personalia	2	2.500.000	5.000.000
24	Unit Keamanan & Kebersihan	1	5.000.000	5.000.000
25	Karyawan Keamanan & Kebersihan	8	2.500.000	20.000.000
26	Unit Pembukuan & Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
27	Karyawan Pembukuan & Keuangan	3	2.500.000	7.500.000
28	Unit Administrasi	1	5.000.000	5.000.000
29	Karyawan Administrasi	2	2.500.000	5.000.000
30	Unit Penyediaan & Pembelian	1	5.000.000	5.000.000
31	Karyawan Penyediaan & Pembelian	2	2.500.000	5.000.000
32	Unit Promosi	1	5.000.000	5.000.000
33	Karyawan Promosi	3	2.500.000	7.500.000
34	Unit Gudang	1	3.000.000	3.000.000
35	Karyawan Gudang	8	2.000.000	16.000.000
36	Unit Transportasi	3	3.000.000	9.000.000
37	Karyawan Transportasi	2	2.000.000	4.000.000
38	Perpustakaan	2	2.000.000	4.000.000
39	Dokter/ Kesehatan	3	4.000.000	12.000.000
40	Parkir	2	2.000.000	4.000.000
	<b>Total</b>	<b>131</b>		<b>610.000.000</b>

## **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 hidrogen ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik hidrogen tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Asam Kloroasetat 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 Hidrogen ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984) dan (alibaba.com).

**Penentuan Total Capital Investment (TCI)**

**Biaya Langsung (DC)**

1. Harga peralatan		(E)	= Rp.	15.366.502.127
2. Instrument dan alat control	30%	E	= Rp.	4.609.950.638
3. Isolasi	9%	E	= Rp.	1.382.985.191
4. Perpipaian terpasang	80%	E	= Rp.	12.293.201.702
5. Listrik terpasang	20%	E	= Rp.	3.073.300.425
6. Harga FOB (jumlah 1-5)		(F)	= Rp.	36.725.940.084
7. Ongkos angkutan kapal laut	15%	F	= Rp.	5.508.891.013
8. Harga C dan F (jumlah 6-7)		(G)	= Rp.	42.234.831.097
9. Biaya asuransi	1,0%	G	= Rp.	422.348.311
10. Harga CIF (jumlah 8-9)		(H)	= Rp.	42.657.179.408
11. Biaya angkut barang ke plant	20%	H	= Rp.	8.531.435.882
12. Pemasangan alat	45%	E	= Rp.	6.914.925.957
13. Bangunan pabrik	70%	E	= Rp.	10.756.551.489
14. Service facilities	50%	E	= Rp.	7.683.251.064
15. Tanah	6%	E	= Rp.	921.990.128
16. Biaya langsung (DC) (jumlah 10-15)			= Rp.	77.465.333.927

**BiayaTak Langsung (IC)**

17. Engineering dan Supervisi	15%	DC	= Rp.	11.619.800.089
18. Kontruksi	20%	DC	= Rp.	15.493.066.785
19. Biaya tak terduga	15%	(TCI)	= Rp.	0.1500 x FCI
Total Modal Tak Langsung (IC)			= Rp.	27.112.866.875
			+ 0.150 FCI	
			= Rp.	45.567.843.487

**Fixed Capital Investment (FCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp. } 77.465.333.927 + \text{Rp. } 45.567.843.487 \\
 &= \text{Rp. } 123.033.177.414
 \end{aligned}$$

**Working Capital Investment (WCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 20\% \times \text{TCI} \\
 &= 20\% \times \text{Rp. } 153.791.471.767
 \end{aligned}$$

= Rp. 30.758.294.353

**Total Capital Investment (TCI)**

TCI = FCI + WCI

= Rp. 123.033.177.414 + Rp. 30.758.294.353

= Rp. 153.791.471.767

**Modal Perusahaan**

Modal sendiri (MS) 60% TCI = Rp. 92.274.883.060

Modal pinjaman (MP) 40% TCI = Rp. 61.516.588.707

**Penentuan Total Capital Investment (TPC)**

**a. Biaya Produksi Langsung (DPC)**

- Bahan baku	= Rp.	172.195.829.136
- Tenaga kerja (TK)	= Rp.	7.320.000.000
- Supervisi (35% TK)	= Rp.	2.562.000.000
- Utilitas	= Rp.	1.321.095.883
- Pemeliharaan & perbaikan (PP) (30% FCI)	= Rp.	36.909.953.224
- Penyediaan operasi (40% PP)	= Rp.	14.763.981.290
- Laboratorium (30% PP)	= Rp.	2.196.000.000
- Patent dan royalti (1% TPC)	= Rp.	0,01 TPC

**Biaya Produksi Langsung = Rp. 237.268.859.533**

+ 0,01 TPC

**b. Biaya Tetap (FC)**

- Depresiasi alat (10% FCI)	= Rp.	12.303.317.741
- Depresiasi bangunan (2% FCI)	= Rp.	2.460.663.548
- Pajak kekayaan (2% FCI)	= Rp.	2.460.663.548
- Asuransi (0,4% FCI)	= Rp.	492.132.710
- Bunga bank (10,25% MP)	= Rp.	6.305.450.342

**Biaya Tetap (Fixed Cost/FC) = Rp 24.022.227.890**

**c. Biaya Overhead Pabrik**

Biaya Overhead = 70% TK + PP = Rp. 30.960.967.257

**d. Biaya pengeluaran umum (GE)**

- Administrasi (15% PP)	= Rp.	1.098.000.000
- Distribusi dan pemasaran (30% TPC)	= Rp.	0,3 TPC

$$\begin{aligned}
 & - \text{Litbang (10\% TPC)} & = \text{Rp.} & 0,1 \text{ TPC} \\
 & \text{Biaya Pengeluaran Umum (GE)} & = \text{Rp.} & \mathbf{1.098.000.000} \\
 & & & + 0,4 \text{ TPC}
 \end{aligned}$$

e. Biaya produksi total (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} \\
 &= \text{Rp. } 293.350.054.680 + 0,4\text{TPC} \\
 \text{TPC} &= \text{Rp. } 497.203.482.508
 \end{aligned}$$

### ***Analisa Profitabilitas***

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-Undang ketentuan 50.000.000

- 15% untuk laba sampai Rp. 50.000.000 – Rp. 100.000.000
- 30% untuk laba sampai > Rp. 100.000.000

- a. Bunga kredit = 10,25 % per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi

Tahun I = 60 % dari produksi total

Tahun II = 80 % dari produksi total

Tahun III = 100 % dari produksi total

### **Laba Perusahaan**

Total penjualan per tahun = Rp. 541.029.581.792 (kapasitas 100 %)

Laba kotor = Harga jual – Biaya produksi  
 = Rp. 541.029.581.792 – Rp. 497.203.482.508  
 = Rp. 43.826.099.284

Pajak penghasilan = 30% × Laba kotor  
 = 30% × Rp. 43.826.099.284  
 = Rp. 13.147.829.785

Laba bersih = Laba kotor – Pajak penghasilan  
 = Rp. 43.826.099.284 – Rp. 13.147.829.785  
 = Rp. 30.678.269.499

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C<sub>A</sub>)

C<sub>Abt</sub> = Laba kotor + Depresiasi alat

$$= \text{Rp. } 43.826.099.284 + \text{Rp. } 12.303.317.741$$

$$= \text{Rp. } 56.129.417.025$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak ( $C_A$ )

$$C_{Aat} = \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp. } 30.678.269.499 + \text{Rp. } 12.303.317.741$$

$$= \text{Rp. } 42.981.587.240,23$$

## 2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

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

a. ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\%$$

$$= 35,62 \% \text{ (App. E)}$$

b. ROI setelah pajak

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

$$= 25 \% \text{ (App. E)}$$

## Lama Pengembalian Modal (POT)

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

$$POT = \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 2.86 \text{ tahun (App. E)}$$

## Break Even Point (BEP)

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

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

Dimana :

$$FC = \text{Rp. } 24.022.227.890$$

$$VC = \text{Rp. } 173.195.829.136$$

$$SVC = \text{Rp. } 299.664.329.599$$



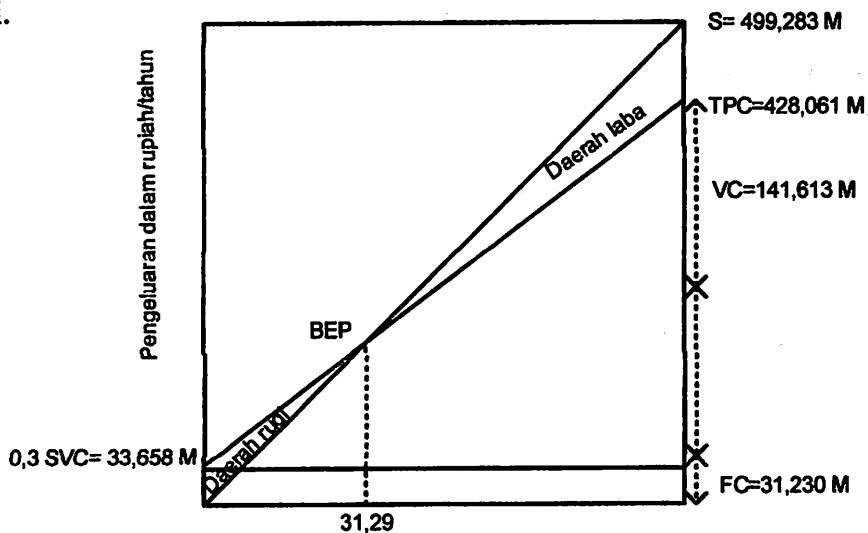
$$S = \text{Rp. } 541.029.581.792$$

Maka, didapatkan :

$$\text{BEP} = 53,22 \% (\text{App. E})$$

$$\begin{aligned} \text{Titik BEP terjadi pada kapasitas} &= 53,22 \% \times 6.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 3193,2687 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Nilai BEP untuk Pabrik Hidrogen adalah 30% - 60%, sehingga nilai BEP diatas memadai.



Gambar 11.1. Grafik Break Even Point

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 60% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{\text{PBi}}{\text{PB}} = \frac{(100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - \text{BEP})}$$

Dimana : PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kap = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$\text{PBi} = \text{Rp } 20.907.625$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 20.907.625 + \text{Rp } 12.303.317.741 \\ &= \text{Rp } 12.324.225.366 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun II kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana :  $PB_i$  = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

$PB$  = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$  = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PB_i = \text{Rp } 82.592.458$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$C_A$  = laba bersih tahun kedua + depresiasi alat

$$= \text{Rp } 82.592.458 + \text{Rp } 12.303.317.741$$

$$= \text{Rp } 12.385.910.199$$

### Shut Down Point (SDP)

SDP adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$= 37,99 \% \text{ ( App. E )}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas penjualan

$$= 37,99 \% \times \text{Rp. } 541.029.581.792$$

$$= \text{Rp. } 205.552.718.575$$

### Net Present Value (NPV)

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

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$C_{A-2} = 40\% \times FCI \times (1+i)^2$$

$$= \text{Rp } 59.819.038.442 \text{ ( App. E )}$$

$$C_{A-1} = 60\% \times FCI \times (1+i)^1$$

$$= \text{Rp } 81.386.446.859 \text{ ( App. E )}$$

$$C_{A-0} = -(C_{A-1} - C_{A-2})$$

= - Rp. 141.205.485.301

b. Menghitung NPV tiap tahun

$NPV = C_A \times F_d$

Dimana :  $F_d$  = faktor diskon =  $1/(1+i)^n$        $C_A$  = cash flow setelah pajak  
 $n$  = tahun ke-n                                       $i$  = tingkat bunga

Tabel 11.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke-	Cash Flow (Ca) (Rp)	Fd	NPV (Rp)
0	-141,205,485,301	1	-141,205,485,301
1	12,324,225,366	0.9070	11,178,435,706
2	12,385,910,199	0.8227	10,189,918,973
3	42,981,587,240	0.7462	32,073,522,171
4	42,981,587,240	0.6768	29,091,630,087
5	42,981,587,240	0.6139	26,386,966,065
6	42,981,587,240	0.5568	23,933,756,068
7	42,981,587,240	0.5051	21,708,622,284
8	42,981,587,240	0.4581	19,690,360,348
9	42,981,587,240	0.4155	17,859,737,277
10	42,981,587,240	0.3769	16,199,308,188
WCI			30,758,294,353
Total			97,865,066,220

Karena harga NPV = (+) maka pabrik *IIidrogen* layak untuk didirikan.

**IRR (Internal Rate of Return)**

Tabel 11.2 Cash flow untuk IRR

Tahun ke-	Cash Flow (Ca) (Rp)	NPV1 (Rp) i=0,25	NPV (Rp) i=0,26
0	-141,205,485,301	-141,205,485,301	141,205,485,301
1	12,324,225,366	9,859,380,293	9,781,131,243
2	12,385,910,199	7,926,982,527	7,801,656,714
3	42,981,587,240	22,006,572,667	21,486,754,110
4	42,981,587,240	17,605,258,134	17,052,979,453
5	42,981,587,240	14,084,206,507	13,534,110,677
6	42,981,587,240	11,267,365,206	10,741,357,680
7	42,981,587,240	9,013,892,164	8,524,887,048
8	42,981,587,240	7,211,113,732	6,765,783,371
9	42,981,587,240	5,768,890,985	5,369,669,342

10	42,981,587,240	4,615,112,788	4,261,642,335
	WCI	30,758,294,353	30,758,294,353
	Total	-1,088,415,945	-5,127,218,975

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1)$$
$$= 24,7 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (12,5%) maka Pabrik Asam Kloroasetat ini layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2015. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), diakses tanggal 26 Februari 2015
- Brownell E. Lloyd, "*Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc, New Delhi, India, 1959
- Faith, Keyes, Clarks. 1995. *Industri Chemicals*, 4<sup>th</sup>. New York.
- Geankoplis, Christie, "*Transport Process dan Unit Operation*", 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., "*Process Equipment Design*", D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Kern D.Q, "*Process Heat Transfer*", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Keyes, "*Industrial Chemicals*", 4<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 1975.
- Kirk R.F and Othmer D.F, "*Encyclopedya Of Chemical Technology*", Vol 1, 5<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Kirk R.F and Othmer D.F, "*Encyclopedya Of Chemical Technology*", Vol 6, 5<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Kirk R.F and Othmer D.F, "*Encyclopedya Of Chemical Technology*", Vol 1, 5<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Koenig, G.; Lohmar, E.; Rupprich, N., "Chloroacetic Acids", *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH, 2005
- Kusnarjo, "*Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012
- Levenspiel. Octave, "*Chemical Reaction Engineering*" 3<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 9, 5<sup>th</sup> edition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 12, 5<sup>th</sup> edition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 23, 5<sup>th</sup> edition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.

- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 25, 5<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Perry, Robert H, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 7<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 1997.
- Perry, Robert H, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 8<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2008.
- Peter S. and Timmerhause, "*Plant Design and Economic to Chemical Process*", 4<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill, Singapore, 1991.
- Reksohadirodjo, S dan Handoko, "Teori dan Organisasi Perusahaan", Jakarta, 2000
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
- Soerawidjaja H.T, "*Perkembangan Industri Kimia dan Penguasaan Teknologi Proses*", Bandung, 1991.
- Ullmann's, "Encyclopedia Of Industrial Chemistry, 7<sup>th</sup> edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005
- Ulrich D. Gacl, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*", John Wiley and Sons Inc, New York, USA, 1984.
- Yaws, Carl L. "Handbook Thermodynamic Diagrams", Inorganic Componen Vol. 4, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. "Handbook Thermodynamic Diagrams", Organic Componen Vol. 2, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996.
- (<http://www.alibaba.com>)
- (<http://www.autoclaveengineers.com> diakses pada tanggal 13 Juli 2015)
- ([http://www.chemicalweekly.com/Profiles/Monochloroacetic\\_acid.pdf](http://www.chemicalweekly.com/Profiles/Monochloroacetic_acid.pdf) diakses pada tanggal 9 Agustus 2015)
- (<http://www.materialsafetydatasheet.com> diakses pada tanggal 24 April 2015)
- (<http://www.wikipediaencyclopedia.com> diakses pada tanggal 24 April 2015)

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat dapat disimpulkan, bahwa rencana pendirian pabrik ini cukup menguntungkan dengan mempertimbangkan dan memperhitungkan beberapa aspek, yaitu:

#### 1. Dari Segi Proses

Proses pembuatan Asam Kloroasetat dengan proses klorinasi dengan menggunakan katalis *red phosphorus* lebih menguntungkan karena dilakukan karena suhu operasi yang digunakan tidak terlalu tinggi, dapat menghasilkan koversi 90%, dan biaya produksi yang lebih rendah, sehingga dilihat dari segi keamanan akan terjamin dan dari segi perancangan alat menjadi lebih mudah.

#### 2. Dari Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena:

- Menciptakan lapangan kerja.
- Memberi kesempatan kepada penduduk untuk memperoleh tambahan penghasilan.

#### 3. Dari Segi Lokasi

- Pabrik Asam Kloroasetat ini terletak di Surakarta, Jawa Tengah. Sarana penunjang untuk memperoleh bahan baku sangat memadai, yaitu dekat dengan pabrik tempat bahan baku diproduksi.
- Sarana penunjang utilitas sangat memadai, karena dekat dengan Sungai Bengawan Solo.

#### 4. Ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan rencana jangka panjang pemerintah yaitu menjadikan negara Indonesia sebagai negara industri baru yang didukung oleh sektor pertanian yang kuat.

#### 5. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Asam Kloroasetat proses klorinasi pada kondisi operasi yang rendah, dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

- Internal Rate of Return (IRR) = 24,3 %

- Pay Out Time (POT) = 2,92 tahun
- Break Event Point (BEP) = 53,61 %.
- Return On Invesment (ROI<sub>BT</sub>) = 34,63 %
- Return On Invesment (ROI<sub>AT</sub>) = 24 %.

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (10,25%) maka Pabrik Asam Kloroasetat layak untuk didirikan.