

**PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE*  
DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI  
10.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Farid Rahman

Nama : Febri Silva Akbar

No. Mhs : 14521170

No. Mhs : 14521189

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2018**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL  
PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE*  
DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI  
10.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farid Rahman  
No. Mhs : 14521170

Nama : Febri Silva Akbar  
No. Mhs : 14521189

Yogyakarta, 13 November 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangna Pabrik ini  
adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari bahwa ada  
beberapa bagian dari karya adalah bukan hasil karya sendiri, saya siap  
menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



**Farid Rahman**



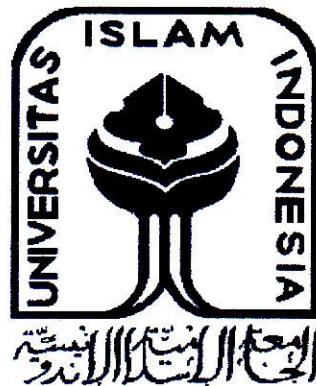
**Febri Silva Akbar**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE*  
DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI**

**10.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**



Oleh :

Nama : Farid Rahman

Nama : Febri Silva Akbar

No. Mhs : 14521170

No. Mhs : 14521189

Yogyakarta, 13 November 2018

Dosen Pembimbing I

Kamariah, Dra., M.S.

Dosen Pembimbing II

Achmad Chafidz Mas Sahid, S.T., M.Sc.



**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN**  
***SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI**  
**10.000 TON/TAHUN**  
**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : Farid Rahman                      Nama : Febri Silva Akbar  
No. Mhs : 14521170                      No. Mhs : 14521189

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, 28 November 2018

Tim Penguji,

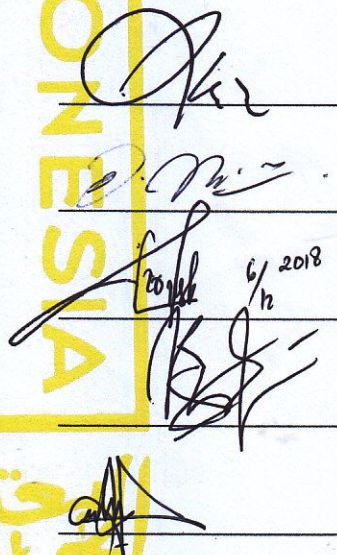
Kamariah, Dra., M.S.  
Ketua

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.  
Anggota I

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.  
Anggota II

Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.  
Anggota III

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc.  
Anggota IV



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, M.Sc.

## KATA PENGANTAR



**Assalamu'alaikum Wr, Wb.**

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nyalah tugas Pra Perancangan Pabrik Kimia ini dapat diselesaikan dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Chloroform dari Acetone dan Sodium Hypochlorite Kapasitas Produksi 10.000 Ton/Tahun”

Tugas Pra Perancangan Pabrik Kimia ini merupakan salah satu tugas yang harus dilaksanakan oleh setiap mahasiswa di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, untuk menyelesaikan jenjang studi S1. Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa mendapat gambaran dan pemahaman yang lebih nyata tentang penerapan ilmu-ilmu Teknik Kimia yang diperoleh di bangku kuliah.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penyusun banyak mendapat bantuan dan dorongan baik berupa materi maupun non material dari berbagai pihak, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan seluruh keluarga besar penyusun yang telah memberikan doa dan dukungan yang sangat bermanfaat bagi penyusun
2. Ibu Dra. Kamariah Anwar, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I, terima kasih atas segala bimbingannya selama ini sehingga tugas akhir ini dapat selesai tepat waktu.

3. Bapak Achmad Chafidz Mas Sahid, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingannya selama ini sehingga tugas akhir ini dapat selesai tepat waktu.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Rekan – rekan Teknik Kimia angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan dan motivasi
6. Seluh pihak yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini sehingga dapat selesai dengan baik.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penyusun selalu mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat yang besar bagi kita semua.

**Wassalamu'alaikum, Wr, Wb.**

**Yogyakarta, 28 November 2018**

**Penyusun**

## DAFTAR ISI

<b>Lembar Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Lembar Pernyataan Keaslian Hasil</b> .....	<b>ii</b>
<b>Lembar Pengesahan Pembimbing</b> .....	<b>iii</b>
<b>Lembar Pengesahan Penguji</b> .....	<b>iv</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>v</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>vii</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>x</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>xii</b>
<b>Abstraksi</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Tinjauan pustaka.....	9
<b>BAB II. PERANCANGAN PRODUK</b> .....	<b>19</b>
2.1 Spesifikasi Produk .....	19
2.1.1. Sifat Fisis .....	19
2.1.2. Sifat Kimia.....	21
2.2 Spesifikasi Bahan Baku .....	25
2.1.1. Sifat Fisis .....	25
2.1.2. Sifat Kimia.....	25
2.3 Pengendalian Kualitas .....	27
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	27
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses .....	28
2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk.....	30
<b>BAB III. PERANCANGAN PROSES</b> .....	<b>33</b>
3.1 Uraian Proses .....	33
3.1.1. Kondisi Operasi .....	33

3.1.2. Tahap Penyiapan Bahan Baku .....	33
3.1.3. Tahap Reaksi .....	34
3.1.4. Pemurnian Hasil .....	35
3.1.5. Deskripsi Proses .....	36
3.1.6. Metode Perancangan.....	39
3.2 Spesifikasi Alat .....	51
3.3 Perencanaan Produksi .....	75
3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku.....	75
3.3.2. Analisis Kebutuhan Mesin atau Peralatan Proses .....	76
<b>BAB IV. PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>77</b>
4.1 Lokasi Pabrik .....	77
4.2 Tata Letak Pabrik .....	80
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses.....	90
4.4. Alir Proses dan Material .....	95
4.5 Pelayanan Teknik (utilitas) .....	95
4.5.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air .....	96
4.5.2. Pengadaan Tenaga Listrik .....	138
4.5.3. Unit Pengadaan Steam.....	142
4.5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	144
4.5.5. Unit Pengadaan Udara Tekan.....	145
4.5.6. Pengolahan Limbah .....	148
4.5.7. Laboratorium .....	151
4.6 Organisasi Perusahaan .....	153
4.6.1. Bentuk Perusahaan .....	153
4.6.2. Struktur Organisasi.....	155
4.6.3. Tugas dan Wewenang.....	159
4.6.4. Ketenagakerjaan .....	169



4.6.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	173
4.6.6. Kesejahteraan Karyawan .....	178
4.6.7. Fasilitas Karyawan .....	178
4.6.8. Manajemen Produksi .....	181
4.6.9. Perencanaan Produksi.....	181
4.6.10. Pengendalian Produksi .....	183
4.7 Evaluasi Ekonomi .....	184
4.7.1. Penaksiran Harga Peralatan .....	185
4.7.2. Dasar Perhitungan .....	189
4.7.3. Perhitungan Biaya .....	190
4.7.4. Analisa Kelayakan.....	191
4.7.5. Hasil Perhitungan .....	194
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>202</b>
5.1 Kesimpulan .....	202
5.1 Saran .....	203
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>204</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Kloroform di Indonesia Pada Tahun 2013-2017 .....	4
Tabel 1.2 Data produsen kloroform berbagai negara.....	5
Table 1.3 Besar kebutuhan impor dan ekspor di Eropa .....	6
Tabel 1.4 Data Kapasitas Produksi Pabrik Kloroform di Luar Negeri .....	7
Tabel 1.5 Kesimpulan Masing-masing proses .....	17
Tabel 2.1 Sifat Fisis Komponen Produk .....	19
Tabel 2.2 Sifat Fisis Komponen Bahan Baku .....	25
Tabel 3.1.5.(a) Neraca Massa Mixer.....	42
Tabel 3.1.5.(b) Neraca Massa Reaktor (R-01) .....	42
Tabel 3.1.5.(c) Neraca Massa Reaktor (R-02) .....	42
Tabel 3.1.5.(d) Neraca Massa Reaktor (R-03).....	43
Tabel 3.1.5.(e) Neraca Massa Reaktor Total .....	43
Tabel 3.1.5.(f) Neraca Massa Decanter.....	44
Tabel 3.1.5.(g) Neraca Massa Menara Destilasi .....	44
Tabel 3.1.5.(h) Neraca Massa Total .....	45
Tabel 3.1.5.(i) Neraca Panas Reaktor - 01 (R-01) .....	45
Tabel 3.1.5.(j) Neraca Panas Reaktor - 02 (R-02) .....	46
Tabel 3.1.5.(k) Neraca Panas Reaktor - 03 (R-03).....	46
Tabel 3.1.4.(l) Neraca Panas Menara Distilasi (MD) .....	47
Tabel 3.1.5.(m) Neraca Panas Heater - 01 (HE-01).....	47
Tabel 3.1.5.(n) Neraca Panas Heater - 02 (HE-02).....	48
Tabel 3.1.5.(o) Neraca Panas Cooler - 01 (HE-03).....	48
Tabel 3.1.5.(p) Neraca Panas Heater - 03 (HE-04).....	48
Tabel 3.1.5.(q) Neraca Panas Cooler - 02 (HE-05).....	49
Tabel 3.1.5.(r) Neraca Panas Cooler - 02 (HE-06) .....	49

Tabel 3.1.4.(s) Neraca Panas Condenser -01(CD-01).....	49
Tabel 3.1.4.(t) Neraca Panas Reboiler (RB) .....	49
Tabel 3.1.4.(u) Neraca Panas Total.....	50
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik.....	86
Tabel 4.4.1 (a) Kebutuhan Air Pendingin .....	108
Tabel 4.4.2 (a) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Proses ..	139
Tabel 4.4.2 (b) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Utilitas ..	140
Tabel 4.6.4. Rencana Pengaturan Jadwal Kerja Group.....	172
Tabel 4.6.5(a) Penggolongan jabatan.....	173
Tabel 4.5.6(b) Jumlah karyawan pada masing-masing bagian .....	174
Tabel 4.6.5(c) Perincian golongan dan gaji .....	177
Tabel 4.7.1(a) Perkembangan Indeks Harga.....	185
Tabel 4.7.1(b) Perkembangan Indeks Harga.....	187
Tabel 4.7.1(c) Harga Peralatan .....	188
Tabel 4.7.5(a) Fixed Capital Investment.....	194
Tabel 4.7.5(b) Working Capital Investment .....	195
Tabel 4.7.5(c) Total Capital Investment .....	196
Tabel 4.7.5(d) Manufacturing Cost.....	196
Tabel 4.7.5.(e) General Expense .....	197
Tabel 4.7.6(f) Total Production Cost .....	197
Tabel 4.7.5(g) Fixed Cost (Fa).....	198
Tabel 4.7.5(h) Variable Cost (Va) .....	199
Tabel 4.7.5(i) Regulated Cost (Ra).....	199
Tabel 4.7.5(j) Tolak Ukur Standart Kelayakan.....	201

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor Kloroform di Indonesia .....	4
Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif .....	40
Gambar 3.1 Diagram alir kuantitatif .....	41
Gambar 4.1. Lay out Pabrik .....	88
Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses .....	94
Gambar 4.3 Sistem air demineralisasi.....	104
Gambar 4.4 Blok Diagram Proses Pengolahan Air .....	107
Gambar 4.5. Struktur organisasi perusahaan .....	158
Gambar 4.6. Grafik Indeks Harga.....	186
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara biaya dan kapasitas produksi.....	202

## ABSTRAK

Kloroform adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai salah satu prekursor dalam proses produksi *polytetrafluoroethylene* (teflon). Kloroform pada pabrik ini diproduksi melalui reaksi pembentukan kloroform dari natrium hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) dan aseton ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ). Reaksi pembentukan kloroform dilakukan pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) berpendingin pada kondisi operasi 2 atm dan  $65^\circ\text{C}$ . Produk kloroform yang keluar dari RATB dipisahkan dari reaktan sisa dan hasil samping menggunakan dekanter. Untuk memperoleh kloroform dengan kemurnian tinggi ( $\geq 98\%$ ), kloroform dimurnikan dengan menara distilasi. Sebelum dialirkan ke dalam tangki penyimpanan, dilakukan penambahan etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) sebanyak 1% berat yang berfungsi sebagai *stabilizer* produk kloroform.

Pabrik kloroform dirancang dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dengan produk samping yang dijual berupa oksigen. Bahan baku berupa natrium hipoklorit didapat dari PT Asahimas Chemical yang ada di Cilegon dan aseton didapat dari PT Smartlab Indonesia yang ada di Serpong. Pabrik dirancang beroperasi secara kontinyu efektif selama 330 hari, 24 jam per hari. Pabrik akan didirikan di kawasan industri di Cilegon, Banten, dengan luas tanah  $9.550 \text{ m}^2$  dan mempekerjakan sebanyak 265 orang karyawan. Pabrik kloroform membutuhkan air sebanyak  $17511.9952 \text{ kg/jam}$  yang diperoleh dari unit utilitas. Unit utilitas juga menyediakan udara tekan sebesar  $100 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Daya listrik terpasang sebesar  $147 \text{ kW}$  diperoleh dari PLN dan untuk cadangan digunakan generator dengan daya sebesar  $150 \text{ kW}$ .

Dari analisa ekonomi diperoleh bahwa pabrik kloroform memerlukan *fixed capital investment* sebesar Rp 311.545.232.967,75 *working capital investment* Rp 63.043.006.221,89 *manufacturing cost* Rp 234.262.964.106,12 dan *general expenses* Rp 35.603.321.676,53. Analisa kelayakan ekonomi menunjukkan nilai *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 18,98% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 14,24%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3,71 tahun dan POT sesudah pajak 4,5 tahun. Nilai *Break Event Point* (BEP) diperoleh pada 51% kapasitas produksi, dan nilai *Shut Down Point* (SDP) terjadi pada 22,01% kapasitas produksi. Suku bunga dalam *discounted cash flow rate* selama 10 tahun sebesar 11,01%. Dengan demikian, ditinjau dari segi teknis dan ekonomi, pabrik kloroform dari aseton dan natrium hipoklorit dapat dipertimbangkan dan dikaji lebih lanjut.

Kata-kata kunci : Kloroform, natrium hipoklorit, aseton, dan oksigen



## **ABSTRACT**

*Chloroform is one of the main precursor in polyfluorotetraethylene production process. Chloroform is produced by reacting sodium hypochlorite (NaOCl) with acetone (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O). Chloroform reaction takes place in continuous stirred tank reactor (CSTR) with refrigerant at 2 atm and 65°C. Product from CSTR is separated from unreacted reactants and side products using decanter. To get high purity of chloroform (≥98%), the mixture is separated by distillation column. Ethanol is added for 1% weight into chloroform liquid prior to storage.*

*This plant is designed to produce 10.000 MTPY of chloroform as main product, with oxygen sold as side product. Sodium hypochlorite as raw material is obtained from PT Asahimas Chemical located in Cilegon and acetone is obtained from PT Smartlab Indonesia located in Serpong. The plant is designed to operate continuously for 330 days/year, 24 hour/day. The plant will be established in Cilegon, Banten, occupies 9550 m<sup>2</sup> land area and employs 265 employees. Utility unit, as supporting unit, would provide 17.512 kg/hour process water supply and 100 m<sup>3</sup>/hour instrument air. 147 kW electricity is provided by PLN, with 150 kW generator as backup.*

*The economic evaluation results on the required fixed capital about Rp 311.545.232.967,75 working capital investment about Rp 63.043.006.221,89 manufacturing cost about Rp 234.262.964.106,12 and general expenses about Rp 35.603.321.676,53. Economic analysis of the plant shows that the Rate of Return On Investment (ROI) before tax is 18,98% and ROI after tax is 14,24%, Pay Out Time (POT) before tax is 3,71 years and POT after tax is 4,5 years, Break Even Point (BEP) is 51%, Shut Down Point (SDP) is 22%, and the Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 11%. Considering those values from economic analysis, it can be concluded that the chloroform plant is feasible and interesting to be evaluated further.*

*Keywords: chloroform, sodium hypochlorite, acetone, and oxygen*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang menunjang sektor industri telah menuntut bangsa Indonesia menuju ke arah industrialisasi. Untuk mencapai kemajuan di bidang industri yang berfokus pada bidang industri kimia, maka kebutuhan akan bahan-bahan kimia dalam negeri perlu ditumbuhkan dan dikembangkan dalam pembangunan sektor industri.

Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan di segala bidang terutama industri yang bersifat padat modal dan teknologi, Indonesia diharapkan mampu bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Peningkatan yang pesat baik secara kualitatif maupun kuantitatif juga terjadi dalam industri kimia. Salah satu bahan industri kimia yang sangat diperlukan dalam industri kimia adalah kloroform.

Saat ini kloroform banyak diproduksi oleh negara Jepang, Amerika, Jerman, India dan Perancis dan sejauh ini belum ada pabrik kloroform yang berdiri di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan lokal kloroform masih mengimpor dari luar negeri. Pabrik kloroform sangat dimungkinkan didirikan di Indonesia mengingat bahan baku yang tersedia cukup banyak. Pendirian pabrik kloroform di Indonesia dapat menguntungkan industri maupun instansi yang membutuhkan

kloroform. Selain itu, juga dapat membuka lapangan kerja baru serta mendatangkan devisa bagi negara melalui ekspor ke negara lain.

Saat ini di Indonesia belum ada pabrik kloroform yang berdiri, maka prospek pembangunan pabrik kloroform menguntungkan. Selain akan menguntungkan, kita juga dapat memasarkan produk-produk yang berasal dari bahan baku kloroform dengan harga yang lebih murah dan dapat mengurangi ketergantungan impor kloroform, serta melakukan diversifikasi produk yang bernilai ekonomi tinggi untuk menambah pendapatan negara sekaligus membuka lapangan pekerjaan baru. Kloroform merupakan salah satu produk yang pertumbuhannya terus meningkat dari waktu ke waktu. Kebutuhan Indonesia terhadap kloroform cukup besar, sampai saat ini kebutuhan kloroform di Indonesia sepenuhnya mengimpor dari luar negeri.

Pendirian pabrik kloroform di Indonesia dapat dilaksanakan karena didukung oleh:

1. Kebutuhan akan kloroform yang meningkat dari tahun ke tahun.
2. Belum adanya pabrik kloroform di Indonesia.
3. Dukungan pemerintah dalam rangka era industrialisasi di Indonesia.
4. Banyaknya tenaga kerja yang memerlukan penyaluran sehingga dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat menyerap tenaga kerja sehingga dapat mengurangi pengangguran.

### **1.1.1. Kapasitas Rancangan Produksi**

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimal produk yang diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik yang didirikan mempunyai kapasitas produksi yang optimal apabila yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya minimal.

Pemilihan kapasitas pabrik kloroform ini didasarkan dari beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan kloroform dalam negeri dari tahun ke tahun.
2. Kebutuhan kloroform di luar negeri
3. Ketersediaan bahan baku
4. Kapasitas pabrik yang beroperasi.

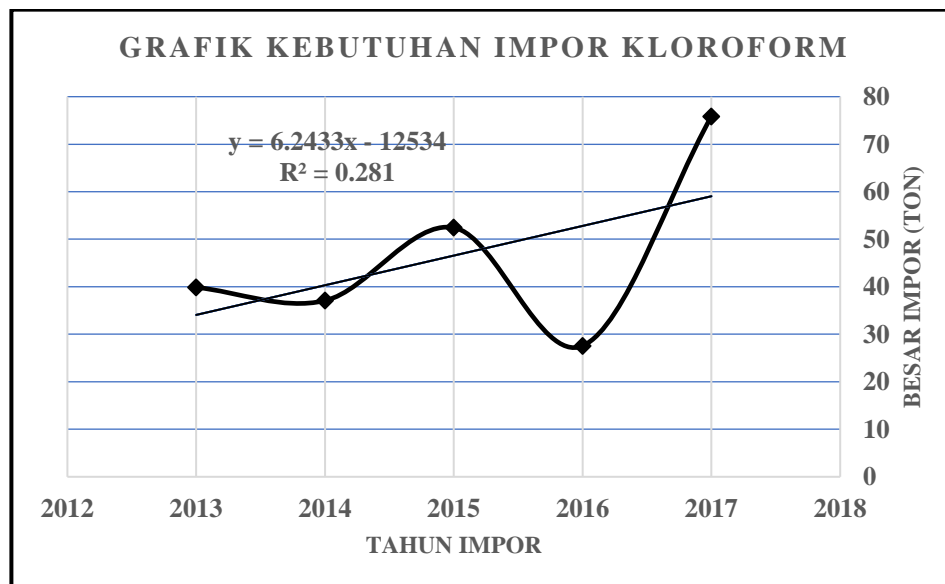
#### **a) Kebutuhan Kloroform di Indonesia**

Untuk memenuhi kebutuhan kloroform di Indonesia, selama ini negara kita masih mengimpor kloroform dari berbagai negara. Kebutuhan akan kloroform di Indonesia pada tahun 2013 sampai dengan tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 1.1, dan peningkatan impor kloroform di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1.

**Tabel 1.1** Data Impor Kloroform di Indonesia Pada Tahun 2013-2017

No	Tahun	Jumlah (ton)
1	2013	39,86
2	2014	37,08
3	2015	52,43
4	2016	27,56
5	2017	75,84

(Badan Pusat Statistik, 2018)

**Gambar 1.1** Grafik Kebutuhan Impor Kloroform di Indonesia

Kenaikan impor kloroform sesuai dengan persamaan garis lurus  $y = 6.2433x - 12534$ , Dari persamaan tersebut dapat diproyeksikan besarnya impor kloroform indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 109,99 ton/tahun.



### b) Kebutuhan Kloroform di Luar Negeri

Kebutuhan kloroform di luar negeri juga makin meningkat, hal ini disebabkan diketahuinya fungsi lain dari kloroform selain sebagai refrigeran, terutama sebagai bahan baku pada pembuatan *polytetraflouroethylene* (PTFE) dan *fluorinated ethylene propylene* (FEP). Berdasarkan data yang diperoleh dari *UN Comtrade Database* pada tahun 2015, kebutuhan kloroform secara global yang dipenuhi melalui impor masih relatif tinggi, yaitu hingga 130.000 ton. Jumlah tersebut diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya, karena kloroform merupakan prekursor utama *polytetraflouroethylene* (teflon), kebutuhannya secara global meningkat sekitar 5,3% setiap tahunnya ([www.icis.com](http://www.icis.com)). Jadi bisa diperkirakan kebutuhan kloroform secara global yang dipenuhi dari impor pada tahun 2025 sekitar 215.000 ton/tahun. Data kebutuhan/produksi kloroform luar negeri ditampilkan pada tabel di bawah.

**Tabel 1.2** Data produsen kloroform berbagai negara

Negara	Perusahaan	Kapasitas
China	Jinan Chemical	50.000
Jepang	Mitsui	70.000
Belanda	Allied Signal Azko Chemic	30.000
Inggris	Ronie-Povienc	25.000

(Anonim)

Pada tahun 2002 produksi kloroform di benua Eropa diestimasikan sebesar 302.800 ton/tahun berdasarkan kepada informasi dari industri kloroform yang berada di Eropa yang tercatat dalam CEFIC, 2002.

**Table 1.3** Besar kebutuhan impor dan ekspor di Eropa

<i>Year</i>	1999	2000	2001	2002
<i>Production (Ton)</i>	282.061	301.461	303.955	302.784
<i>Imports (Ton)</i>	2.546	3.209	38	18
<i>Exports (Ton)</i>	19.375	19.520	43.908	32.080
<i>Total (Ton)</i>	262.232	285.150	260.085	270.722

(CEFIC, 2002)

Dari data-data yang telah ditampilkan di atas maka bisa disimpulkan bahwa kebutuhan kloroform luar negeri tergolong cukup tinggi dan pertumbuhan kebutuhan kloroform cukup signifikan. Untuk memenuhi kebutuhan kloroform di Indonesia, selama ini negara kita masih mengimpor kloroform dari berbagai negara. Sehingga, pabrik ini direncanakan akan memiliki kapasitas 10.000 ton/tahun agar dapat bersaing dalam pasar global, selain untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri.

### c) **Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan kloroform adalah aseton ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) dan natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ). Produksi aseton diperoleh dengan proses dehidrogenasi propanol sedangkan natrium hipoklorit diperoleh dari interaksi gas klorin dengan natrium hidroksida. Bahan baku aseton PT. Smartlab

Indonesia yang ada di Serpong dengan harga Rp 142.000/kg, sedangkan bahan baku natrium hipoklorit dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dengan harga Rp 12.000/kg. Harga kloroform di pasaran dapat mencapai Rp 580.000/kg, karena bahan baku dapat diperoleh dalam negeri maka akan mengurangi biaya pada bahan baku, jadi pembuatan kloroform sangat menguntungkan.

#### d) Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Beberapa pabrik yang memproduksi kloroform mempunyai kapasitas minimum 9.000 ton/tahun (Hanlin Group Inc., Moundsville, West Virginia) dan kapasitas maksimum 90.000 ton/tahun (Dow Chemical Co., Plaquemine, Louisiana). Kapasitas rancangan minimum pabrik kloroform dapat diketahui dari data kapasitas pabrik kloroform yang telah berdiri di luar negeri pada tabel berikut.

**Tabel 1.4** Data Kapasitas Produksi Pabrik Kloroform di Luar Negeri

<b>Producer</b>	<b>Capacity (ton)</b>
Dow, Freeport, Texas	60.750
Dow, Plaquemine, La	90.000
Vulcan, Geismar, La	40.500
Hanlin Group Inc., Moundsville, West Virginia	9.000
Vulcan, Wichita, Kans.	72.000

(Amonette, 2009)

### 1.1.2. Pemilihan Kapasitas Pabrik

Dari data-data yang telah dimuat maka diperoleh kesimpulan antara lain :

1. Ketersediaan jumlah bahan baku, bahan baku dapat diperoleh dari dalam negeri.
2. Kapasitas minimal pabrik kloroform yang dapat menghasilkan keuntungan, yaitu 9.000 ton/tahun.
3. Kebutuhan kloroform di dunia mengalami kenaikan setiap tahunnya karena kloroform menjadi bahan baku utama pada beberapa industri polimer.
4. Kebutuhan kloroform dalam negeri bergantung pada impor, maka Indonesia membutuhkan produksi dalam negeri.
5. Produksi kloroform untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dan sisanya akan diekspor ke luar negeri.

Dengan melihat faktor-faktor di atas, maka dipilih kapasitas rancangan produksi pada tahun 2025 sebesar 10.000 ton/tahun dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan kloroform dalam negeri.
2. Dapat mengurangi ketergantungan impor kloroform.
3. Dapat mengekspor kloroform mengingat kebutuhan kloroform yang cukup besar di dunia.
4. Dapat membuka kesempatan berdirinya lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

Kloroform (*Trichloromethane, Methenyl Chloride*) mempunyai rumus  $\text{CHCl}_3$  dimana pada tekanan dan temperatur normal wujudnya berupa cairan bening dan berbau khas. Pada kondisi tersebut kloroform tidak mudah terbakar, tetapi campuran uap panasnya dengan uap alkohol terbakar dengan nyala api berwarna hijau. Pada temperatur tinggi kloroform akan menimbulkan nyala api dan dapat terbakar, juga mengeluarkan gas beracun. Kloroform dapat larut dalam pelarut organik dan hanya sedikit larut dalam air. Kloroform lebih dikenal karena kegunaannya sebagai bahan pembius, walaupun pada kenyataannya kloroform lebih banyak digunakan sebagai pelarut non-polar di laboratorium atau industri. [Amonette dkk, 2009]

Kloroform merupakan bahan kimia yang cukup luas penggunaannya dalam industri kimia, karena dapat digunakan sebagai bahan baku, maupun bahan pendukung proses. Produk-produk kimia yang menggunakan kloroform sebagai bahan baku antara lain polimer *polytetrafluoroethylene*, pengawet tembakau, fungisida dan vermisida. Selain itu, kloroform juga digunakan sebagai zat pengekstrak pada pembuatan penisilin di bidang farmasi serta bahan untuk merekoveri minyak, lemak, steroid, alkaloid maupun glukosa.



### 1.2.1. Penggunaan Kloroform

1. Kloroform dapat digunakan untuk mengekstraksi komponen yang tidak larut dalam air seperti lipid dalam proses isolasi DNA. Proses isolasi DNA melibatkan larutan yang berisi campuran fenol, kloroform, dan isoamilalkohol. Campuran ini akan membuat suspensi DNA pada lapisan atas dan pengotor-pengotor akan mengendap pada bagian bawah tabung. Cairan yang berada pada bagian atas tabung akan diproses lebih lanjut untuk analisis DNA, dan bagian pengotor dibuang.
2. Kloroform dapat digunakan untuk campuran untuk menentukan konsentrasi detergen anionik seperti "sodium dodesil sulfat". Metode yang dilakukan dinamakan *Methylene Blue Active Substance*. Lapisan bagian kloroform diambil lalu diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm.
3. Kloroform juga dapat digunakan untuk mengkuantifikasi secara kasar kandungan lipid dalam suatu sampel. Untuk memisahkan lipid dari pengotor-pengotor lainnya, sering ditambahkan pelarut organik lainnya seperti metanol untuk menarik kandungan protein. Lapisan kloroform diambil lalu diuapkan hingga tersisa lipidnya.

4. Kloroform digunakan untuk mengekstraksi kafeina dalam minuman. Untuk mendapatkan kafeina tersebut, dalam pemisahannya perlu ditambahkan diklorometana untuk menarik senyawa pengotor. Lapisan kloroform diambil, lalu diuji menggunakan spektrofotometer ultraviolet.
5. Saat ini, penggunaan terbesar kloroform adalah untuk produksi *polytetrafluoroethylene* (PTFE), plastik relatif tahan panas terbaik yang dikenal untuk digunakan sebagai lapisan *non-stick* untuk panci dan wajan. Senyawa ini pertama bereaksi dengan hidrogen fluorida untuk membentuk *chloro dofluoro methane*, suatu senyawa yang digunakan sebagai pendingin dan propelan untuk kaleng aerosol. Penggunaan ini telah dihapus di banyak negara, karena dampaknya pada lapisan ozon, tetapi produksinya masih merupakan langkah penting dalam pembuatan PTFE.
6. Di laboratorium, triklorometana sering digunakan sebagai pelarut yang stabil, relatif tidak aktif, dan melarutkan banyak senyawa organik. Hal ini sangat efektif dalam penggalian zat dari bahan tanaman dan digunakan dengan cara ini dalam industri farmasi untuk mengekstraksi obat-obatan dan prekursor obat dari tanaman. Hal ini juga dapat digunakan dalam kimia analitik untuk mengisolasi senyawa dari sampel dan digunakan dalam sintesis banyak bahan kimia organik.

### 1.2.2. Macam-macam Proses

#### a. Klorinasi Metana

Produksi kloroform yang banyak diaplikasikan dalam industri dapat dilakukan melalui klorinasi metana dengan bantuan katalis alumina. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed* katalitik. Suhu reaksi adalah 275°C sampai 450°C. Proses halogenasi metana menghasilkan beberapa macam *chlorinated product*, yaitu klorometana (CH<sub>3</sub>Cl), diklorometana (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), kloroform (CHCl<sub>3</sub>). Selain itu terdapat reaksi samping klorinasi kloroform menjadi karbon tetraklorida (CCl<sub>4</sub>).

#### Reaksi :



#### Kelebihan :

1. Proses ini termasuk proses panas katalitik dimana suhu juga dapat sebagai katalis sehingga tidak perlu adanya regenerasi katalis.
2. *Yield* yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu sekitar 90-95%.

**Kekurangan :**

1. Penggunaan reaktor *fixed bed* tersebut harus mempunyai konstruksi penyangga yang cukup kuat untuk menyangga katalis.
2. Reaktor *fixed bed* tersebut harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap pembebasan panas, mengingat reaksi klorinasi adalah reaksi eksotermis tinggi, sehingga reaktor tersebut biayanya cukup mahal.
3. Proses ini sensitif dengan adanya impuritas.

(Ketta & Cunningham., 1992)

**b. Klorinasi Fotokimia**

Proses klorinasi dengan metode klorinasi fotokimia didasarkan pada reaksi klorinasi metana oleh aktivasi dari reaksi massa dengan radiasi sinar. Adapun pemisahan molekul klorin ( $\text{Cl}_2$ ) menjadi radikal Cl adalah dengan meradiasikan reaksi massa dengan sumber sinar yang mempunyai radiasi 3000-5000 A. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. *Yield* proses ini adalah 90%. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor fotokimia.

**Keuntungan :**

- Mengurangi impuritas pada klorometana yang dihasilkan

**Kerugian :**

- Penggunaan reaktor fotokimia harus terbuat dari permukaan kaca yang tahan terhadap pembebasan panas, mengingat reaksi klorinasi adalah reaksi eksotermis.
- Tingginya biaya pembuatan dan perawatan.
- Lebih sensitif terhadap impuritas pada umpan, karena terjadi terminasi pada reaksi rantai.
- Adanya masalah transmisi sinar menuju ke reaksi. Kotoran atau karbon pada permukaan kaca atau terkandung dalam kaca akan diserap sehingga akan mengurangi jumlah komponen yang serap, dan juga akan membuang energi.
- Reaktor membutuhkan energi yang cukup besar untuk menghasilkan radiasi sinar dengan kekuatan 3.000-5.000 A.
- Kapasitas per reaktor rendah.
- Sering terjadi akumulasi pada daerah reaktor sehingga dapat mengakibatkan ledakan.

(Ketta & Cunningham., 1992)

### c. Reduksi Karbon Tetraklorida

Karbon tetraklorida ( $\text{CCl}_4$ ) direduksi dengan hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dengan bantuan katalis besi pada suhu reaksi  $15^\circ\text{C}$  dan tekanan operasi 5 – 80 atm.



Reduksi teratas dari karbon tetraklorida dengan etil alkohol akan menghasilkan kloroform. Reaksi terjadi pada reaktor dengan suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 25 jam akan menghasilkan kloroform dalam jumlah kecil dan etil klorida. Radiasi ultraviolet pada karbon tetraklorida dengan alkohol menghasilkan kloroform dengan konversi tinggi, tetapi reaksi berjalan sangat lambat.

#### Kelebihan:

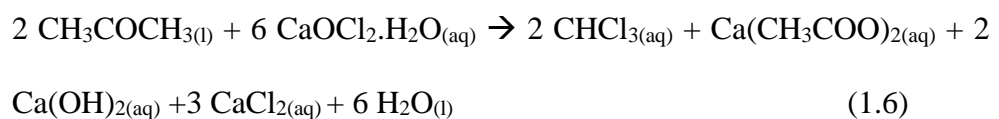
- Yield cukup tinggi yaitu sekitar 70-80%

#### Kekurangan :

- Reaksinya berjalan sangat lambat

(Faith & Keyes, 1959)

### d. Reaksi Aseton dengan Kaporit



Reaksi kaporit ( $\text{CaOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dengan aseton, asetaldehid, atau etil alkohol menghasilkan crude kloroform, dimana hasil reaksi dimurnikan dengan penambahan zat kimia dan distilasi. Aseton bereaksi dengan perbandingan 0,045 kg aseton : 0,453 kg kaporit, dan suhu reaksinya dijaga sekitar  $43,3^\circ\text{C}$  dengan menggunakan alat pendingin. Ketika aseton telah ditambahkan semuanya, suhunya dinaikkan menjadi  $56,7^\circ\text{C}$ . Kemudian secara perlahan-lahan suhunya dinaikkan menjadi  $65,5^\circ\text{C}$  dan kloroform mulai terbentuk.

**Kelebihan :**

- Proses reaksinya cukup sederhana dengan suhu operasi yang relatif rendah.
- Yield yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu sekitar 86-91%.

**Kekurangan :**

- Prosesnya termasuk proses konvensional.
- Proses dilakukan secara batch, sehingga membatasi kuantitas produksi.

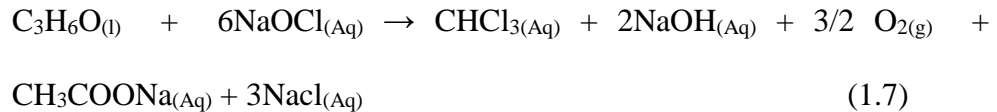
(Faith & Keyes, 1959)

**e. Pembuatan Kloroform dari Aseton dan Natrium Hipoklorit**

Pembuatan kloroform dari aseton dan natrium hipoklorit terjadi pada suhu antara  $61,2$  sampai  $85^\circ\text{C}$  dan reaksi berjalan eksotermis dimana reaksi

menghasilkan panas. Konversi reaksi adalah 99% dengan waktu tinggal antara 5-10 menit.

Reaksi yang terjadi dalam reaktor yaitu :



Produk yang dihasilkan mempunyai kemurnian 98% dengan pengotor aseton dan air.

(Canadian Patent, CA1102355)

**Tabel 1.5** Kesimpulan masing-masing proses

<b>Jenis Proses</b>	Klorinasi Metana	Klorinasi Fotokimia	Reduksi Karbon Tetraklorida	Reaksi Aseton dg Kalsium Hipoklorit	Reaksi Aseton dg Natrium Hipoklorit
<b>Bahan Baku</b>	Metana	Metana	Karbon Tetraklorida & Hidrogen	Aseton & Kalsium Hipoklorit	Aseton & Natrium Hipoklorit
<b>Suhu</b>	275°C - 450°C		15°C	43,3°C - 65,5°C	61,2 °C – 85 °C
<b>Tekanan</b>			5 – 80 atm.		2 atm
<b>Konversi</b>	90-95%.	90%	70-80%	88%	99%
<b>Katalis</b>	Alumina	-	Fe	-	-
<b>Reaktor</b>	Fixed Bed	Reaktor Fotokimia		Reaktor Batch	RATB



### 1.2.3. Pemilihan Proses

Dari beberapa uraian proses di atas, pada prarancangan pabrik kloroform dipilih proses kelima, yaitu proses pembuatan kloroform dari natrium hipoklorit dan aseton atas pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi yang didapatkan dalam proses ini relatif tinggi yaitu mencapai 99%.
2. Reaksi dijalankan dengan kondisi operasi yang mudah dicapai sehingga tidak memerlukan perlakuan yang rumit dan tidak membutuhkan energi yang besar.
3. Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi, yaitu mencapai 98%.

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk mendapatkan kualitas produk yang baik dan sesuai dengan target yang diinginkan, maka perancangan produk dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu : spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk dan produk samping dan teknik pengendalian kualitas.

#### 2.1. Spesifikasi Produk

##### 2.1.1. Sifat Fisis

**Tabel 2.1** Sifat Fisis Komponen Produk

No	Sifat Fisis	Kloroform	Natrium Asetat	Natrium Hidroksida	Natrium Klorida	Air	Oksigen
1	Rumus molekul	$\text{CHCl}_3$	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\text{NaOH}$	$\text{NaCl}$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2$
2	Wujud	Cairan bening (25°C, 1atm)	Padat, berwarna putih	Padat, bubuk putih	Padat, kristal putih	Cairan tidak berwarna	Gas, tidak berwarna
3	Berat molekul	119,39 g/gmol	82.0343 g/gmol	74,1 g/gmol	58,44 g/gmol	18,02 g/gmol	15.999 g/gmol
4	Titik didih	61,2 °C	-	-	-	100°C	-182.95°C
5	Titik leleh	- 63,5°C	-	-	1465 °C	-	-

Tabel 2.1 :.....Lanjutan

6	Titik lebur	-	324°C	580°C	801 °C	-	-218.79°C
7	Densitas	1,48 gr/cm <sup>3</sup> (25 °C)	1,528 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)	2,211 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)	2,16 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)	0,9982 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)	1.141 g/cm <sup>3</sup> (cair)
8	Viskositas	0,57 cp (20°C)	4.94 cp (30°C)	2,0 cp (30°C)	1.32 cp (30°C)	0.665 cp (30°C)	3.66E-07 cp (30°C)
9	Kapasitas panas	0,234 kal/g.°C (20°C)	0.2892 kal/g.°C (20°C)	1 kal/g.°C (20°C)	0.3495 kal/g.°C (20°C)	0.1629 kal/g.°C (20°C)	-
10	Kelarutan dalam 100 ml air	0,8 g (20°C)	46,5 g (20°C)	110 g (20°C)	35,9 gr (25°C)	-	-
11	Suhu kritis	263°C	-	-	-	373,98°C	-118.41°C
12	Tekanan kritis	53,8 atm	-	-	-	216,531 atm	5.043 MPa
13	Kemurnian	98% (1,9% air dan 0,1% aseton)	-	-	-	-	100%
14	Keterangan	Produk utama	Produk samping	Produk samping	Produk samping	Produk samping	Produk utama

## 2.1.2. Sifat Kimia

### a. Kloroform

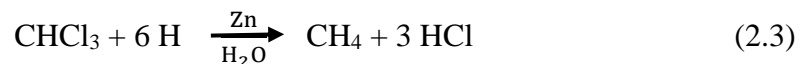
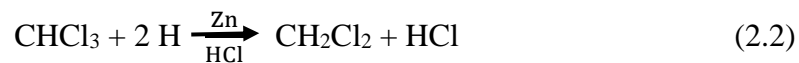
- Kloroform jika bereaksi dengan udara atau cahaya secara perlahan-lahan akan teroksidasi menjadi senyawa beracun *phosgene* (karbonil klorida).

Reaksi :



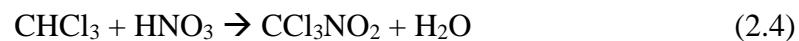
- Kloroform dapat direduksi dengan bantuan seng dan asam klorida untuk membentuk metilen klorida. Jika proses reduksi dilakukan dengan bantuan debu seng dan air akan dapat diperoleh metana.

Reaksi :



- Kloroform dapat bereaksi dengan asam nitrat pekat untuk membentuk nitro kloroform atau kloropikrin.

Reaksi :

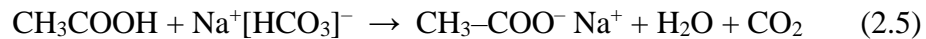


Kloropikrin biasanya digunakan sebagai insektisida.

(Kirk & Othmer, 1998)

### b. Natrium Asetat

- Reaksi asam asetat dengan natrium karbonat, natrium bikarbonat, atau natrium hidroksida, menghasilkan beberapa basa yang mengandung natrium.



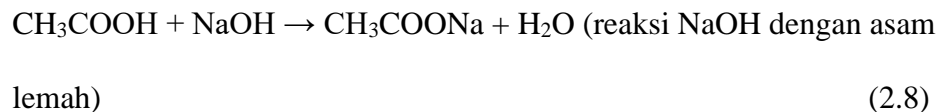
- Natrium asetat bisa digunakan untuk memproduksi ester dari reaksi dengan alkil halida, misalnya bromoetana.



(Kirk & Othmer, 1998)

### c. Natrium Hidroksida

- Dapat bereaksi dengan asam kuat dan asam lemah untuk membentuk garam, seperti yang ditunjukkan oleh reaksi dibawah ini :



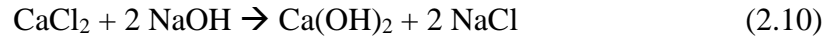
- Senyawa ini mampu melarutkan logam-logam seperti logam alumunium serta beberapa logam transisi lainnya.



#### d. Natrium Klorida

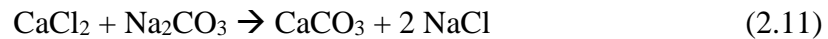
- Kalsium klorida jika bereaksi dengan natrium hidroksida akan membentuk kalsium hidroksida dan natrium klorida.

Reaksi :



- Kalsium klorida jika bereaksi dengan natrium karbonat akan membentuk kalsium karbonat dan natrium klorida.

Reaksi :



(Kirk & Othmer, 1998)

#### e. Air

- Air merupakan elektrolit lemah yang mampu menghantarkan listrik karena terionisasi menjadi ion  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$ .

Reaksi :

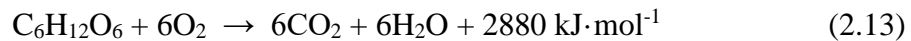


- Air dapat menguraikan garam menjadi asam dan basa (hidrolisis garam).
- Air bersifat netral ( $\text{pH} = 7$ ).
- Air merupakan jenis pelarut yang baik.
- Air merupakan senyawa kovalen polar.

- Air jika bereaksi dengan oksida logam akan membentuk hidroksida yang bersifat basa.
- Air jika bereaksi dengan oksida non logam akan membentuk asam.

#### f. Oksigen

- Reaksi respirasi aerob secara garis besar merupakan kebalikan dari fotosintesis, secara sederhana:



- Reaksi logam dengan logam membentuk senyawa ion



- Oksigen bereaksi dengan semua unsur kecuali He, Ne, Ar.
- Untuk reaksi dengan unsur – unsur tertentu seperti logam alkali, rubidium dan cesium jika suhu aktivasi pada suhu kamar mencukupi maka reaksi berjalan spontan.
- Untuk beberapa material yang akan direaksikan dengan  $\text{O}_2$ , harus dipanaskan terlebih dahulu sampai pada suhu tertentu untuk pembakaran awal.
- Jika direaksikan dengan bahan bakar seperti petroleum oil, natural gas, atau batubara akan dihasilkan panas,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  serta residu dari udara.

## 2.2. Spesifikasi Bahan Baku

### 2.2.1. Sifat Fisis

Tabel 2.2 Sifat Fisis Komponen Bahan Baku

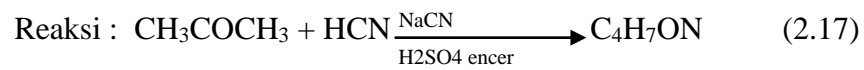
No	Sifat Fisis	Aseton	Natrium Asetat
1	Rumus molekul	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	NaOCl
2	Wujud	Cairan tidak berwarna (25°C, 1 atm)	Serbuk putih (25°C, 1 atm)
3	Berat molekul	58,08 g/gmol	74,42 g/gmol
4	Titik didih	56,53 °C	101 °C
5	Titik leleh	-94,9 °C	-
6	Titik lebur	-	18°C
7	Densitas	0,79 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)	1,11 g/cm <sup>3</sup> (25 °C)
8	Viskositas	0,27 cp (20°C)	1,75 cp (30°C)
9	Kapasitas panas	0,53 kal/g.°C (20°C)	0.31 kal/g.°C (20°C)
10	Kelarutan dalam 100 ml air	Larut dalam air dengan berbagai perbandingan	29.3 g (20°C)
11	Suhu kritis	235,05 °C	-
12	Tekanan kritis	-	-
13	Kemurnian	99 % (1% air)	-
14	Keterangan	Bahan baku utama	Bahan baku utama

### 2.2.2. Sifat Kimia

#### a) Asetone

- Ketika aseton ditambah dengan hidrogen sianida dan juga ditambah dengan natrium sianida dan asam sulfat encer dalam proses reaksinya akan dapat menghasilkan aseton sianohidrin.





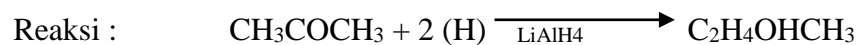
- Aseton jika direaksikan dengan iodin dan natrium hidroksida akan dapat menghasilkan iodoform.

Reaksi :



(2.18)

- Aseton dapat direduksi menjadi 2-propanol oleh reaksi dengan bantuan lithium aluminium hidrida.

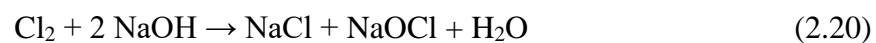


(2.19)

(Kirk & Othmer, 1998)

#### b) Natrium Hipoklorit

- Bereaksi dengan air dan alkohol
- klor direduksi dan dioksidasi secara bertahap, proses ini dikenal sebagai disproporsionasi.



## 2.3. Pengendalian Kualitas

### 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku *Sodium Hypoclorite* yang diperoleh dari PT. Asahimas Subentra di Cilegon dan aseton dari PT. Smartlab Indonesia di Serpong digunakan sebagai bahan baku sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Dalam upaya pengendalian mutu produksi pabrik ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium dengan pengujian mutu. Analisa dilakukan terhadap bahan baku yang digunakan, yaitu aseton dan sodium hipoklorit. Analisa dilakukan pada saat bahan datang, sehingga pabrik dapat menolak bahan baku yang akan dibeli apabila hasil analisa tidak memenuhi syarat. Analisa meliputi:

- a. Analisa aseton
  - Densitas aseton
  - Kemurnian aseton
  - Viskositas
- b. Analisa natrium hipoklorit
  - Kadar air

- Densitas
- Organoleptri (bau, warna, kenampakan)

Prosedur Analisa Bahan Baku menggunakan *Gas Chromatography* (GC) GC digunakan untuk menganalisa kadar impuritas dalam bahan baku. Mengambil sampel secukupnya kemudian dianalisa langsung menggunakan GC. Dengan alat ini dapat ditentukan kadar impuritasnya, apakah sudah memenuhi kriteria sebagai bahan baku atau belum.

### 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses

Untuk memperoleh kualitas produk standar maka diperlukan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi dilakukan dengan data pengendalian yang berpusat di *control room* dilakukan dengan cara *automatic* yang menggunakan beberapa indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun suhu operasi dapat diketahui dari isyarat yang diberikan, misalnya berupa : nyala lampu dan bunyi alarm.

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang

tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

Beberapa kontrol yang dijalankan yaitu :

- a) Kontrol terhadap tinggi cairan dalam tangki (*level control*)
- b) Kontrol terhadap aliran bahan baku dan produk
- c) Kontrol terhadap kondisi operasi
- d) Kontrol terhadap tekanan operasi penyimpanan

Alat kontrol yang dipakai/dikondisikan pada kondisi tertentu yaitu :

a) *Level Control*

Merupakan alat yang ditempatkan/dipasang pada bagian atas tangki, jika belum memenuhi atau melebihi batas yang diinginkan maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu.

b) *Flow Rate*

Merupakan alat yang ditempatkan/dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan keluar alat proses.

c) *Temperature Control*

Jika terjadi penyimpangan pada set suhu yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu.

d) *Pressure Control*

Kontroler ini ditempatkan/dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer atau juga menjaga agar tekanan tidak melebihi batas tekanan suatu alat yang diatur, biasanya digunakan alat pada fase gas.

Analisa untuk unit proses sebagai berikut :

- Analisa komposisi komponen keluar reaktor yang dilakukan tiap 2 jam sekali.
- Analisa komposisi komponen keluar dekanter atas dan bawah yang dilakukan tiap 2 jam sekali.
- Analisa komposisi komponen keluar Menara Destilasi yang dilakukan tiap 2 jam sekali.

### **2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk merupakan suatu kegiatan yang dilakukan oleh setiap perusahaan untuk meningkatkan dan mempertahankan produksinya agar produk yang dihasilkan sesuai standar kualitas yang ditetapkan perusahaan. Analisa terhadap produk dilakukan dua kali dalam sehari. Analisa produk kloroform meliputi :

- Viskositas
- *Density*
- Organoleptri (bau, warna, kenampakan)

➤ Kadar kemurnian kloroform

Alat-alat utama laboratorium yang digunakan untuk menguji produk :

1. *Water Content Tester*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar air dalam produk.

2. *Viskosimeter Bath*

Alat ini digunakan untuk mengukur produk keluar reaktor.

3. *Hydrometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur *specific gravity*.

4. *Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan logam dan senyawa lain.

5. *Infra Red Spektrofotometer (IRS)*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan gugus minyak dalam sampel air.

Prosedur Analisa Produk :

1. *Infra Red Spektrofotometer (IRS)*.

Mengambil sampel *ethylene dichloride* secukupnya kemudian dianalisa langsung menggunakan Infrared Spektrofotometer (IRS). Dengan alat ini dapat ditentukan kandungan gugus organik yang tersusun, apakah sudah memenuhi kriteria sebagai produk atau belum.

2. Densitas

Alat : Hidrometer

Cara pengujian :

- Menuang sampel ke dalam gelas ukur 1 liter (usahakan tidak terbentuk gelembung).
- Memasukkan termometer ke dalam gelas ukur.
- Memasukkan hidrometer yang telah dipilih sesuai dengan sampel.
- Memasukkan hidrometer terapung pada sampel sampai konstan lalu membaca skala pada hidrometer tersebut.
- Mengkonversi menggunakan tabel yang tersedia.

### 3. Viskositas

Alat : *Viscometer tube, bath, stopwatch, termometer.*

Cara pengujian :

- Mengisikan sampel dengan volume tertentu (sesuai dengan kapasitas kapiler) ke dalam *viscometer tube* yang telah dipilih.
- Memasukkan sampel ke dalam bath, diamkan selama 15 menit agar temperatur sampel sesuai dengan temperatur *bath*/temperatur pengetesan.
- Pengetesan dilakukan dengan mengalirkan sampel melalui kapiler sambil menghitung alirnya.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

Untuk memperoleh kualitas produk yang baik sesuai dengan perancangan yang diinginkan maka pada perancangan proses perlu dilakukan penyetingan yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

#### **3.1. Uraian Proses**

Meliputi unit persiapan bahan baku, unit reaksi, unit pemurnian hasil, dan deskripsi lengkap proses.

##### **3.1.1. Kondisi Operasi**

Kondisi operasi pada proses reaksi pembuatan kloroform terjadi di dalam reaktor RATB yang dilengkapi pengaduk sebagai berikut :

Suhu Operasi : 61,2 – 85 °C dipakai suhu 65 °C

Tekanan : 2 atm

Konversi : 99%

Waktu Tunggu : 5 sampai 10 menit (minimal 2 menit)

(Canadian Patent, CA1102355)

##### **3.1.2. Tahap Penyiapan Bahan Baku**

Tahap penyiapan bahan baku dimaksudkan untuk:

1. Mengatur konsentrasi larutan sodium hipoklorit dengan air untuk menghasilkan larutan sodium hipoklorit 40%.



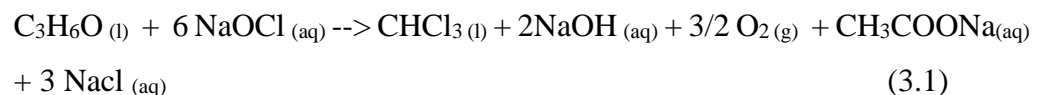
2. Mengatur perbandingan konstanta mol aseton dan larutan sodium hipoklorit sebesar 1 : 6.
3. Bahan baku acetone diperoleh dengan kemurnian sebesar 99%.

Dari *hopper feeder* (H) NaOCl diangkut dengan *screw conveyor* (SC), kemudian diumpankan ke *bucket elevator* (BE) yang membawanya menuju *mixer* (M). Air kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal menuju mixer (M). Didalam *mixer* (M) yang dilengkapi dengan pengaduk, terjadi pelarutan kaporit dalam air menjadi kaporit cair dengan konsentrasi 40% pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Produk dialirkan ke Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01) dengan pompa sentrifugal untuk direaksikan dengan aseton dengan perbandingan koefisien mol sebesar 1 aseton : 6 sodium hipoklorit yang merupakan perbandingan koefisien mol komponen.

### 3.1.3. Tahap Reaksi

Reaksi antara aseton dan sodium hipoklorit terjadi dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk. Pengadukan dalam reaktor dimaksudkan agar reaksi berlangsung secara sempurna. Reaktor bekerja secara kontinyu pada suhu 65°C dan tekanan 2 atm. Supaya reaksi berjalan optimal, maka digunakan 3 buah reaktor yang disusun secara seri.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi diatas adalah reaksi eksotermis, oleh sebab itu dipakai jaket pendingin agar suhu tetap pada kondisi 65°C. Sebagai pendingin dipakai air yang masuk pada suhu 30°C dan keluar pada suhu 50°C. Hasil reaksi yang terbentuk dalam Reaktor pertama (R-01) dengan konversi sebesar 91,4% hasil keluaran reaktor pertama dialirkan menuju reaktor kedua (R-02) dengan konversi sebesar 97,8% dan hasil keluaran reaktor tersebut dialirkan menuju reaktor ketiga (R-03) dengan konversi akhir sebesar 99% lalu produk reaktor segera dipompa ke dekanter (DC) untuk dipisahkan dimana aliran didinginkan terlebih dahulu dari suhu 65°C menjadi 40°C menggunakan *cooler* (CL-01).

#### **3.1.4. Pemurnian Hasil**

Pemurnian hasil dilakukan dengan beberapa proses pemisahan. Pemisahan pertama adalah dengan menggunakan dekanter (DC) pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm. Dalam dekanter (DC) terbentuk lapisan fase berat dan fase ringan. Fase ringan yang mengandung *crude chloroform* dengan pengotor air dan sedikit aseton segera dipompa menuju menara destilasi (MD) untuk dimurnikan lebih lanjut. Sedangkan fase berat merupakan *purging*. Lapisan berat dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Lapisan atas keluaran dekanter (DC) dialirkan menuju menara destilasi terlebih dahulu dipanaskan dengan heater (HE-03) dari 40°C menjadi 78°C. Hasil atas dari dekanter dialirkan menuju menara distilasi (MD) menggunakan pompa. Hasil atas dari menara distilasi diambil sebagai hasil utama dengan kemurnian kloroform sebesar 98%

dengan impuritas air dan sedikit aseton, sedangkan hasil bawah menara distilasi merupakan hasil samping berupa air dan sedikit kloroform dan dialirkan menuju unit pengolahan limbah dengan terlebih dahulu didinginkan suhunya menjadi 50°C. Sedangkan produk utama dialirkan menuju tangki penyimpanan kloroform (TP-03) dengan terlebih dahulu suhunya didinginkan menjadi 40°C.

### 3.1.5. Deskripsi Proses

Proses pembuatan kloroform adalah mereaksikan aseton dengan kaporit, reaksinya sebagai berikut :



Reaktor yang digunakan adalah jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi jaket pendingin. Pembuatan kloroform menggunakan bahan baku aseton dengan kemurnian 99% dan sodium hipoklorit dengan kemurnian 40%. Reaksi berlangsung dalam suhu 65°C dan tekanan 2 atm dengan reaksi berjalan eksotermis dengan konversi akhir sebesar 99%.

Aseton yang berasal dari tangki penyimpanan (TP-01) berbentuk tangki silinder vertikal dengan suhu penyimpanan sebesar 30°C dan tekanan 1 atm, dialirkan menuju reaktor menggunakan pompa sentrifugal (P-01) dan menaikkan suhunya menjadi 65°C dengan heater (HE-01) jenis *double pipe heat exchanger*.

Sodium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) sebelum dialirkan ke *mixer* (M) untuk dilarutkan terlebih dahulu disimpan didalam Hopper Feeder (H) karena sodium hipoklorit berbentuk serbuk padat dan dialirkan kedalam *mixer* (M) dengan *screw conveyor* (SC), kemudian diumpankan ke *bucket elevator* (BE) untuk dilarutkan dengan air, larutan sodium hipoklorit yang berasal dari tangki *mixer* (M) yang memiliki kandungan  $\text{NaOCl}$  sebesar 40% dalam larutan dengan suhu penyimpanan  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm dimasukkan kedalam reaktor menggunakan pompa sentrifugal (P-02) dan menaikkan suhunya menjadi  $40^{\circ}\text{C}$  menggunakan heater (HE-02) jenis *shell and tube*.

Perbandingan komposisi reaktan aseton dengan sodium hipoklorit merupakan perbandingan koefisien mol dengan nilai sebesar 1 : 6, bahan baku yang telah memenuhi kondisi operasi tersebut dimasukkan kedalam reaktor jenis RATB pada keadaan *steady state* untuk diproses. Jumlah reaktor yang dipakai sebanyak 3 buah yang disusun secara seri. Reaksi pembentukan kloroform merupakan reaksi *irreversible* eksotermis. Akibat panas yang ditimbulkan reaksi maka dibutuhkan jaket pendingin dengan air untuk mencegah reaksi melewati *range* suhu yang diinginkan yaitu sebesar  $65^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atm dan konversi akhir sebesar 99%.

Larutan yang keluar dari reaktor terdiri dari produk utama kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), dengan produk samping yaitu natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), natrium asetat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), dan oksigen ( $\text{O}_2$ ), serta sebagian

kecil bahan baku yang tidak bereaksi. Konversi reaktor yaitu sebesar 99% dan untuk gas keluaran reaktor ( $O_2$ ) akan dialirkan langsung menuju tangki penyimpanan oksigen (TP-02) untuk dijual karena oksigen bernilai ekonomis yang tinggi.

Larutan keluaran reaktor kemudian dialirkan menuju dekanter (DC) jenis vertikal, sebelum dimasukkan kedalam dekanter larutan didinginkan dahulu dari  $65^\circ C$  menjadi  $40^\circ C$  menggunakan *cooler* (CL-01) jenis *shell and tube exchanger*. Di dalam dekanter larutan dipisahkan menjadi larutan fase berat berupa  $CH_3COONa$ ,  $NaCl$ ,  $NaOH$ ,  $H_2O$  dan larutan fase ringan berupa  $CHCl_3$ ,  $C_3H_6O$ , larutan fase ringan merupakan hasil atas dekanter yang akan menuju menara destilasi untuk dimurnikan. Produk kloroform kemudian dialirkan menuju menara destilasi (MD), sedangkan produk lainnya/fase berat dialirkan kedalam unit pengolahan lanjut (UPL), produk kloroform dipanaskan terlebih dahulu dari suhu  $40^\circ C$  menjadi  $78^\circ C$  menggunakan Heater (HE-03) jenis *shell and tube*.

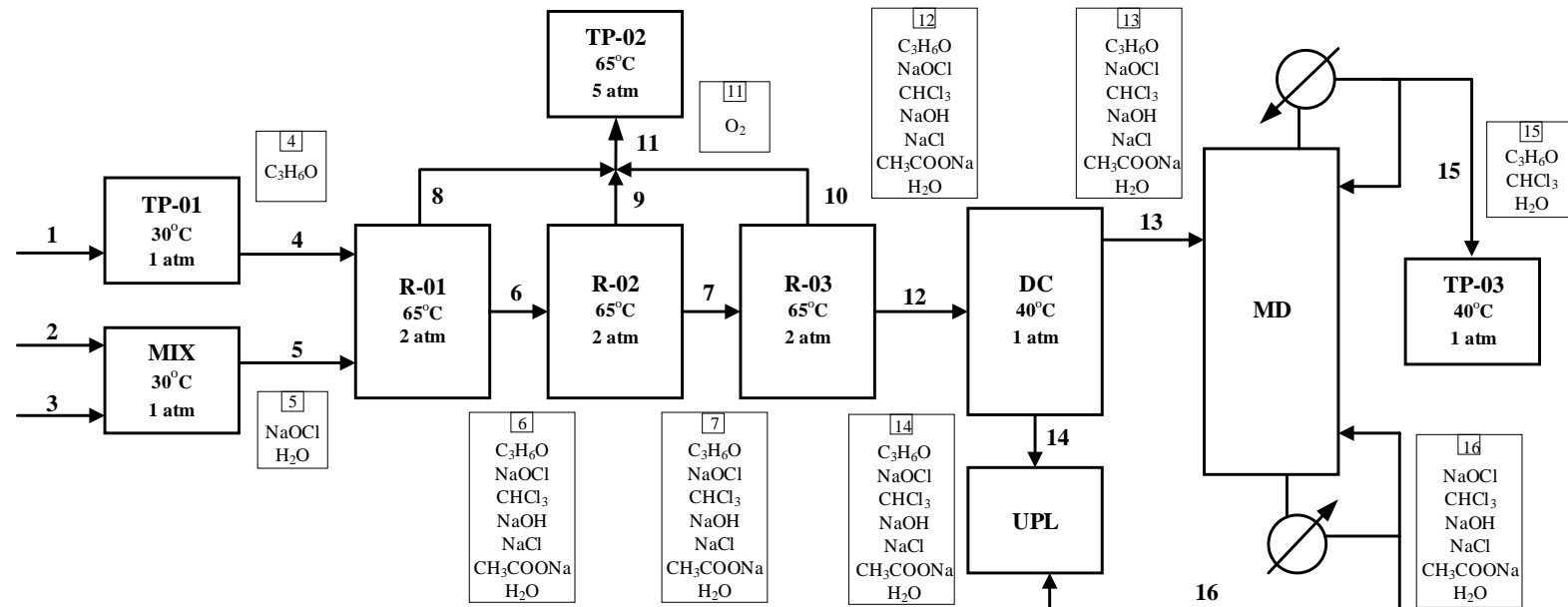
Di dalam Menara Destilasi (MD) campuran dimurnikan dengan kemurnian hasil atas 98% berupa kloroform dengan impuritas air dan sedikit aseton. Umpan masuk MD terlebih dahulu dipanaskan suhunya menjadi  $78^\circ C$  menggunakan *heater* (HE-03) jenis *double pipe*. Jenis MD yang digunakan yaitu *plate column* dengan jumlah *plate* sebanyak 16 buah dengan umpan masuk terletak pada *plate* 5 dari atas. Kondisi operasi destilat yaitu pada suhu

63°C dan tekanan 1 atm, dan kondisi operasi bottom yaitu pada suhu 99°C. Hasil atas MD dialirkan ke dalam tangki penyimpanan produk (TP-03) dimana suhu kloroform didinginkan terlebih menjadi 40°C dahulu menggunakan *cooler* (CL-03) sebelum masuk ke dalam tangki penyimpanan. Sedangkan hasil bawah menara destilasi yang berupa sedikit kloroform dan air, diturunkan suhunya menjadi 50°C dengan *cooler* (CL-02) dan dialirkan menuju unit pengolahan lebih lanjut (UPL). Sebelum dialirkan ke dalam tangki penyimpanan, dilakukan penambahan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) sebanyak 1% berat yang berfungsi sebagai *stabilizer* produk kloroform.

### **3.1.6. Metode Perancangan**

Setting perencanaan pendirian pabrik kloroform dari aseton dan sodium hipoklorit sebesar 10.000 ton/tahun meliputi : neraca massa, neraca panas, dan diagram alir proses produksi (*flow process*) yang bersifat kualitatif dan kuantitatif.

### 3.1.6.1. Diagram Alir Kualitatif



Keterangan :

TP-01 = Tangki penyimpanan Aceton

TP-02 = Tangki penyimpanan Oksigen

TP-03 = Tangki Penyimpanan kloroform

MIX = Mixer

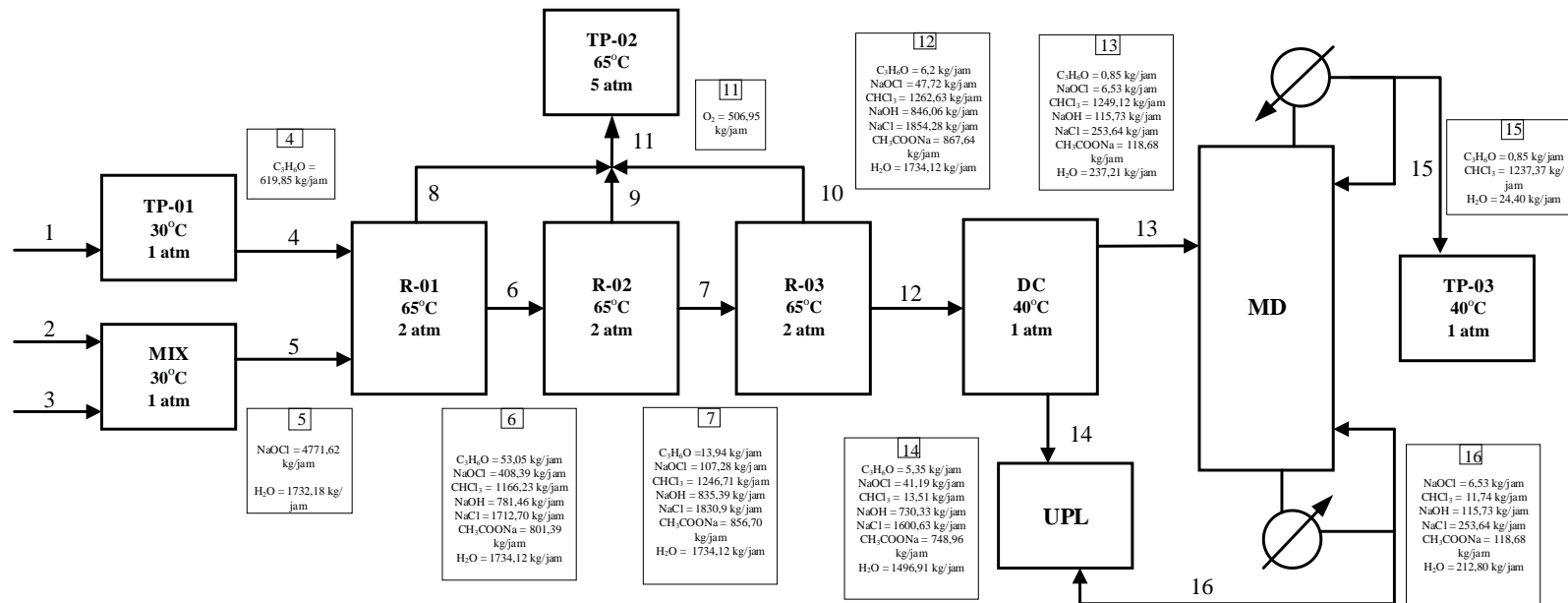
R-01 = Reaktor RATB

DC = Dekanter

MD = Menara Destilasi

UPL = Unit Pengolahan Limbah

### 3.1.6.2. Diagram Alir Kuantitatif



Keterangan :

TP-01 = Tangki penyimpanan Aceton

TP-02 = Tangki penyimpanan Oksigen

TP-03 = Tangki Penyimpanan kloroform

MIX = Mixer

R-01 = Reaktor RATB

DC = Dekanter

MD = Menara Destilasi

UPL = Unit Pengolahan Limbah



### 3.1.6.3. Neraca Massa

Setting neraca massa pada pabrik kloroform dari aseton dan sodium hipoklorit sebesar 10.000 ton/tahun disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 3.1.5.(a) Neraca Massa Mixer**

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	2	3	5
NaOCl	4.771,62		4.771,62
H <sub>2</sub> O		1.732,17	1.732,17
<b>Total</b>	<b>6.503,79</b>		<b>6.503,79</b>

**Tabel 3.1.5.(b) Neraca Massa Reaktor (R-01)**

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	4	5	6	8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	619,85		53,05	
NaOCl		4.771,62	408,39	
CHCl <sub>3</sub>			1.166,22	
NaOH			781,46	
NaCl			1.712,70	
CH <sub>3</sub> COONa			801,40	
O <sub>2</sub>				468,25
H <sub>2</sub> O	1,94	1.732,18	1.734,12	
<b>Total</b>	<b>7.125,59</b>		<b>7.125,59</b>	

**Tabel 3.1.5.(c) Neraca Massa Reaktor (R-02)**

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	6	7	9
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	53,05	13,94	
NaOCl	408,39	107,28	

Tabel 3.1.5.(c) :.....Lanjutan

CHCl <sub>3</sub>	1.166,22	1.246,71	
NaOH	781,46	835,39	
NaCl	1.712,70	1.830,90	
CH <sub>3</sub> COONa	801,40	856,70	
O <sub>2</sub>			32,31
H <sub>2</sub> O	1.734,12	1.734,12	
<b>Total</b>	<b>6.657,35</b>	<b>6.657,35</b>	

Tabel 3.1.5.(d) Neraca Massa Reaktor (R-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	7		12	10
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	13,94		6,20	
NaOCl	107,28		47,72	
CHCl <sub>3</sub>	1.246,71		1.262,63	
NaOH	835,39		846,06	
NaCl	1.830,90		1.854,28	
CH <sub>3</sub> COONa	856,70		867,64	
O <sub>2</sub>				6,39
H <sub>2</sub> O	1.734,12		1.734,12	
<b>Total</b>	<b>6.625,04</b>		<b>6.625,04</b>	

Tabel 3.1.5.(e) Neraca Massa Reaktor Total

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	4	5	11	12
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	619,85			6,20
NaOCl		4.771,62		47,72
CHCl <sub>3</sub>				1.262,63
NaOH				846,06
NaCl				1.854,28

Tabel 3.1.4.(e) :.....Lanjutan

CH <sub>3</sub> COONa				867,64
O <sub>2</sub>			506,95	
H <sub>2</sub> O	1,94	1.732,18		1.734,12
<b>Total</b>	<b>7.125,59</b>		<b>7.125,59</b>	

Tabel 3.1.5.(f) Neraca Massa Decanter

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	6,19	0,84	5,35
NaOCl	47,72	6,52	41,19
CHCl <sub>3</sub>	1.262,62	1.249,11	13,50
NaOH	846,05	115,73	730,32
NaCl	1.854,27	253,64	1.600,63
CH <sub>3</sub> COONa	867,63	118,68	748,95
H <sub>2</sub> O	1.734,12	237,20	1.496,91
<b>Total</b>	<b>6.618,64</b>	<b>6.618,64</b>	

Tabel 3.1.5.(g) Neraca Massa Menara Destilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,85	0,85	0
NaOCl	6,53	0	6,53
CHCl <sub>3</sub>	1.249,12	1.237,37	11,74
NaOH	115,73	0	115,73
NaCl	253,64	0	253,64
CH <sub>3</sub> COONa	118,68	0	118,68
H <sub>2</sub> O	237,21	24,40	212,80
<b>Total</b>	<b>1.981,76</b>	<b>1.981,76</b>	

**Tabel 3.1.5.(h) Neraca Massa Total**

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)			
	1	2	3	11	14	15	16
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	619,85				5,35	0,85	
NaOCl		4.771,62			47,72		6,53
CHCl <sub>3</sub>					13,51	1237,38	11,74
NaOH					846,06		115,73
NaCl					1.854,28		253,64
CH <sub>3</sub> COONa					867,64		118,68
O <sub>2</sub>				506,95			
H <sub>2</sub> O	1,94		1.732,18		1.496,91	24,41	212,80
<b>Total</b>	<b>7.125,59</b>			<b>7.125,59</b>			

**3.1.6.4. Neraca Panas**

Neraca panas pada pabrik pabrik kloroform dari aseton dan sodium hipoklorit sebesar 10.000 ton/tahun disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 3.1.5.(i) : Neraca Panas Reaktor - 01 (R-01)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	4	5	6	8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	56.151,24		4.805,82	
NaOCl		424.576,10	36.338,18	
CHCl <sub>3</sub>			45.085,91	
NaOH			68.042,03	
NaCl			100.122,50	
CH <sub>3</sub> COONa			40.462,65	
O <sub>2</sub>				437.281,23
H <sub>2</sub> O		289.706,21	289.706,21	
Reaksi pembentukan			-5.555.347,62	
Pendingin			5.303.936,64	
<b>Total</b>	<b>770.433,55</b>		<b>770.433,55</b>	

**Tabel 3.1.5.(j) : Neraca Panas Reaktor - 02 (R-02)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	6	7	9
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	4.805,82	1.262,47	
NaOCl	36.338,18	9.545,92	
CHCl <sub>3</sub>	45.085,91	48.197,28	
NaOH	68.042,03	72.737,61	
NaCl	100.122,50	107.031,94	
CH <sub>3</sub> COONa	40.462,65	43.254,97	
O <sub>2</sub>	437.281,23		467.457,97
H <sub>2</sub> O	289.706,21	289.706,21	
Reaksi pembentukan		-383.374,09	
Pendingin		366.024,24	
<b>Total</b>	<b>1.021.844,53</b>	<b>1.021.844,53</b>	

**Tabel 3.1.5.(k) : Neraca Panas Reaktor - 03 (R-03)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	7	10	12
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	1.262,47	561,57	
NaOCl	9.545,92	4.246,21	
CHCl <sub>3</sub>	48.197,28	48.812,74	
NaOH	72.737,61	73.666,42	
NaCl	107.031,94	108.398,68	
CH <sub>3</sub> COONa	43.254,97	43.807,31	
O <sub>2</sub>	467.457,97		473.427,15
H <sub>2</sub> O	289.706,21	289.706,21	
Reaksi pembentukan		-75.834,14	
Pendingin		72.402,22	
<b>Total</b>	<b>1.039.194,38</b>	<b>1.039.194,38</b>	

**Tabel 3.1.4.(l) : Neraca Panas Menara Distilasi (MD)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)		
	Q <sub>F</sub>	Q <sub>R</sub>	Q <sub>D</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>C</sub>
<b>Kloroform</b>	46.288,60		40.514,97	869,35	
<b>Aseton</b>	76,18		65,09		
<b>Air</b>	28.920,97		3.446,38	66.432,02	
<b>Subtotal</b>	75.285,75	820.188,84	44.026,43	67.301,37	784.146,79
<b>Total</b>	<b>895.474,59</b>		<b>895.474,59</b>		

Keterangan :

Q<sub>F</sub> = Panas pada umpan

Q<sub>R</sub> = Panas Reboiler

Q<sub>D</sub> = Panas pada destilat

Q<sub>B</sub> = Panas pada bottom

Q<sub>C</sub> = Panas Kondensor

**Tabel 3.1.5.(m) : Neraca Panas Heater - 01 (HE-01)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	<b>1</b>	<b>4</b>
Acetone	6.834,70	56.151,18
Air	40,74	324,78
Air Pemanas	49.600,52	
<b>Total</b>	<b>56.475,96</b>	<b>56.475,96</b>

**Tabel 3.1.5.(n) : Neraca Panas Heater - 02 (HE-02)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	2	3	5
Sodium hypochlorite	52.140,91		424.575,64
Air		36.297,00	289.381,12
Air Pemanas	625.518,85		
<b>Total</b>	<b>713.956,76</b>		<b>713.956,76</b>

**Tabel 3.1.5.(o) : Neraca Panas Cooler - 01 (HE-03)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	7	12
Acetone	561,51	206,53
Chloroform	48.812,74	18.008,54
Air	289.705,90	108.871,48
Natrium Klorida	108.398,68	40.820,92
Natrium Hidroksida	73.666,43	27.636,81
Sodium hypochlorite	4.245,76	1.571,80
Sodium Acetate	43.807,31	15.623,00
Air pendingin	-356.459,25	
<b>Total</b>	<b>212.739,08</b>	<b>212.739,08</b>

**Tabel 3.1.5.(p) : Neraca Panas Heater - 03 (HE-04)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	12	13
Acetone	28,25	111,05
Chloroform	17.815,87	69.641,93
Air	14.893,90	56.450,13
Steam	93.465,09	
<b>Total</b>	<b>126.203,11</b>	<b>126.203,11</b>

**Tabel 3.1.5.(q) : Neraca Panas Cooler - 02 (HE-05)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Chloroform	871,59	167,51
Air	66.538,27	13.361,73
Air pendingin	-53.880,62	
<b>Total</b>	<b>13.529,24</b>	<b>13.529,24</b>

**Tabel 3.1.5.(r) : Neraca Panas Cooler - 02 (HE-06)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Acetone	74,14	37,81
Chloroform	46.177,55	23.605,63
Air	3.939,59	2.041,75
Air pendingin	-24.506,09	
<b>Total</b>	<b>25.685,19</b>	<b>25.685,19</b>

**Tabel 3.1.4.(s) : Neraca Panas Condenser -01(CD-01)**

Komponen	H <sub>L</sub> (Kj/jam)	H <sub>D</sub> (kJ/jam)	Hv <sub>1</sub> (kJ/jam)	Hv <sub>2</sub> (kJ/jam)
Chloroform	72.675,11	46.361.44	811.324.36	86.103.92
Acetone	56,71	74.44	543.72	69.10
Air	935,55	3.958.20	22.330.58	851.32
Total	73.667,37	50.394.08	834.198.66	87.024.34
HC (Kj/jam)	1.045.284,45			

**Tabel 3.1.4.(t) : Neraca Panas Reboiler (RB)**

Komponen	(kJ/jam)
$\Delta H$ umpan	75.285,75
$\Delta H$ bottom	67.301,37
$\Delta H$ distilat	50.394,08
$\Delta H$ kondenser	797.161,55
$\Delta H$ reboiler	839.571,25



Tabel 3.1.4.(u) : Neraca Panas Total

NAMA ALAT	MASUK (kJ/jam)		KELUAR (kJ/jam)	
	ARUS	JUMLAH	ARUS	JUMLAH
REAKTOR-01	Panas Fluida	770.433,55	Panas Fluida	1.021.844.53
	Pendingin		Pendingin	-5.555.347.61
	Panas Reaksi		Panas Reaksi	5.303.936.64
REAKTOR-02	Panas Fluida	1.021.844,53	Panas Fluida	1.039.194.38
	Pendingin		Pendingin	366.024.24
	Panas Reaksi		Panas Reaksi	-383.374.09
REAKTOR-03	Panas Fluida	1.039.194,38	Panas Fluida	1.042.626.30
	Pendingin		Pendingin	72.402.22
	Panas Reaksi		Panas Reaksi	-75.834.14
MD	QF	75.285,75	QD	44.026.43
	QR	820.188,84	QB	67.301.37
	-		QC	784.146.79
HEATER-01	Umpan	6.875,43	Umpan	
	Produk		Produk	56.475.96
	air pemanas	49.600,53	air pemanas	
HEATER-02	Umpan	88.437,91	Umpan	
	Produk		Produk	713.956.76
	air pemanas	625.518,85	air pemanas	
HEATER-03	Umpan	32.738,03	Umpan	
	Produk		Produk	126.203.11
	Steam	93.465,09	Steam	
COOLER-01	Umpan	569.198,33	Umpan	
	Produk		Produk	197.116.08
	Air pendingin	-372.082,25	Air pendingin	
COOLER-02	Umpan	67.409,87	Umpan	
	Produk		Produk	13.529.24
	Air pendingin	-53.880,63	Air pendingin	
COOLER-03	Umpan	50.191,28	Umpan	
	Produk		Produk	25.685.19
	Air pendingin	-24.506,09	Air pendingin	
<b>TOTAL</b>	<b>4.820.698.97</b>		<b>4.820.698,97</b>	

### 3.2. Spesifikasi Alat

#### 1) *Mixer (Mix)*

Fungsi : Mencampurkan sodium hipoklorit sebanyak 4.771,62 kg/jam dan H<sub>2</sub>O sebanyak 1.732,17 kg/jam untuk menghasilkan larutan sodium hipoklorit sebanyak 6.503,79 kg/jam

Tipe : Silinder Tegak Berpengaduk

Jumlah : 1

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C
- Bahan Mixer : *Carbon Steel SA-135, Grade B*

Ukuran Mixer

- Diameter : 1,21 m
- Tinggi : 1,73 m
- Tebal Shell : 0,19 in
- Tebal *Head* : 0,19 in

Pengaduk Mixer

- Tipe : Turbin dengan jenis *six blades turbine*
- Jumlah *baffle* : 4
- Diameter pengaduk : 0,49 m
- Jumlah pengaduk : 2 buah

- Lebar *baffle* : 0,07 m
- Tinggi *baffle* : 1,17 m
- Efisiensi / Putaran : 80% / 32,91 rpm
- Daya motor : 0,17 Hp

## 2) Reaktor

Fungsi : Mereaksikan aseton sebanyak 619,85 kg/jam dengan sodium hipoklorit sebanyak 4.771,62 kg/jam untuk menghasilkan kloroform sebanyak 1.262,63 kg/jam

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah : 3

Kondisi Operasi

- Tekanan : 2 atm
- Suhu : 65°C
- Bahan reaktor : *Stainless Steel SA 283, Grade C*

Dimensi

- Diameter : 3,05 m
- Tinggi : 4,23 m
- Tebal *shell* : 2,5 in
- Tebal *head* : 2,5 in

Pengaduk

- Tipe : *Marine propeller with 3 blades and pitch*

- Jumlah *baffle* : 4
- Diameter pengaduk : 1,01 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Lebar *baffle* : 0,25 m
- Efisiensi / Putaran : 80% / 68 rpm
- Daya motor : 3 Hp

#### Jaket pendingin Reaktor (R-01)

- Diameter : 3,15 m
- Luas perpindahan panas : 217,44 ft<sup>2</sup>
- Luas selimut : 314 ft<sup>2</sup>
- Tebal jaket : 0,36 in
- Tebal head : 0,5 in
- Tinggi jaket : 3,41 m

### 3.) Dekanter

Fungsi : Memisahkan larutan berdasarkan perbedaan densitas dengan kapasitas 6.618,63 kg/jam

Tipe : Silinder vertikal

Jumlah : 1

#### Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 40°C

- Bahan dekanter : *Stainless Steel SA 167 type 316*

#### Dimensi

- Diameter : 0,70 m
- Tinggi : 2,48 m
- Volume : 0,85 m<sup>3</sup>
- Tebal *shell* : 0,19 in
- Tebal *head* : 0,38 in

#### 4.) Menara Distilasi

Fungsi : Memisahkan produk kloroform dengan komponen lain berdasarkan perbedaan titik didihnya dengan kapasitas 1487,20 kg/jam

Tipe : *Plate column*

Jumlah : 1 buah

#### Kondisi Operasi

- Umpan : P = 1 atm, T = 78,07°C
- Distilat : P = 2,18 atm, T = 89,60°C
- Bottom : P = 2,45 atm, T = 126,99°C
- Bahan Menara Distilasi : *Stainless Steel SA 283, Grade C*

#### Dimensi

Plate :

- Tipe : *Sieve tray*
- Jumlah *plate* : *19 plate*
- Feed *plate* : *plate 5 (dari atas)*
- Plate spacing : *0,3*
- Material : *Carbon Steel*

Kolom/Shell :

- Tinggi menara : *8,78 m*
- Diameter *enriching* : *2,286 m*
- Diameter *stripping* : *2,286 m*
- Tebal dinding *enriching* : *0,25 in*
- Tebal dinding *stripping* : *0,25 in*

Head :

- Tipe : *Torispherical dished head*
- Tebal Head : *0,25 in*
- Tinggi Head : *0,35 m*
- Material : *Stainless Steel SA 283, Grade C*

### 5) *Heater - 01*

Fungsi : Memanaskan aseton dari tangki 01 yang masuk ke reaktor dari suhu 30°C menjadi 65°C dengan air pemanas jenuh suhu 90°C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran fluida:

*Annulus* : Air panas

*Inner pipe* : aseton

Spesifikasi *inner pipe* :

- Ukuran pipa (IPS) : 1.25 in
- Diameter luar : 1,66 in
- Diameter dalam : 1,38 in

Spesifikasi pipa luar, *annulus*:

- Ukuran pipa (IPS) : 2 in
- Diameter Luar : 2,38 in
- Diameter Dalam : 2,07 in

Luas Transfer Panas : 57,97 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 41,99 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 20 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,02 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Rd min : 0,001 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Jumlah *hairpin* : 3 buah

Panjang pipa : 14 ft

#### 6) **Heater - 02**

Fungsi : Memanaskan larutan sodium hipoklorit dari *mixer* yang masuk ke reaktor dari suhu 30°C menjadi 65°C dengan air pemanas suhu 90°C

Tipe : *Shell & Tube Heat Exchanger*

**Shell**

Fluida dingin : Larutan sodium hipoklorit

ID *Shell* : 12 in

*Baffle space* : 17,5 in

Jumlah aliran : 1 *pass*

**Tube**

Fluida panas : air panas

OD : 0,75 in

Panjang : 16 ft

Jumlah : 76 buah

*Pitch* : 1 *square pitch*

Luas Transfer Panas : 238,64 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 319,62 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 61,27 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,004 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Rd min : 0,002 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

**7) Heater – 03**

Fungsi : Memanaskan hasil keluar dekanter dari suhu 40°C menjadi 78°C  
dengan air pemanas dengan suhu 90°C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran fluida:



*Annulus : Steam*

*Inner pipe : Aseton*

Spesifikasi *inner pipe* :

- Ukuran pipa (IPS) : 2 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Diameter dalam : 2,07 in

Spesifikasi Pipa Luar, *annulus*:

- Ukuran pipa (IPS) : 3 in
- Diameter Luar : 3,5 in
- Diameter Dalam : 3,07 in

Luas Transfer Panas	: 44,78 ft <sup>2</sup>
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc)	: 67,28 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud)	: 50 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Faktor Kotor Total (Rd)	: 0,005 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU
Rd min	: 0,001 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU
Jumlah <i>hairpin</i>	: 3 buah
Panjang pipa	: 12 ft

### 8) *Cooler - 01*

Fungsi : Mendinginkan fluida hasil keluaran dari reaktor dari suhu 65°C menjadi 40°C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran fluida:

*Annulus* : air pendingin

*Inner pipe* : campuran fluida

Spesifikasi Pipa Dalam

- Ukuran pipa (IPS) : 1.25 in
- Diameter luar : 1,66 in
- Diameter dalam : 1,38 in

Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 2.25 in
- Diameter Luar : 2,38 in
- Diameter Dalam : 2,07 in

Luas Transfer Panas : 20,88 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih ( $U_c$ ) : 325,53 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor ( $U_d$ ) : 130 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Faktor Kotor Total ( $R_d$ ) : 0,004 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

$R_d$  min : 0,003 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Jumlah *hairpin* : 2 buah

Panjang pipa : 12 ft

**9) Cooler - 02**

Fungsi : Mendinginkan hasil bawah MD dari suhu 99,85°C menjadi 50°C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran fluida:

*Annulus* : air pendingin

*Inner pipe* : hasil bawah MD

## Spesifikasi Pipa Dalam

- Ukuran pipa (IPS) : 1.25 in
- Diameter luar : 1,66 in
- Diameter dalam : 1,38 in

## Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 2.25 in
- Diameter Luar : 2,38 in
- Diameter Dalam : 2,07 in

Luas Transfer Panas	: 23,80 ft <sup>2</sup>
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc)	: 148,70 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud)	: 75 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Faktor Kotor Total (Rd)	: 0,006 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU
Rd min	: 0,003 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU
Jumlah <i>hairpin</i>	: 2 buah
Panjang pipa	: 3 ft

**15) Cooler - 03**

Fungsi : Mendinginkan fluida hasil atas MD dari suhu 63,64°C menjadi 40°C

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

## Spesifikasi Pipa Dalam

***Shell***

Fluida dingin : Air pendingin

ID *shell* : 17,25 in

*Baffle space* : 6 in

Jumlah aliran : 1 *pass*

***Tube***

Fluida panas : Hasil atas MD

OD : 1 in

Panjang : 12 ft

Jumlah : 96 buah

*Pitch* : 1,25 *square pitch*

Jumlah aliran : 4 *pass*

Luas Transfer Panas : 218,0538 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 75,8942 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 50,0000 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,01 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Rd min : 0,003 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

**11) Condensor (CD)**

Fungsi : Mengembunkan larutan hasil atas MD

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Spesifikasi Pipa

***Shell***

Fluida dingin : Air pendingin

ID *shell* : 12 in

*Baffle space* : 14,5 in

Jumlah pass : *1 pass*

***Tube***

Fluida panas : Hasil atas MD

OD : 1 in

Panjang : 16 ft

Jumlah : 52 buah

*Pitch* : *1,25 triangular pitch*

Jumlah aliran : *2 pass*

Luas Transfer Panas : 212,97 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih ( $U_c$ )	: 799,90 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Koefisien Transfer Panas Kotor ( $U_d$ )	: 69,78 BTU/(jam.ft <sup>2</sup> .°F)
Faktor Kotor Total ( $R_d$ )	: 0,01 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU
$R_d$ min	: 0,001 (jam.ft <sup>2</sup> .°F)/BTU

## 12) *Reboiler (Re )*

Fungsi : Menguapkan hasil bawah MD sebanyak 3271 kg/jam

Tipe : *Shell & Tube heat Exchanger*

### *Shell*

Fluida dingin : Hasil bawah MD

ID *shell* : 15,25 in

*Baffle space* : 6 in

Jumlah aliran : 1 *pass*

### *Tube*

Fluida panas : air panas

OD : 1 in

Panjang : 16 ft

Jumlah : 80 buah

*Pitch* : 1,25 *triangular pitch*

Luas Transfer Panas : 290,18 ft<sup>2</sup>

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 625,23 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 149,17 BTU/(jam.ft<sup>2</sup>.°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,005 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

Rd min : 0,001 (jam.ft<sup>2</sup>.°F)/BTU

**13) Accumulator (Ac )**

Fungsi : Menampung sementara kondensat MD sebanyak 1262,63 kg/jam

Tipe : Silinder horizontal dengan *torispherical head*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 63,64°C

Dimensi *accumulator* :

Volume : 9,92 ft<sup>3</sup>

Panjang : 2,54 m

Diameter : 1,26 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal head : 0,1875 in

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-212 grade B*

#### 14) Tangki Penyimpanan Aseton

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku aseton selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal dan beratap elip

Kondisi Penyimpanan

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm

Dimensi Tangki

- Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Diameter : 7,93 m
- Tinggi : 2,97 m
- Volume : 147 m<sup>3</sup>

Dimensi Head

- Jenis : *Elliptical dished head*
- Tebal : 0,375 in
- Tinggi : 2,2114 m



**15) Tangki Penyimpanan Oksigen**

Fungsi : Untuk menyimpan gas oksigen hasil produk samping reaktor selama 7 hari

Tipe : *Spherical tank*

Kondisi Penyimpanan

- Suhu : 65°C
- Tekanan : 5 atm

Dimensi Tangki

- Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Diameter : 5,13 m
- Tinggi : 5,13 m
- Tebal : 0,88 in
- Volume : 71 m<sup>3</sup>

**16) Tangki Penyimpanan Produk Kloroform**

Fungsi : Untuk menyimpan produk kloroform selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal dan beratap elip

Kondisi Penyimpanan

- Suhu : 40°C
- Tekanan : 1 atm

Dimensi Tangki

- Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

- Diameter : 8,24 m
- Tinggi : 3,09 m
- Tebal : 0,27 in
- Volume : 165 m<sup>3</sup>

#### Dimensi Head

- Jenis : *Elliptical dished head*
- Tebal : 0,3750 in
- Tinggi : 1,7811 m

#### 17) *Screw Conveyor (SC)*

Fungsi : Mengumpulkan bahan baku sodium hipoklorit ke tangki pencampuran (*mixer*)

#### Kondisi Proses

- Bahan : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm
- Kapasitas : 5 ton/jam
- Diameter *flights* : 9 in
- Diameter pipa : 2,5 in
- Diameter *shaft* : 2 in
- Panjang : 5,91 ft
- Putaran : 40 rpm

- Tenaga motor : 1,5 Hp

**20) *Bucket Elevator***

Fungsi : Mengangkut bahan baku sodium hipoklorit dari *belt conveyor* ke *mixer*

Kondisi Proses

- Bahan : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm
- Kapasitas : 5 ton/jam
- Ukuran *bucket* : (6 x 4 x 4.25) in
- Lebar *bucket* : 6 in
- Jarak antar *bucket* : 14 in
- Kecepatan *bucket* : 225 ft/menit
- Putaran : 43 rpm
- Tenaga motor : 1 Hp
- Lebar *belt* : 7 in

**21) *Bin / Hopper Feeder***

Fungsi : Menyimpan umpan sodium hipoklorit

Kondisi Penyimpanan

- Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- Suhu : 30°C

- Tekanan : 1,3 atm
- Diameter : 1,69 m
- Tebal *shell* : 0,19 in
- Tinggi : 2,54 m
- Volume : 4,77 m<sup>3</sup>

**22) *Expansion Valve (EV-01)***

Fungsi : Menurunkan tekanan campuran cairan keluar reaktor sebanyak 6618,63 kg/jam dari 2 atm menjadi 1 atm.

Jenis : *Globe valve*

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah aliran massa : 6618,63 kg/jam

Suhu aliran : 65 °C

Tekanan masuk : 2 atm

Tekanan keluar : 1 atm

Diameter masuk

NPS : 1,25 in

OD : 1,66 in

ID : 1,38 in

Diameter keluar

NPS : 1,5 in

OD : 1,9 in

ID : 1,61 in

Jumlah : 1

**23) Kompresor (C-01)**

Fungsi : Menaikkan tekanan udara dari reaktor menuju tangki penyimpanan oksigen (TP-02)

Jenis : *Centrifugal compressor second stage*

Tekanan masuk : 2 atm

Tekanan keluar : 5 atm

Kebutuhan udara : 506,95 kg/jam

Daya motor : 0,5 HP

Jumlah : 1

**24) Pompa 01**

Fungsi : Mengalirkan bahan baku aseton ke reaktor sebanyak 612,79 kg/jam

Jenis : *Centrifugal pump*

Tipe : *Radial flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 4,20 gpm

Daya motor : 0,2 HP

NPS : 0,5 in

*Schedule number* : 40

ID : 0,62 in

OD : 0,84 in

Bahan Konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

**25) Pompa 02**

Fungsi : Mengalirkan bahan baku larutan NaOCl dari *mixer* ke reaktor

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 31,42 gpm

Daya motor : 1,5 Hp

NPS : 1,25 in

*Schedule number* : 40

ID : 1,38 in

OD : 1,66 in

Total friksi : 12,27 ft.lbf/lbm

Bahan Konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

**26) Pompa 03**

Fungsi : Mengalirkan produk hasil dari reaktor ke dekanter

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah	: 3 buah
Dimensi	
Kapasitas	: 26,24 gpm
Daya motor	: 1 Hp
NPS	: 1,25 in
<i>Schedule number</i>	: 40
ID	: 1,38 in
OD	: 1,6600 in
Total friksi	: 8,56 ft.lbf/lbm
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel, 316 Stainless steel gitting</i>

**27) Pompa 04**

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas dekanter ke MD
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe	: <i>Mixed Flow</i>
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Kapasitas	: 6,71 gpm
Daya motor	: 1 Hp
NPS	: 0,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40
ID	: 0,82 in

OD : 1,05 in  
 Total friksi : 6,68 ft.lbf/lbm  
 Bahan konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

**28) Pompa 05**

Fungsi : Mengalirkan hasil bawa dekanter ke UPL  
 Jenis : *Centrifugal pump*  
 Tipe : *Mixed Flow*  
 Jumlah : 1 buah  
 Dimensi  
 Kapasitas : 19,69 gpm  
 Daya motor : 1 Hp  
 NPS : 1 in  
*Schedule number* : 40  
 ID : 1,05 in  
 OD : 1,32 in  
 Total friksi : 18,01 ft.lbf/lbm  
 Bahan konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

**29) Pompa 06**

Fungsi : Mengalirkan hasil atas MD ke tangki penyimpanan produk  
 Jenis : *Centrifugal pump*



Tipe	: <i>Mixed Flow</i>
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Kapasitas	: 4,94 gpm
Daya motor	: 1 Hp
NPS	: 0,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40
ID	: 0,82 in
OD	: 1,05 in
Total friksi	: 3,61 ft.lbf/lbm
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel, 316 Stainless steel gitting</i>

### **30) Pompa 07**

Fungsi	: Mengalirkan hasil bawah MD ke UPL
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Tipe	: <i>Radial flow</i>
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Kapasitas	: 1,19 gpm
Daya motor	: 1 Hp
NPS	: 0,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40

ID	: 0,82 in
OD	: 1,05 in
Total friksi	: 0,21 ft.lbf/lbm
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel, 316 Stainless steel gitting</i>

### 3.3. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud dengan faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

#### 3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan kloroform adalah aseton ( $C_3H_6O$ ) dan kaporit ( $NaOCl$ ). Produksi aseton diperoleh dengan proses dehidrogenasi propanol sedangkan kaporit diperoleh dari interaksi gas klorin dengan natrium hidroksida. Bahan baku aseton PT. Smartlab Indonesia yang ada di Serpong dengan harga Rp. 142.000/kg, sedangkan bahan baku kaporit dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dengan harga Rp 12.000/kg. Harga kloroform di pasaran dapat mencapai Rp 580.000/kg, jadi pembuatan kloroform sangat menguntungkan.

Kemampuan pasar dapat dibagi menjadi dua kemungkinan, kemungkinan pertama yaitu bila kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Sedangkan kemungkinan kedua yaitu bila kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Bila

yang terjadi adalah kemungkinan kedua maka ada alternatif yang dapat diambil yaitu : rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi, atau rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi dapat disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya, atau alternatif ketiga yaitu mencari daerah pemasaran lain.

### **3.3.2. Analisis Kebutuhan Mesin atau Peralatan Proses**

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain yaitu material/bahan baku, manusia serta mesin/peralatan. Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan. Sementara itu untuk tenaga kerja jika tenaga kerja kurang terampil maka akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan terhadap karyawan agar keterampilannya meningkat.

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1. Lokasi Pabrik**

Lokasi suatu pabrik mempengaruhi kedudukan suatu pabrik dalam persaingan maupun kelangsungan hidupnya. Penentuan lokasi pabrik yang tepat dan ekonomis dipengaruhi oleh banyak faktor. Lokasi pabrik yang dipilih harus dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas atau memperbesar pabrik yang akan dikelola dan dapat memberikan keuntungan dalam jangka panjang. Penentuan lokasi pabrik dibuat dengan perencanaan jangka panjang dengan mempertimbangkan berbagai faktor. Lokasi pabrik ditetapkan di daerah Cilegon, Banten dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :

##### **1. Sumber Bahan Baku**

Proses pembuatan kloroform tergolong dalam proses pengurangan berat, maka pabrik didirikan di dekat sumber bahan baku. Bahan baku utama berupa aseton dan kaporit. Bahan baku aseton dari PT. Smartlab Indonesia di Serpong, sedangkan bahan baku kaporit dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon.

##### **2. Pemasaran Produk**

Pemasaran kloroform ini diutamakan untuk bahan baku pembuatan polimer, dimana pabrik polimer sedang berkembang di Indonesia terutama di

Cilegon. Kloroform juga digunakan sebagai bahan baku fungisida dan fermisida yang dihasilkan oleh pabrik pupuk Kujang. Selain itu kawasan ini juga dekat dengan pelabuhan Cigading yang memudahkan dalam pemasaran ke luar Jawa maupun ke luar negeri.

### **3. Sarana Transportasi**

Fasilitas transportasi di daerah ini cukup memadai. Untuk penyediaan bahan baku cukup dengan transportasi darat yaitu berada dekat dengan Jalan Raya Cilegon. Sedang untuk pemasaran produk di luar pulau Jawa maupun ke luar negeri menggunakan transportasi laut dimana telah tersedia pelabuhan Cigading yang didukung fasilitas yang memadai.

### **4. Fasilitas Air**

Cilegon merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia sehingga penyediaan utilitas utamanya air untuk proses dan pendingin tidak mengalami kesulitan karena dekat dengan aliran sungai Cidanau dan apabila tidak mencukupi, maka di kawasan industri Cilegon terdapat pabrik penyedia air yaitu PT. Krakatau Tirta Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 2.000 liter/detik. Dimana sekarang PT. Krakatau Tirta Indonesia menjadi penyedia air di Krakatau Steel Group, PDAM (Perusahaan daerah Air Minum) Cilegon, dan PDAM Serang.

## **5. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja untuk pabrik direkrut dari daerah Cilegon dan sekitarnya, dimana kepadatan penduduknya tinggi sehingga merupakan sumber tenaga kerja yang potensial.

## **6. Masyarakat**

Keadaan sosial masyarakat sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan mudah dan cepat.

## **7. Perijinan dan Kebijakan Pemerintah**

Pendirian pabrik merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengembangan industri dan pemerataan kesempatan kerja.

## **8. Pembuangan Limbah**

Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, cair dan gas. Untuk limbah cair dikumpulkan dan diolah dalam unit sanitasi/bak sedimentasi dengan menggunakan lumpur aktif dan desinfektan Na-hipoklorit. Kemudian untuk menghindari pencemaran udara dari bahan-bahan buangan gas, maka dilakukan dibuat cerobong asap dengan ketinggian tertentu sebagai alat untuk pembuangan asap.

## **9. Energi**

Penyediaan energi merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik diambil dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan dari generator yang telah ada dengan kapasitas 150 kW.

## **10. Perpajakan**

Pajak yang harus dibayarkan dapat lebih murah karena Cilegon merupakan kawasan industri sehingga pembayaran pajaknya lebih mudah.

## **11. Biaya Konstruksi**

Biaya konstruksi bisa lebih murah karena kawasan industri Cilegon berada di dekat pelabuhan (Pelabuhan Cigading) sehingga biaya pengangkutan alat ke lokasi dapat lebih mudah dan murah.

### **4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

*Layout*/tata letak pabrik adalah kedudukan dari bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku, tempat penyimpanan produk baik itu produk utama maupun produk samping, ditinjau dari segi hubungan satu dengan yang lainnya.

Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area yang tersedia dapat efisien dan proses produksinya dapat berjalan dengan lancar. Jadi penentuan tata letak pabrik harus dipikirkan penempatan alat-alat

produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi.

Selain peralatan yang tercantum dalam diagram alir proses, beberapa bangunan fisik seperti kantor, laboratorium, bengkel, tempat ibadah, poliklinik, MCK, kantin, *fire safety*, pos penjagaan dan sebagainya, hendaknya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu jalannya proses, ditinjau dari lalu lintas barang, kontrol dan keamanan.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan tata letak pabrik adalah:

1. Perluasan pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan

Pabrik kloroform ini merupakan pabrik baru sehingga dalam menentukan *layout* tidak dibatasi bangunan yang sudah ada. Perluasan pabrik harus sudah terencana pada awalnya sehingga masalah kebutuhan akan tempat tidak akan timbul. Area yang khusus harus dipersiapkan untuk dipakai tempat perluasan pabrik, penambahan peralatan untuk menambah kapasitas, maupun pengolahan produk.

2. Keamanan

Pada penentuan tata letak pabrik harus diperhatikan masalah keamanan, apabila terjadi hal-hal seperti kebakaran, ledakan, kebocoran gas/asap beracun dapat ditanggulangi secara tepat. Oleh karena itu ditempatkan alat-alat



pengamanan, seperti hidran, penampungan air yang cukup, alat penahan ledakan dan alat sensor untuk gas beracun. Tangki penyimpanan bahan baku atau produk yang berbahaya diletakkan pada tempat khusus sehingga dapat dikontrol dengan baik.

### 3. Luas area yang tersedia

Pemakaian tempat harus disesuaikan dengan area yang tersedia apabila harga tanah cukup tinggi, maka pemakaian lahan haruslah efisien, seperti letak dari peralatan proses yang diletakkan pada lantai atas/bawah sehingga dapat menghemat tempat.

### 4. Instalasi dan utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam, dan listrik serta utilitas lainnya akan membantu proses produksi dan perawatannya. Penempatan alat-alat kantor diatur sedemikian rupa agar karyawan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

### 5. Area Pengolahan Limbah

Pabrik harus memperhatikan aspek sosial dan ikut menjaga kelestarian lingkungan, yaitu dengan memperhatikan masalah buangan limbah hasil produksinya. Batas maksimal kandungan komponen berbahaya pada limbah harus diperhatikan dengan baik. Untuk itu penambahan fasilitas pengolahan

limbah sangat diperlukan, sehingga buangan limbah tersebut tidak berbahaya bagi komunitas yang ada di sekitarnya.

6. Jarak yang tersedia dan jarak yang dibutuhkan

Alat-alat proses perlu diletakkan pada jarak yang teratur dan nyaman sesuai dengan karakteristik alat dan bahan sehingga kemungkinan bahaya kecelakaan dapat dihindarkan. Sebagian besar aliran bahan cairan dan gas di *plant* menggunakan *piping* dan harus memperhatikan regulasi yang tepat dalam desain. Letak alat proses diusahakan tidak terlalu dekat atau terlalu jauh untuk mempermudah pengangkutan dan perbaikan.

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang sangat penting dalam mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran dari para pekerja serta proses. Dalam melakukan tata letak pabrik, tujuan yang hendak dicapai :

- a. Mempermudah arus masuk dan keluar area pabrik
- b. Proses pengolahan bahan baku menjadi produk lebih efisien.
- c. Mempermudah penanggulangan bahaya yang mungkin terjadi seperti kebakaran, ledakan dan lain-lain.
- d. Mencegah terjadinya polusi.
- e. Mempermudah pemasangan, pemeliharaan dan perbaikan.

- f. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan hasil yang maksimum.

Secara umum, garis besar *layout* pabrik ini dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran

Daerah ini merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran operasi dan kegiatan-kegiatan lainnya. Daerah ini ditempatkan di bagian depan pabrik agar kegiatan administrasi tidak mengganggu kegiatan dan keamanan pabrik serta harus terletak jauh dari areal proses yang berbahaya.

2. Daerah Fasilitas Umum

Merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, seperti tempat parkir, masjid, kantin dan pos keamanan.

3. Daerah Proses

Daerah proses merupakan pusat proses produksi dimana alat-alat proses dan pengendali proses serta tangki penyimpan bahan baku ditempatkan. Daerah proses ini terletak di bagian tengah pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses direncanakan sedemikian rupa sehingga memudahkan pemindahan bahan baku dari tangki

penyimpanan dan pengiriman produk ke daerah penyimpanan serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan terhadap alat-alat proses. Daerah proses ini diletakkan minimal 15 meter dari bangunan-bangunan atau unit-unit lain.

#### 4. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendali proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses, sedangkan daerah ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan (kondisi operasi baik tekanan, suhu dan lain-lain yang diinginkan). Laboratorium dan ruang kontrol ini diletakkan dekat daerah proses apabila terjadi sesuatu masalah di daerah proses dapat cepat teratasi.

#### 5. Daerah Pemeliharaan

Daerah pemeliharaan merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses dan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua peralatan yang dipakai dalam proses.

#### 6. Daerah Penyimpanan Bahan Baku dan produk Cair

Daerah ini meliputi penyimpanan bahan baku dan produk cair dalam pabrik dilakukan dalam tangki-tangki yang terletak di lingkungan

terbuka dan berada di dalam daerah yang dapat terjangkau oleh angkutan pembawa bahan baku dan produk. Daerah ini biasanya ditempatkan di dekat areal proses supaya memudahkan suplai bahan baku untuk proses dan penyimpanan produk.

#### 7. Daerah Utilitas

Daerah ini merupakan tempat untuk menyediakan keperluan yang menunjang berjalannya proses produksi berupa penyediaan air, steam, listrik. Daerah ini ditempatkan dekat dengan proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis, tetapi mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan maka jarak antara areal utilitas dengan areal proses harus diatur (sekitar 15 m).

#### 8. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah pengolahan limbah merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Adapun perincian luas bangunan pabrik tercantum pada Tabel 4.1.

Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik berikut ini :

**Tabel 4.1** Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m <sup>2</sup>
1	Kantor Utama	20	30	600
2	Pos Keamanan	8	4	32
3	Parkir	72	6	432
4	TC & Perpustakaan	10	12	120

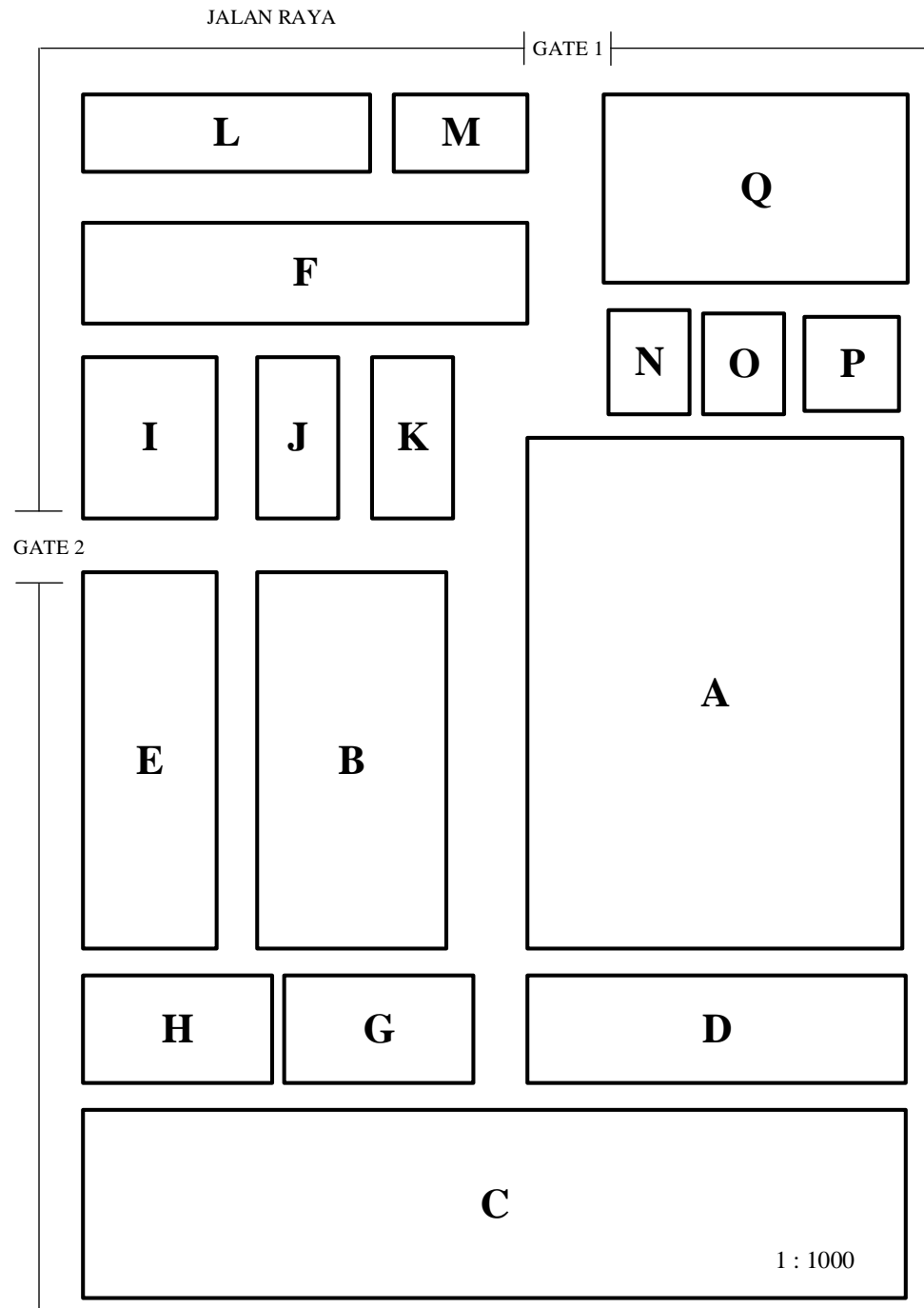
Tabel 4.1 :.....Lanjutan

5	<i>Control Room</i>	25	12	300
6	Laboratorium	16	12	192
7	Area Proses	40	32	1.280
8	<i>Fire Station</i>	20	10	200
9	Utilitas	15	18	270
10	Pengolahan Limbah	15	12	180
11	Bengkel	20	15	300
12	Kantin	10	12	120
13	Masjid	12	9	108
14	Mess	20	15	300
15	Klinik	12	8	96
16	<i>Warehouse</i>	14	14	196
17	Auditorium	16	14	224
18	Jalan dan taman	60	40	2.400
19	Perluasan pabrik	110	20	2.200
	<b>Luas Tanah</b>			<b>9.550</b>
	<b>Luas Bangunan</b>			<b>4.950</b>
	<b>Total</b>	<b>515</b>	295	<b>14.500</b>

Susunan tata letak pabrik ini harus memungkinkan adanya distribusi bahan-bahan dengan baik, cepat, dan efisien. Pabrik kloroform akan didirikan di atas tanah seluas 9.550 m<sup>2</sup> yang meliputi :

- Bangunan pabrik dan perlengkapannya 4.950 m<sup>2</sup>
- Perkantoran, pabrik, dan bangunan penunjang 2.400 m<sup>2</sup>
- Areal perluasan 2.200 m<sup>2</sup>

Gambar *layout* pabrik kloroform dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** *Layout* Pabrik

Bangunan-bangunan yang ada di lokasi pabrik adalah :

- A = Area Pabrik
- B = Utilitas
- C = Area Perluasan
- D = Area Tangki Penyimpanan
- E = Bengkel
- F = Kantor
- G = Gudang Bahan Baku
- H = Gudang Peralatan
- I = Pemadam Kebakaran
- J = Laboratorium
- K = Ruang Kontrol
- L = Taman
- M = Pos Keamanan
- N = Poliklinik
- O = Kantin
- P = Mushola
- Q = Parkir



### 4.3. Tata Letak Mesin / Alat Proses

Dalam merancang *layout* peralatan proses pada pabrik kloroform ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan yang ekonomis dan menunjang kelancaran serta keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi dari pipa, untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses sangat penting untuk diperhatikan guna menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan penumpukan atau akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu perlu diperhatikan arah hembusan angin.

c. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

d. Lalu lintas pekerja

Kelancaran lalu lintas pekerja yang baik ditandai dengan keleluasaan para pekerja untuk mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah, hal ini memudahkan bila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Disamping itu hal tersebut merupakan bagian dari keamanan.

e. Pertimbangan ekonomi

Prinsip ekonomi mengacu pada penekanan biaya operasi terhadap tata letak peralatan pabrik, sehingga proses penyusunan *layout* pabrik perlu dilakukan secara strategis dan optimal.

f. Jarak antar alat proses

Untuk alat yang mempunyai suhu dan tekanan yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya sehingga apabila terjadi ledakan/ kebakaran pada alat-alat tertentu tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

g. *Maintenance*

*Maintenance* berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan

secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat memproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap-tiap alat meliputi :

a) *Overhead* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *levelling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

b) *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* :

- Umur alat

Semakin tua umur alat maka semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan

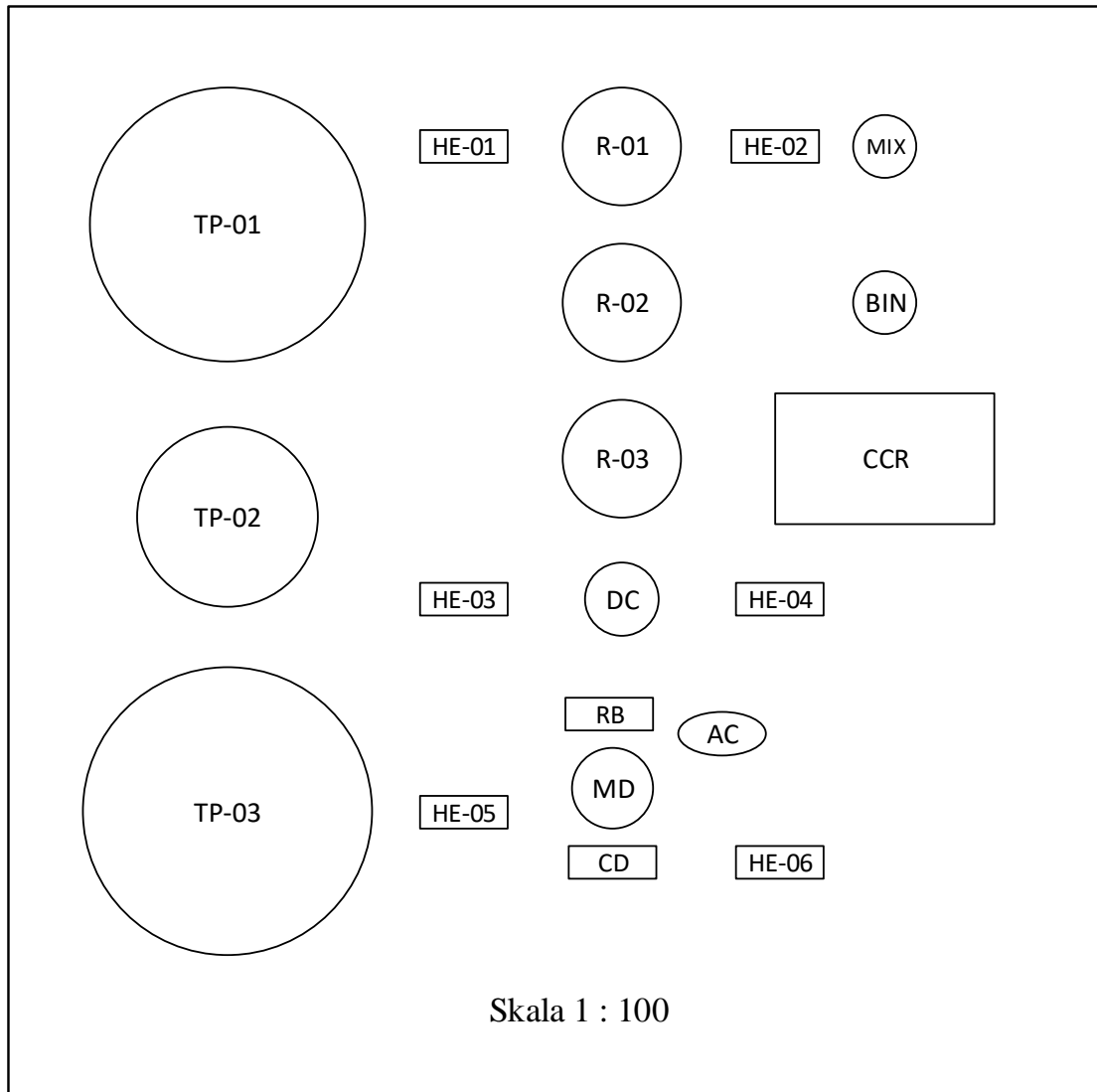
- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- Dapat mengoptimalkan penggunaan luas lantai
- Biaya penanganan material menjadi rendah dan menyebabkan turunnya pengeluaran untuk modal yang tidak penting.
- Karyawan mendapat kepuasan kerja
- Jika karyawan mendapat kepuasan kerja, maka akan membawa dampak meningkatnya semangat kerja yang akhirnya meningkatkan produktivitas kerja.

Gambar *layout* alat proses kloroform dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

AC	= Accumulator	MD	= Menara Distilasi
BIN	= Hopper Feeder	R	= Reaktor
CD	= Condenser	RB	= Reboiler
DC	= Dekanter	TP	= Tangki
HE	= Heat Exchanger	MIX	= Mixer
CCR	= Central Control Room		

#### **4.4. Alir Proses dan Material**

Alir proses dan material berisi tentang rencana penyusunan alir proses dan material yang terdapat pada unit produksi yang didasarkan pada uraian proses (*flow process*) dan analisis perhitungan bahan (material) pada bab sebelumnya. Penyusunan alir proses dan material dilengkapi dengan skema atau diagram alir proses yang sudah dilengkapi dengan data kuantitatif (tekanan, temperatur, waktu, jumlah bahan dan sebagainya) pada setiap tahapan proses. Diagram alir proses ini dicantumkan di lampiran.

#### **4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi:

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit Steam
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar
5. Unit Pengadaan Udara Tekan

#### **4.5.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air**

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau, maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik kloroform ini air yang digunakan merupakan air sungai yang terdekat dengan lokasi pabrik. Adapun pertimbangan dalam menggunakan air sungai adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah jika dibandingkan dengan proses pengolahan sumber air yang lain.
- c. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

##### **4.5.1.1. Jenis Air yang Digunakan**

Adapun air yang digunakan meliputi air pendingin, air proses, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk kebutuhan yang lainnya.

##### **a. Air pendingin**

Pada umumnya digunakan air sebagai media pendingin. Hal ini dikarenakan faktor-faktor sebagai berikut:

- Air mudah diperoleh dalam jumlah yang besar

- Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- Dapat menyerap panas yang tinggi per satuan volume
- Tidak mudah menyusut secara berarti dengan adanya perubahan temperatur dingin.

Air pendingin juga sebaiknya mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasinya maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Fosfat, untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin, membunuh mikroorganisme
- Zat dispersan, mencegah terjadinya penggumpalan

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air pendingin :

- a. Kesadahan (*hardness*), yang dapat menyebabkan kerak.
- b. Besi, yang dapat menimbulkan korosi.
- c. Minyak, yang merupakan penyebab terganggunya *film corrosion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient*, dan dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.

Air pendingin setelah dipakai di peralatan akan mengalami kenaikan suhu. Untuk menghemat pemakaian air pendingin, maka sistem air pendingin



dilakukan dalam suatu *cooling tower*. Air pendingin ditampung dalam suatu bak penampung, lalu dipompa ke *cooling tower*.

*Cooling tower* adalah suatu menara yang terdiri dari kerangka besi anti karat. Air yang akan diturunkan suhunya dipercikkan dengan udara yang ditiup *fan*. Kontak udara dengan air akan menguapkan sebagian dari air tersebut, dengan demikian suhu air akan turun kembali dan siap untuk digunakan sebagai pendingin kembali.

Air yang telah didinginkan kembali ditampung dalam bak bagian bawah menara. Ketinggiannya dijaga tetap dengan menambahkan air *make up* dari penampung air bersih.

#### **b. Air umpan *Boiler***

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *reboiler* adalah :

##### a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ .  $O_2$  masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

##### b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

Adapun unit pengolahan air umpan boiler, meliputi:

a) Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler.

b) Unit Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$ . Gas terlebih dahulu dihilangkan karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

c) Unit Pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *Cooling Tower*. Kehilangan air karena penguapan,

terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *blown down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan oleh tangki penyaring air.

### c. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan perumahan. Adapun syarat air sanitasi meliputi :

#### a) Syarat Fisik

- Suhu dibawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak mempunyai rasa
- Tidak berbau

#### b) Syarat Kimia

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

#### c) Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri-bakteri terutama bakteri yang *pathogen*

### 4.5.1.2. Pengolahan Air

Kebutuhan air suatu pabrik dapat diperoleh dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk

digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, dengan menambahkan desinfektan maupun penggunaan *ion exchanger*.

### 1. Unit *Clarifier*

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan desinfektan maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil diinjeksikan bahan-bahan kimia :

- Pemberian alum dan  $\text{FeSO}_4$  berfungsi sebagai koagulan. Alum dan  $\text{FeSO}_4$  dalam air akan membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang merupakan endapan tak larut yang akan menarik partikel-partikel dalam air untuk membentuk flok-flok yang menggumpal sehingga berat jenisnya lebih besar dari air. Flok akan mengendap karena gravitasi.
- Kalsium Hipoklorit atau  $\text{Cl}_2$  cair yang berfungsi sebagai desinfektan.

Keluar dari tangki, air dimasukkan ke *clarifier* di mana flok-flok yang terbentuk diendapkan secara gravitasi sambil diaduk dengan kecepatan rendah. Lumpur yang diendapkan di-*blowdown* sedangkan air

yang keluar dari bagian atas dialirkan ke dalam tempat penampungan sementara.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), koagulan *acid* sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara grafitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*-nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

## 2. Unit Bak Saringan Pasir

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel-partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira-kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*). Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya, oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

Di *sand filter* ini, air keluaran filter ditampung dalam dua buah tangki yaitu

- *Filtered Water Storage Tank*, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan *make up* air pendingin, air hidran, dan umpan unit demineralisasi air.
- *Potable Water Storage Tank*, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan pemukiman.

### 3. Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*boiler feed water*).

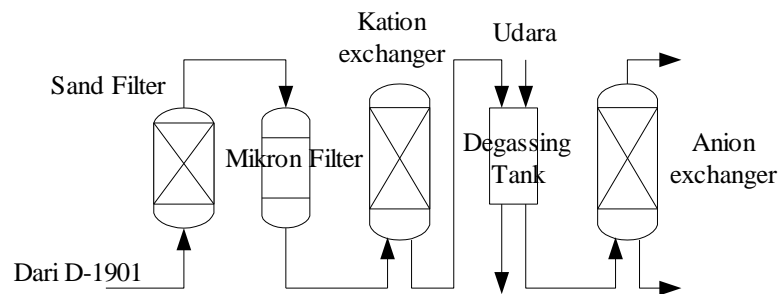
Demineralisasi air diperlukan karena *boiler feed water* harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, jika steam digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan tidak beroperasi sama sekali.
- b. Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$ .

Air dari *Filtered Water Storage* diumpankan ke karbon filter yang berfungsi untuk menghilangkan gas klorin, warna, bau, dan zat-zat organik

lainnya. Air yang keluar dari karbon filter diharapkan mempunyai pH sekitar 7-7,5. Selanjutnya air tersebut diumpungkan ke dalam *cation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ditemui adalah  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{2+}$ .

Air yang keluar dari *cation exchanger* kemudian diumpungkan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}^-$ . Air yang keluar dari unit ini diharapkan mempunyai pH sekitar 6,1-6,2 dan selanjutnya dikirim ke unit *demineralized water storage* sebagai penyimpan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai BFW.



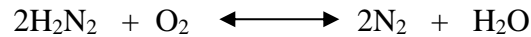
**Gambar 4.3** Sistem air demineralisasi

#### 4. Unit Air Umpan Ketel (Boiler Feed Water )

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen dan karbondioksida. Gas-gas tersebut dihilangkan

dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Pada deaerator diinjeksikan bahan-bahan kimia berikut :

- Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut :



Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama-sama dengan gas lain dihilangkan melalui *stripping* dengan uap bertekanan rendah.

- Larutan ammonia yang berfungsi mengontrol pH

Air yang keluar dari deaerator pH-nya sekitar 8,5 – 9,5.

Keluar dari deaerator, ke dalam air umpan ketel kemudian diinjeksikan larutan fosfat (  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ) untuk mencegah terbentuknya kerak silika dan kalsium pada *steam drum* dan *boiler tube*. Sebelum diumpankan ke *boiler*, air terlebih dulu diberi dispersan.

## 5. Unit Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa oleh tetesan udara, maupun dilakukannya *blowdown* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan oleh *filtered water storage*.

Air pendingin harus mempunyai sifat – sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat



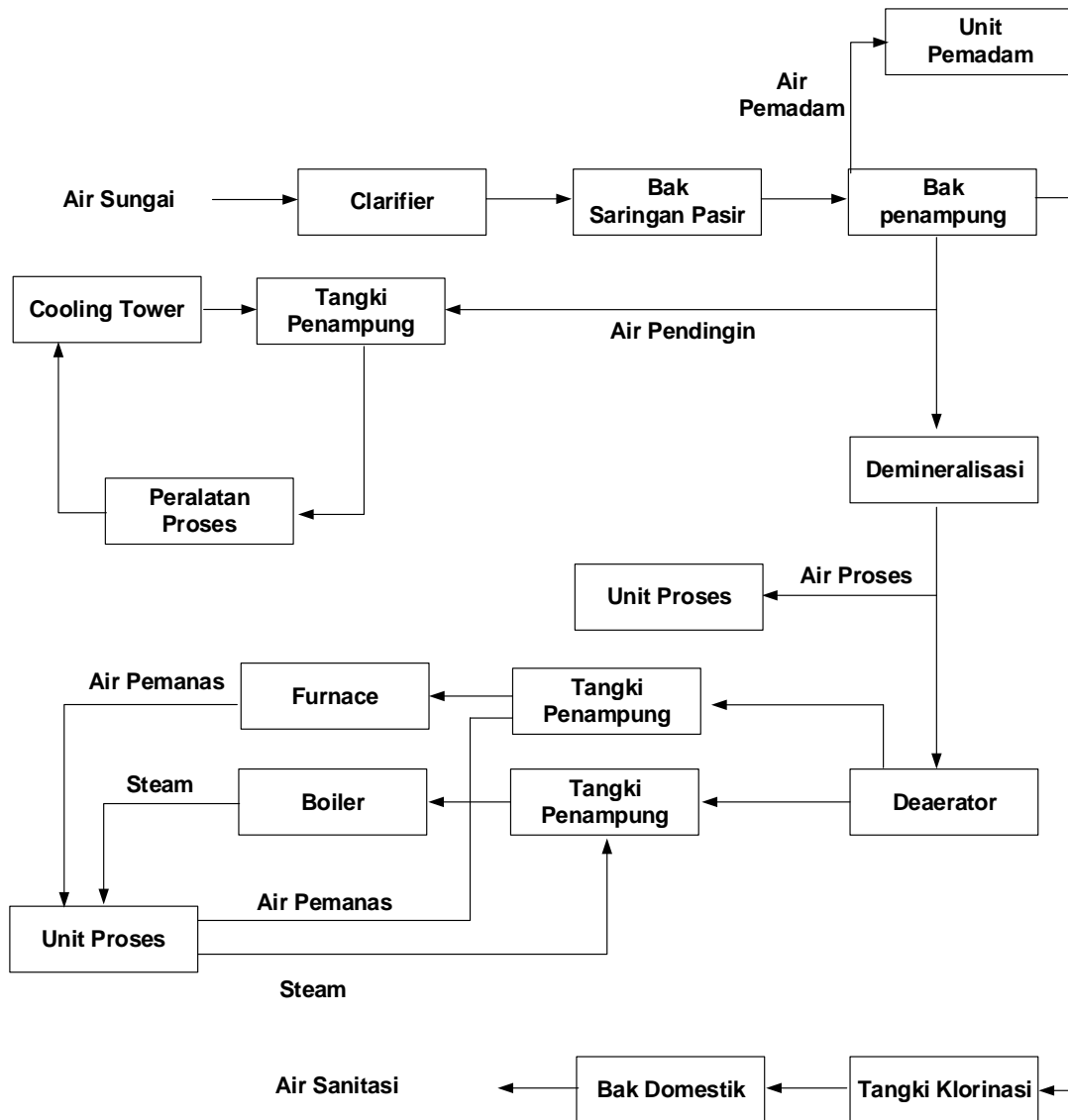
menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal di atas, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- Klorin, berguna untuk membunuh mikroorganisme.
- Zat dispersan, berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan fosfat).

## **6. Unit Air Pemadam Kebakaran**

Sistem ini berfungsi untuk mensuplai air pemadam kebakaran. Sumber air pemadam kebakaran, yaitu air segar dan air dari kawasan industri apabila air segar pada *Fire Water Tank* tidak mencukupi. Sistem ini menggunakan 4 buah pompa untuk mendistribusikan air ke seluruh penjuru pabrik. Tekanan sepanjang jalur pemipaan dikontrol dengan motor pompa yang bekerja otomatis bila mensinyalir adanya penurunan tekanan pada jalur air pemadam, baik dalam *spinkler* maupun hidran.

Secara umum proses pengolahan air dapat dijelaskan pada gambar blok diagram di bawah ini :



**Gambar 4.4** Blok Diagram Proses Pengolahan Air

### 4.5.1.3. Perhitungan Kebutuhan Air

#### a. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.4.1 (a) Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Cooler 1</i>	5.731.98
2	<i>Cooler 2</i>	232.89
3	<i>Cooler 3</i>	220.80
4	<i>Condenser</i>	12.712.86
5	Reaktor 1	8.738.23
6	Reaktor 2	8.738.23
7	Reaktor 3	8.738.23
	<b>Total</b>	<b>45.113.22</b>

Air pendingin yang telah digunakan dapat dimanfaatkan kembali setelah didinginkan dalam *Cooling Tower*. Selama operasi ada kemungkinan terjadinya kebocoran, maka perlu adanya *make up* air 20 %.

Air pendingin 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga:

$$\text{-Air make up} = 9.022,65 \quad \text{kg/jam}$$

$$\text{-Kebutuhan air pendingin secara kontinyu} = 9.022,65 \quad \text{kg/jam}$$

**b. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam***

Untuk penyediaan *steam* pada pabrik kloroform ini harus dilakukan proses demineralisasi dan deaerasi untuk menghilangkan larutan dan asam yang merusak *steel* pada sistem serta melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air.

$$\text{Reboiler} = 1.825,15 \text{ kg/jam}$$

Air pembangkit *steam* 80 % dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20 %, sehingga :

$$\text{Air make up} = 365,03 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air pembangkit steam secara kontinu} = 365,03 \text{ kg/jam}$$

**c. Air proses**

$$\text{Kebutuhan air pengencer NaOCl} = 1.732,17 \text{ kg/jam}$$

**d. Air pemanas**

$$\text{Heater 1} = 339,03 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Heater 2} = 4.275,59 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Heater 3} = 44,71 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Total kebutuhan} = 4.659,33 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air pemanas secara kontinu} = 931,87 \text{ kg/jam}$$

**e. Kebutuhan Air Perkantoran dan Rumah Tangga**

Dianggap 1 orang membutuhkan = 150 L/hari (sularso p. 15)

Jumlah karyawan = 300 orang

Kebutuhan air untuk karyawan = 1.875 kg/jam

Diperkirakan kebutuhan air untuk :

Laboratorium = 20,8333 kg/jam

Poliklinik = 20,8333 kg/jam

Keperluan kantin, musholla & kebun = 625 kg/jam

**Total kebutuhan air untuk kantor = 2.541,67 kg/jam**

Jumlah rumah = 30 rumah

Jumlah penghuni = 4 orang / rumah

Kebutuhan air = 0,35 m<sup>3</sup> / hari / orang

Total kebutuhan air untuk rumah tangga = 2.916,67 kg/jam

Total kebutuhan air secara kontinyu = 17.511,99 kg/jam

Diambil angka keamanan 20% = 1,2 x 17.511,99 kg/jam

= 21.014,39 kg/jam

#### 4.5.1.4. Alat-alat yang digunakan dalam pengolahan dan pengadaan air

##### 1. Pompa Utilitas (PU-01)

Kode : PU-01

Fungsi : Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap sebanyak  
21014,39 kg/jam

Tipe : *Mixed flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

##### Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 2 Hp

##### 2. Pompa Utilitas (PU-02)

Kode : PU-02

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju bak flokulator (FU) sebanyak 21014,39 kg/jam

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 1 Hp

### 3. Pompa Utilitas (PU-03)

Kode : PU-03

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju bak *Clarifier* (CF) sebanyak 21014,39 kg/jam

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 1,5 Hp

#### 4. Pompa Utilitas (PU-04)

Kode : PU-04

Fungsi : Mengalirkan air dari bak *Clarifier* (CF) menuju bak saringan pasir (BU-02) sebanyak 21014,39 kg/jam

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in



- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 0,75 Hp

#### 5. Pompa Utilitas (PU-05)

Kode : PU-05

Fungsi : Mengalirkan air bersih dari air pencuci bak saringan pasir (BU-02) menuju bak penampung air bersih (BU-03) sebanyak 21014,39 kg/jam

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in

- Tenaga motor : 1 Hp

#### 6. Pompa Utilitas (PU-06)

Kode : PU-06

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih untuk didistribusikan ke bak penampung air untuk kantor dan rumah tangga, bak penampung air pendingin, bak air proses dan ke tangki pembangkit steam sebanyak 21014,39 kg/jam.

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 3 Hp

#### 7. Pompa Utilitas (PU-07)

Kode : PU-07

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air pendingin menuju pabrik sebanyak 9022,65 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 1,5 Hp

#### 8. Pompa Utilitas (PU-08)

Kode : PU-08

Fungsi : Mengalirkan air pendingin bebas dari bak penampung menuju *cooling tower* untuk didinginkan sebanyak 7218,11 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in
- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 0,75 Hp

#### 9. Pompa Utilitas (PU-09)

Kode : PU-09

Fungsi : Mengalirkan air dari cooling tower untuk dimanfaatkan kembali sebagai pendingin sebanyak 7218,11 kg/jam.

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 4 in

- Diameter Dalam : 3,55 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,07 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 3,5 in
- Tenaga motor : 0,75 Hp

#### 10. Pompa Utilitas (PU-10)

Kode : PU-10

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki anion menuju tangki kation  
sebanyak 1296,90 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

#### Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,05 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,006 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 1 inch

- Tenaga Motor : 0,17 Hp

#### 11. Pompa Utilitas (PU-11)

Kode : PU-11

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki kation menuju tangki deaerator  
sebanyak 1296,90 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

#### Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,05 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,006 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 1 inch
- Tenaga Motor : 0,17 Hp

#### 12. Pompa Utilitas (PU-12)

Kode : PU-12

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki deaerator menuju tangki umpan boiler sebanyak 1296,90 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,05 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,006 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 1 inch
- Tenaga Motor : 0,25 Hp

### 13. Pompa Utilitas (PU-13)

Kode : PU-13

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki tangki umpan boiler menuju boiler sebanyak 1296,90 kg/jam

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,05 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,006 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 1 inch
- Tenaga Motor : 0,25 Hp

#### 14. Pompa Utilitas (PU-14)

Kode : PU-14

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki larutan kaporit menuju bak air kantor dan rumah tangga sebanyak 2514,67 kg/jam.

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Dimensi

- Diameter Luar : 1,9 in
- Diameter Dalam : 1,61 in



- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,014 ft<sup>2</sup>
- *Nominal Pipe Size* : 1,5 in
- Tenaga Motor : 3 Hp

#### 15. Bak Pengendap Awal (BU-01)

Kode : BU-01

Fungsi : Menampung air yang berasal dari air sungai dan mengendapkan kotoran-kotoran kasar yang terbawa dalam air dengan waktu tinggal 4 jam.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 100,87 m<sup>3</sup>

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

Panjang : 7,10 m

Lebar : 3,55 m

Tinggi : 4 m

## 16. Bak Saringan Pasir (BU-02)

Kode : BU-02

Fungsi : Menyaring koloid-koloid yang belum terendapkan di *clarifier*

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,23 m<sup>3</sup>

Dimensi

▪ Panjang : 0,76 m

▪ Lebar : 0,76 m

▪ Tinggi : 0,40 m

▪ Tinggi lapisan Pasir : 0,34 m

## 17. Bak Flokulator (FU)

Kode : FU

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 25,22 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 3,18 m
- Tinggi : 3,18 m
- Jenis Pengaduk : *Marine Propeller 3 Blades*
- Power Pengaduk : 3 Hp

18. Bak *Clarifier* (CF)

Kode : CF

Fungsi : Mengendapkan gumpalan-gumpalan kotoran dari bak koagulasi

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 25,22 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 3,18 m
- Tinggi : 4,24 m

## 19. Bak Penampung Air Bersih (BU-03)

Kode : BU-03

Fungsi : Menampung air yang keluar dari bak saringan pasir untuk dialirkan ke tangki demineralisasi, bak klorinasi dan dialirkan sebagai air pendingin serta air proses.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 50,43 m<sup>3</sup>

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

■ Panjang : 5,02 m

■ Lebar : 2,51 m

■ Tinggi : 4 m

#### 20. Bak Penampung Air Bersih (BU-04)

Kode : BU-04

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 36,6 m<sup>3</sup>

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 4,94 m
- Lebar : 2,50 m
- Tinggi : 3 m

#### 21. Bak Penampung Air Pendingin (BU-05)

Kode : BU-05

Fungsi : Menampung air dari *cooling tower* sebagai air pendingin untuk kemudian disirkulasikan ke alat-alat proses.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 21,65 m<sup>3</sup>

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 3,29 m
- Lebar : 1,65 m
- Tinggi : 4 m

## 22. *Cooling Tower* (CTU)

Kode : CTU

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan sebanyak 7218,11 kg/jam dari suhu 104°F menjadi 86°F.

Jenis : *Cooling Tower Induced Draft*

Jumlah : 1 buah

*Ground area* : 2,62 m<sup>2</sup>

Dimensi

■ Panjang : 1,18 m

■ Lebar : 1,18 m

■ Tinggi : 3,70 m

## 23. *Blower Cooling Tower* (BCTU)

Kode : BCTU

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan Udara : 966 ft<sup>3</sup>/min

Power Motor : 3 HP

24. Tangki *Kation Exchanger* (KEU)

Kode : KEU

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg

Jenis : Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,31 m<sup>3</sup>

Dimensi

- Diameter : 0,48 m

- Tinggi : 1,78 m

- Tebal Tangki : 0,005 m

25. Tangki *Anion Exchanger* (AEU)

Kode : AEU

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air dengan cara mengikat ion dengan zeolit (*cation exchanger*) dan R-NH<sub>2</sub> (*anion exchanger*)

Jenis : Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,34 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 0,48 m
- Tinggi : 1,91 m
- Tebal Tangki : 0,005 m

## 26. Tangki Deaerator (DAU)

Kode : DAU

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air pembangkit *steam* untuk mencegah terjadinya korosi.

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 6,23 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 1,99 m
- Tinggi : 1,99 m
- Jenis Pengaduk : *Marine Propeller 3 Blades*
- Power Pengaduk : 15 Hp

27. Tangki Umpan *Boiler*

Kode : TU-01



Fungsi : Menampung Umpan *Boiler* sebanyak 1296,90 kg/jam

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 3,11 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 1,58 m

■ Tinggi : 1,58 m

#### 28. Tangki Penampung Kondensat

Kode : TU-03

Fungsi : Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan *boiler*.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 12,45 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 2,51 m

■ Tinggi : 2,51 m

### 29. Tangki Larutan Kaporit

Kode : TU-04

Fungsi : Membuat larutan desinfektan dari bahan kaporit untuk air yang akan digunakan di kantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,35 m<sup>3</sup>

Dimensi

- Diameter : 0,77 m

- Tinggi : 0,77 m

### 30. Tangki Desinfektan

Kode : TU-05

Fungsi : Tempat klorinasi dengan maksud membunuh bakteri yang selanjutnya dipergunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 3,05 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 1,57 m
- Tinggi : 1,57 m

## 31. Tangki Larutan NaCl

Kode : TU-06

Fungsi : Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi *kation exchanger*

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,54 m<sup>3</sup>

## Dimensi

- Diameter : 0,89 m
- Tinggi : 0,89 m

## 32. Tangki Pelarut NaOH

Kode : TU-07

Fungsi : Membuat larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasi *anion exchanger*

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,16 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 0,59 m

■ Tinggi : 0,59 m

### 33. Tangki Pelarut Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Kode : TU-08

Fungsi : Melarutkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,67 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 0,95 m

■ Tinggi : 0,95 m

34. Tangki Pelarut  $N_2H_4$ 

Kode : TU-09

Fungsi : Membuat larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasi *anion exchanger*.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,67 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 0,95 m

■ Tinggi : 0,95 m

## 35. Bak Penampung Air Proses (BU-06)

Kode : BU-06

Fungsi : Menampung air proses dari bak penampung air bersih

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 10,40 m<sup>3</sup>

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 2,63 m
- Lebar : 1,32 m
- Tinggi : 3 m

### 36. Boiler

- Kode : *Boiler*
- Fungsi : Memproduksi *steam* jenuh pada suhu 249°F dan tekanan 29,4 psi
- Jenis : *Fire Tube Boiler*
- Jumlah : 1 buah
- Effisiensi Penguapan : 80 %
- Panas yang dibutuhkan : 3.846.755,66 Btu/jam
- Panas yang diberikan : 4.808.444,6 Btu/jam
- Kebutuhan *Steam* : 1825,15 kg/jam
- Kebutuhan Bahan Bakar : 118,70 liter/jam

### 37. Tangki Bahan Bakar

- Kode : TU-10
- Fungsi : Menyimpan bahan bakar untuk persediaan 6 hari sebagai bahan bakar *boiler*.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 19,94 m<sup>3</sup>

Dimensi

■ Diameter : 2,94 m

■ Tinggi : 2,94 m

### 38. Pengadaan udara tekan

Kebutuhan udara dalam utilitas digunakan sebagai instrumentasi alat kendali untuk menggerakkan kontrol pneumatis dan instrumen-instrumen lain.

Tugas : Menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi.

Kebutuhan udara tekan kira-kira,  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{jam}$

$P_{\text{masuk}} = 1 \text{ atm}$

$P_{\text{keluar}} = 5 \text{ atm}$

Dipakai blower centrifugal dengan motor standart NEMA 2 Hp.

### 39. Furnace

Tugas : Membuat air panas dari air suhu 30°C menjadi suhu 90 °C dengan bahan bakar gas alam.

Jumlah fuel gas yang dibutuhkan = 32.01 kg/jam

Diambil tinggi menara = 15 ft

Dimensi :

1. Bagian radiasi

- Lebar = 2 ft
- Tinggi = 2 ft
- Panjang = 12 ft
- Jumlah *tube* = 6 buah
- Luas permukaan radiasi = 74.42 ft<sup>2</sup>

2. Bagian konveksi

- Lebar = 4 ft
- Tinggi = 4 ft
- Panjang = 12 ft
- Jumlah *tube* = 5 buah
- Luas permukaan = 63.51 ft<sup>2</sup>
- Jumlah baris = 1 buah
- Jumlah pipa tiap baris = 5 buah

3. Stack

- Diameter *stack* = 3 ft
- Tinggi *stack* = 9 ft



#### 4.5.2. Pengadaan Tenaga Listrik

Di dalam suatu pabrik, listrik merupakan sumber daya yang utama. Tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan pompa, pesawat proses instrumen, penerangan dan lain-lain. Unit ini ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh area pabrik. Pemenuhan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLTU dan sebagai cadangan adalah generator untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLTU. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak balik (AC) sistem 3 *phase* dengan pertimbangan :

- Tegangan yang dihasilkan dapat diatur tingginya
- Dapat menghasilkan tenaga yang cukup besar dan bekerja pada kecepatan tinggi
- Perawatannya lebih mudah
- Mempunyai rendemen yang tinggi antara 96-98 %
- Dapat digunakan kawat yang kecil untuk menghantarkan transmisi
- Mempunyai daya kerja yang lebih besar
- Motor-motornya lebih umum dijumpai di pasaran

Alat-alat yang memerlukan penggerak listrik arus searah seperti transmisi instrumentasi bisa diperoleh dari arus bolak balik yang telah disearahkan dengan *rectifier*.

Adapun kebutuhan listrik untuk pabrik ini meliputi :

- a. Kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor di dalam proses dan utilitas

**Tabel 4.5.2 (a) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Proses**

<b>Kode alat</b>	<b>Nama alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Power (Hp)</b>	<b>Total Power (Hp)</b>
P-01	Pompa	1	0.2	0.2
P-02	Pompa	1	1.5	1.5
P-03	Pompa	1	1	1
P-04	Pompa	1	1	1
P-05	Pompa	1	1	1
P-06	Pompa	1	1	1
P-07	Pompa	1	1	1
R-01	Reaktor	1	3	3
R-02	Reaktor	1	3	3
R-03	Reaktor	1	3	3
Mix	Mixer	1	0.17	0.17
BE	Bucket Elevator	1	15	15
SC	Screw Conveyor	1	1.5	1.5
<b>Total</b>			<b>32.37</b>	<b>32.37</b>

**Tabel 4.4.2 (b) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Utilitas**

<b>Kode alat</b>	<b>Nama alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Power (Hp)</b>	<b>Total Power (Hp)</b>
PU-01	Pompa	1	2	2
PU-02	Pompa	1	1	1
PU-03	Pompa	1	1.5	1.5
PU-04	Pompa	1	0.75	0.75
PU-05	Pompa	1	1	1
PU-06	Pompa	1	3	3
PU-07	Pompa	1	1.5	1.5
PU-08	Pompa	1	0.75	0.75
PU-09	Pompa	1	0.75	0.75
PU-10	Pompa	1	0.17	0.17
PU-11	Pompa	1	0.17	0.17
PU-12	Pompa	1	0.25	0.25
PU-13	Pompa	1	0.25	0.25
PU-14	Pompa	1	3	3
FL	Flokulator	1	3	3
BL	Blower	1	3	3
DE	Deaerator	1	15	15
CR	Compresor	1	2	2
<b>Total</b>			<b>39.09</b>	<b>39.09</b>

Kebutuhan total listrik untuk menggerakkan motor

Kebutuhan Total Listrik = Total (a) + Total (b)

$$= 32,37 \text{ Hp} + 39,09 \text{ Hp}$$

$$= 71,46 \text{ Hp}$$

$$\text{Over design 20 \%} = 1,2 \times \text{Kebutuhan Total Listrik}$$

$$= 1,2 \times 71,46 \text{ Hp}$$

$$= 85,75 \text{ Hp}$$

b. Kebutuhan Listrik untuk Menggerakkan Alat Kontrol dan Penerangan.

- Untuk alat kontrol diperkirakan 40 % dari kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor

$$\text{Kebutuhan Listrik} = 0,4 \times 71,46 \text{ Hp}$$

$$= 34,30 \text{ Hp}$$

- Untuk penerangan diperkirakan 50 % dari kebutuhan untuk menggerakkan motor

$$\text{Kebutuhan Listrik} = 0,5 \times 71,46 \text{ Hp}$$

$$= 42,88 \text{ Hp}$$

$$\text{Total Kebutuhan Listrik} = (85,75 \text{ Hp} + 34,30 \text{ Hp} + 42,88 \text{ Hp}) \times 0,75 \text{ kW/Hp}$$

$$= 143,88 \text{ kWatt}$$

Listrik sebesar ini dipenuhi oleh PLN sebesar 147 kWatt, apabila terjadi pemadaman digunakan 1 generator cadangan dengan bahan bakar *Industrial Diesel Oil* (IDO) sehingga kebutuhan bahan bakar IDO di hitung sebagai berikut: Efisiensi 80 % dari kebutuhan listrik total.

Kebutuhan bahan bakar untuk Generator Listrik :

$$= 1,96 \text{ gal/jam} \times 3.79 \text{ liter/gal}$$

$$= 7.43 \text{ liter/jam}$$

Spesifikasi IDO, minyak Diesel :

$$\text{Heat Value} = 250.000 \text{ BTU/gal}$$

$$\text{Derajat API} = 22 - 28 \text{ }^\circ\text{API}$$

$$\text{Densitas} = 0,9 \text{ kg/liter}$$

$$\text{Viskositas} = 1,2 \text{ Cp}$$

#### **4.5.3. Unit Pengadaan *Steam***

Untuk menghasilkan uap air atau steam yang digunakan untuk proses pabrik adalah dengan *boiler* atau ketel uap. Steam yang dihasilkan memiliki suhu 150 °C dan tekanan 2 atm. Di dalam prarancangan ini dipakai pipa api karena mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Air umpan tidak harus sangat bersih karena air berada di luar pipa

- Tidak memerlukan plat kabel untuk *shell* yang tebal, sehingga harganya lebih murah
- Tidak memerlukan tembok atau batu tahan api
- Tinggi permukaan air tidak memerlukan pengawasan seteliti mungkin
- Pemasangan murah
- Memerlukan ruangan dengan ketinggian rendah
- Beroperasi baik pada beton yang naik turun

Kerugian *boiler* pipa api :

- Hanya untuk kapasitas yang relatif kecil
- Terbatas untuk menyajikan uap bertekanan rendah
- Efisiensi rendah
- Waktu yang diperlukan dari mula-mula sampai terbentuk uap relatif lebih lama

Pada *boiler* pipa api, gas panas mengalir dalam pipa yang dikelilingi air. Mekanisme perpindahan panas utama yang terjadi adalah konveksi, sehingga terjadi perpindahan panas dari gas panas ke air, dimana air akan berubah menjadi uap air. Bahan bakar yang digunakan antara lain; batu bara, minyak, gas dan bahan-bahan yang mudah dan terbaik seperti kayu.

*Boiler* pipa api dilengkapi dengan *Blowdown valve* untuk mengeluarkan endapan-endapan yang terbentuk dari *internal treatment*.

Ada dua cara *blowdown*, yaitu :

- *Intermitter blowdown*; pengeluaran air dilakukan pada saat tertentu, misalnya 4 jam sekali
- *Continuous blowdown*; pengeluaran air dilakukan secara terus menerus sehingga zat dalam boiler dapat dijaga

#### 4.5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Industrial Diesel Oil (IDO)* dan *anthracite coal*. Bahan bakar IDO digunakan untuk menggerakkan generator, sedangkan untuk *boiler* digunakan bahan bakar jenis *anthracite coal* (batu bara antrasit). Bahan bakar IDO diperoleh dari Pertamina.

Pemilihan bahan bakar ini didasarkan pada :

1. Mudah didapat
2. Mudah dalam penyimpanan
3. Harga yang relatif murah

Spesifikasi bahan bakar solar sebagai berikut :

1. *Heating value* : 18.800 BTU/lb
2. Efisiensi : 80 %
3. Densitas : 54,31 lb/ft<sup>3</sup>

Spesifikasi bahan bakar batu bara sebagai berikut:

1. Heating value : 12.910 BTU/lb

- 2. Efisiensi : 80%
- 3. Densitas : 53 lb/ft<sup>3</sup>

Kebutuhan bahan bakar sebagai berikut :

$$\text{Solar} = 7.43 \text{ L/jam}$$

$$\text{Batu bara} = 328,42 \text{ kg/jam}$$

#### **4.5.5. Unit Pengadaan Udara Tekan**

Udara tekan yang digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses dan utilitas, dihasilkan dari kompressor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan kompressor. Kapasitas kompresor adalah 100 m<sup>3</sup>/jam dan mempunyai tekanan 6 atm. Udara tekan yang dihasilkan harus bersifat kering, bebas minyak dan tidak mengandung partikel-partikel lainnya. Udara tekan digunakan untuk menggerakkan alat-alat kontrol secara pneumatis. Untuk memenuhi kebutuhan udara digunakan blower untuk menekan udara lingkungan. Blower berfungsi untuk menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi.

Kebutuhan udara tekan per alat didapat sebesar 3,2 m<sup>3</sup>/jam. Jumlah alat kontrol total di pabrik ini sebanyak 28 alat, sehingga kebutuhan udara tekan total adalah sebesar 89,6 m<sup>3</sup>/jam. Dengan *safety* 10%, maka diambil jumlah udara tekan sebesar 100 m<sup>3</sup>/jam.

#### **Perhitungan Kebutuhan Udara Tekan**

Tugas : Menggerakkan alat-alat Kontrol dan bekerja secara Pneumatik



Udara diperoleh dari udara bebas yang telah disaring menggunakan saringan udara dan ditekan dengan kompresor 1 stage.

Kebutuhan udara tekan =  $100 \text{ m}^3/\text{jam}$

Pada tekanan = 100 psig

Pada suhu = 273 K

Kondisi udara :

Suhu =  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  = 308 K

Rel. Hum. = 70%

$P_{\text{vap}}$  = 0,098 atm

Asumsi : udara mengikuti gas ideal kompresi udara secara adiabatik

Vol udara pada lingkungan =  $112,8205128 \text{ m}^3/\text{jam}$

K (adiabatik) = 1,4

$P_{\text{awal}}$  = 14,7 psi = 1 atm

$P_{\text{akhir}}$  = 114,7 psi = 7,80 atm

$T_{\text{awal}}$  = 308 K

$T_{\text{akhir}}$  = 553,96 K = 280,96 C

Kec. Udr masuk =  $4,46 \text{ kmol}/\text{jam}$

=  $4.463,81 \text{ gmol}/\text{jam}$

Power :

$$\begin{aligned} \text{Power} &= 8875,31 \text{ Watt} \\ &= 8,88 \text{ kW} = 11,91 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 0,75$$

$$\text{Power dibutuhkan} = 15,87 \text{ hp} = 20,00 \text{ hp (Standar)}$$

### **Silica Gel**

Silica Gel digunakan untuk mengeringkan udara yang akan digunakan dalam instrumentasi

$$\text{Volume udara} = 100 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,46 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa udara} = 128,5578 \text{ kg/jam} = 283,42 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Pada suhu kamar, kelembaban udara} = 0,025 \text{ lb air/ lb udara}$$

$$\text{Air di udara} = 7,08 \text{ lb air/ jam}$$

$$\text{Pada keadaan jenuh, silica gel dapat menyerap air} = 0,5 \text{ lb air/ lb silica}$$

$$\text{Kebutuhan silica} = 14,1715 \text{ lb silica/ jam}$$

Asumsi : 2 % make-up, 98 % efektif

$$\begin{aligned} \text{Silica gel make-up} &= 0,2834 \text{ lb/ jam} \\ &= 2.244,69 \text{ lb/ tahun} \end{aligned}$$

#### 4.5.6. Pengolahan Limbah

Pabrik kloroform menghasilkan limbah berupa air, garam, aseton dan impuritas dalam skala kecil. Pengolahan air limbah adalah pengolahan limbah pabrik yang belum memenuhi persyaratan (BOD, COD, dan lain-lain) secara mikrobiologis sehingga air yang keluar dari pabrik memenuhi persyaratan Undang-Undang Lingkungan Hidup.

a. Bak Netralisasi (*Neutralizing Pond*)

Bak ini digunakan untuk menurunkan suhu limbah pabrik. Pada bak ini limbah mempunyai pH 4 dan suhu sekitar 35°C.

b. Menara Pendingin

Menara pendingin digunakan untuk menurunkan suhu limbah sebelum dimasukkan ke kolam-kolam. Hal ini dilakukan karena pada suhu tinggi bakteri-bakteri pengurai (pembentuk metan) mati, sedangkan suhu optimum perkembangan adalah 35°C.

Alat ini berupa antara menara yang dipasang kisi-kisi dengan tujuan untuk mempercepat proses pendinginan. Limbah dari pabrik dipompakan ke bagian atas menara pendingin, dan turun terpercay melalui kisi-kisi sehingga suhunya turun.

c. Kolam Pembiakkan (*Seeding Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk membiakkan bakteri yang akan bekerja dalam kolam anaerob. Isi kolam ini sekitar 350 m<sup>3</sup> dan berisikan bakteri dengan kadar tinggi. Sewaktu-waktu diberi limbah pabrik kloroform sebagai makanannya, dan pada waktu tertentu sebagian diisikan ke dalam kolam anaerob dengan cara *overflow*.

Tidak seluruhnya limbah melakukan *seeding pond*. Bakteri dalam *seeding pond* hidup apabila terlihat adanya gelembung gas metan yang timbul. pH dijaga selalu lebih kecil dari 6,5 - 6,8 dengan penambahan kapur / *soda ash*.

d. Kolam Anaerobik (*Anaerobic Pond*)

Pengolahan limbah pabrik kloroform yang terutama terjadi di kolam ini, dimana lemak diubah menjadi gas metan. Kolam anaerobik ini dapat menampung air limbah pengolahan selama 60 hari (lemak diubah menjadi asam organik dan selanjutnya asam organik ini diubah menjadi gas metan) oleh bakteri anaerob pembentukan metan. Untuk lebih mengaktifkan reaksi pembentukan metan maka cairan dalam kolam anaerobik belakang harus dipompakan secara terus-menerus setiap hari ke kolam anaerobik di muka. Apabila bakteri di dalam kolam ini kurang aktif, maka diambil bakteri aktif dari *seeding pond*, yang secara *overflow* bakteri aktif mengalir ke dalam kolam anaerobik. pH di dalam kolam ini dijaga minimal 6.

e. Kolam Aerasi (*Aeration Pond*)

Kolam aerasi ditujukan untuk memperkaya cairan limbah dengan oksigen dan membunuh bakteri anaerob dengan cara menyebarkan cairan ke udara dengan menggunakan aerator, atau dengan memasukkan udara ke dalam cairan dengan menggunakan kompresor. Aerator ataupun kompresor harus berjalan terus menerus.

f. Kolam Pengendapan (*Settling Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk mengendapkan zat-zat padat yang dikandung cairan yang berasal dari kolam aerobik. Kolam pengendapan dapat menampung cairan limbah selama 6 hari olahan. Apabila terjadi pendangkalan karena pengendapan zat-zat padat maka dilakukan pembersihan / pengurasan.

g. Kolam Aerobik (*Aerobic Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk memberikan kesempatan cairan dari kolam pengendapan untuk menyerap lebih banyak oksigen dari udara. Kolam ini dapat menampung limbah untuk 6 hari olahan. Kolam ini merupakan kolam terakhir dalam proses penanganan air limbah pabrik kloroform. Dari kolam ini limbah yang telah diolah tadi dapat dialirkan ke lahan aplikasi atau *overflow* kolam ini dapat dibuang ke sungai.

#### 4.5.7. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan, baik limbah gas maupun limbah cair. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Tugas pokok laboratorium antara lain :

- a. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan
- b. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- c. Melakukan kontrol dan analisa terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair maupun limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
- d. Melakukan analisa dan kontrol terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, *steam* dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi. Dengan demikian sangat diperlukan koordinasi dan kerjasama yang baik antar bagian laboratorium dengan unit utilitas dan unit produksi.

Laboratorium memegang peranan yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga produk melalui analisa-analisa, baik itu terhadap bahan baku, produk, maupun analisa air.

Hasil analisa ini diperlukan untuk pengawasan mutu dan penentuan tingkat efisiensi. Proses pemeriksaannya harus dilakukan secara rutin agar selalu dapat segera diketahui normal tidaknya suatu proses sehingga bila terjadi penyimpangan dapat segera diatasi.

Fungsi lain dari laboratorium adalah mengendalikan pencemaran lingkungan baik udara maupun limbah cair. Laboratorium kimia merupakan sarana mengadakan kegiatan riset-penelitian guna pengembangan perusahaan supaya lebih maju menguntungkan baik dari segi teknis maupun non teknis.

Laboratorium berada di bawah bidang teknis dan produksi yang mempunyai tugas :

1. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan bahan tambang lainnya yang akan digunakan.
2. Sebagai pengontrol kualitas produk yang akan dipasarkan.
3. Sebagai pengontrol terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, *steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.
4. Sebagai peneliti dan pelaku riset terhadap segala sesuatu yang berkenaan dengan pengembangan dan peningkatan mutu produk.

5. Sebagai pengontrol terhadap proses produksi, baik polusi udara, cair, maupun berupa padatan.

Adapun analisa yang dilakukan di laboratorium adalah :

1. Analisa mutu bahan baku

Analisa dilakukan pada saat bahan datang, sehingga pabrik dapat menolak bahan baku yang akan dibeli apabila hasil analisa tidak memenuhi syarat. Analisa meliputi, densitas, kemurnian, warna dan kenampakan.

2. Analisa mutu produk

Analisa dilakukan pada setiap 4 jam sekali, analisa meliputi kadar air, kemurnian, densitas, dan warna.

3. Analisa mutu air

Analisa dilakukan setiap 8 jam sekali, analisa meliputi pH meter, kesadahan, alkalinitas, dan warna.

#### **4.6. Organisasi Perusahaan**

##### **4.6.1. Bentuk Perusahaan**

Pabrik kloroform yang akan didirikan direncanakan mempunyai :

1. Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
2. Lokasi perusahaan : Daerah Cilegon
3. Kapasitas : 10.000 ton/tahun



Perseroan Terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan atas beberapa faktor, antara lain sebagai berikut :

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.
5. Efisiensi manajemen. Pemegang saham dapat memilih orang sebagai dewan komisaris beserta direktur yang cakap dan berpengalaman.

6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga dapat memperluas usahanya.

#### **4.6.2. Struktur Organisasi**

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis tentang tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. Dengan adanya struktur organisasi dengan diketahui wewenang dan tanggung jawab masing masing personil atas jabatan yang disandangnya, sehingga dapat bekerja sesuai dengan tugas dan wewenangnya.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain :

- a. Perumusan tujuan perusahaan jelas
- b. Pendelegasian wewenang
- c. Pembagian tugas kerja yang jelas
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem lini dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawasan demi tercapai tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan dan *quality*

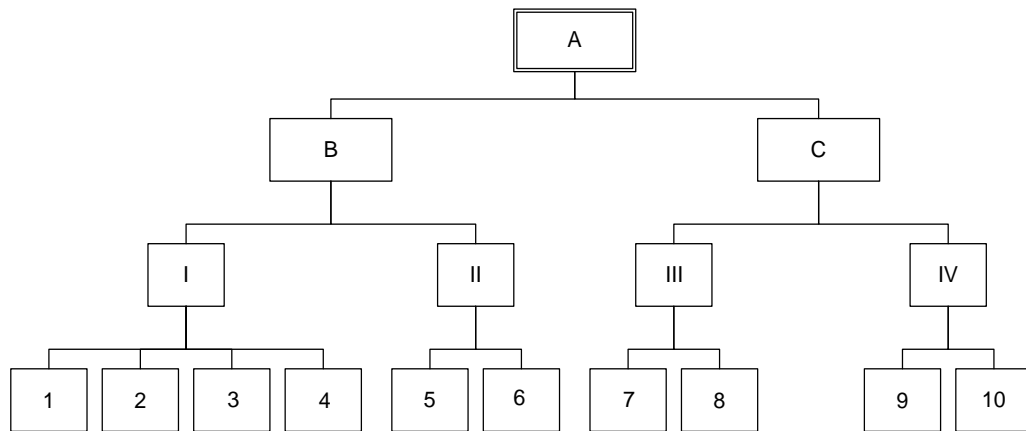
*assurance* (QA). Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membawahi bidang pemasaran, administrasi dan keuangan dan Umum membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (*Supervisor*) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli dibidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran, nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.

4. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



**Gambar 4.5.** Struktur organisasi perusahaan

Keterangan :

- A : Direktur Utama
- B : Direktur Produksi/Teknik
- B : Direktur Administrasi/Keuangan
- I : Kepala Bagian Produksi
- II : Kepala Bagian Teknik
- III : Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan
- IV : Kepala Bagian Umum
- 1 : Seksi Proses
- 2 : Seksi Laboratorium
- 3 : Seksi Penelitian dan Pengembangan
- 4 : Seksi Pemeliharaan Alat

- 5 : Seksi Utilitas
- 6 : Seksi Administrasi
- 7 : Seksi Personalia
- 8 : Seksi Keuangan
- 9 : Seksi Hubungan Masyarakat
- 10 : Seksi Kesehatan

#### **4.6.3. Tugas dan Wewenang**

Dengan sistem pembagian tugas menurut wewenang akan memudahkan dalam penyelesaian tugas dan pekerjaan yang menjadi tanggung jawab setiap tugas dan wewenang anggota organisasi.

##### **a. Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Pemilik saham adalah pemilik perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham (RUPS). Adapun keputusan yang dihasilkan dari rapat tersebut adalah :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur Perusahaan.

3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Tugas dan wewenangnya :

1. Mengatur dan mengkoordinir kepentingan para pemegang saham dan penentu kebijakan kepentingan perusahaan.
2. Sesuai dengan ketentuan yang digariskan dalam anggaran dasar perusahaan.
3. Memberikan penilaian dan mewakili para pemegang saham atas pengesahan neraca dan perhitungan rugi laba tahunan serta laporan lain yang disampaikan oleh direksi.
4. Bertanggung jawab atas stabilitas jalannya perusahaan dalam jangka panjang, baik bersifat ekstern maupun intern.

c. Direktur

Tugas dan wewenangnya :

1. Pejabat tinggi, memimpin perusahaan bersama-sama manejer.
2. Mengusahakan tercapainya tujuan perusahaan sesuai dengan anggaran dasar.
3. Memutuskan besarnya gaji dan upah

4. Memberikan pengawasan, pengarahan dan petunjuk guna mendapatkan suatu langkah kerja yang baik.
5. Mengambil keputusan dipenuhi atau tidaknya jumlah produksi yang dilakukan.
6. Bertanggung jawab atas berjalannya seluruh kegiatan perusahaan kepada Dewan Komisaris

d. Staf Ahli dan R&D

1) Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur sesuai bidangnya.

Tugas dan Wewenagnya :

1. Memberikan saran dan perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
3. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum

2) Staf R&D

Staf R&D ini bertanggung jawab kepada Direktur dalam bidang penelitian dan pengembangan.



Tugas dan wewenangnya :

1. Memperbaiki proses, perencanaan alat dan pengembangan produksi.
2. Meningkatkan mutu produksi.
3. Meningkatkan efisiensi kerja.

e. Manajer

Tugas dan wewenangnya :

1. Berkoordinasi bersama seluruh kepala bagian untuk memastikan berjalannya perusahaan sesuai dengan rencana yang ditetapkan.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan kerja kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.
3. Berkoordinasi dengan Direktur dalam menentukan strategi dan target perusahaan.
4. Bertanggung jawab kepada Direktur atas berjalannya seluruh kegiatan perusahaan.

f. Kepala Bagian

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

Kepala bagian terdiri dari :

## 1. Kepala Bagian Produksi

Tugas dan wewenangnya :

- Kepala bagian produksi bertanggung jawab kepada manajer operasional dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.
- Mengadakan kerja sama dengan pihak luar dalam hal pengadaan bahan baku, memberikan laporan mengenai hasil produksi kepada manajer operasional serta menjaga kualitas produksi
- Merencanakan pembagian tugas karyawan
- Mengawasi cara kerja karyawan yang menjadi tanggung jawabnya
- Menjaga agar kondisi ruangan (RH) agar tetap dalam keadaan yang diinginkan
- Mengatur pembagian istirahat karyawan agar tidak mengganggu kelancaran produksi
- Memperhatikan masalah-masalah yang terjadi dan segera diantisipasi agar proses dapat berjalan sesuai yang direncanakan
- Bekerja sama dengan pihak lain guna kelancaran proses produksi
- Bertanggung jawab atas hasil produk yang telah diproduksi

## 2. Kepala Bagian Utilitas

Tugas dan wewenangnya :

- Memimpin dan mengkoordinir pelaksanaan operasional dalam pengadaan utilitas, tenaga dan instrumentasi
- Bertanggung jawab kepada manajer operasional atas hal-hal yang dilakukan bawahannya dalam menjalankan tugasnya masing-masing.
- Mengkoordinir *supervisor* yang menjadi bawahannya

3. Kepala Bagian *Maintenance* membawahi :

- *Supervisor* pemeliharaan peralatan

Tugas *supervisor* pemeliharaan peralatan antara lain :

- 1) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik
- 2) Memperbaiki peralatan pabrik

- *Supervisor* pengadaan Peralatan

Tugas *supervisor* pemeliharaan peralatan antara lain :

- 1) Merencanakan penggantian peralatan
- 2) Menentukan spesifikasi peralatan pengganti atau peralatan baru yang akan digunakan

4. Kepala Bagian *Quality Assurance* (QA)

Tugas dan wewenangnya :

- Menetapkan standar kualitas dari produk yang dihasilkan perusahaan
- Penghubung antara konsumen dengan pihak perusahaan untuk masalah komplain produk
- Merencanakan perbaikan produk yang mengalami kerusakan
- Melaksanakan pengawasan dan mengkoordinir proses *quality control*

Kepala Bagian *Quality Assurance* (QA) membawahi :

- *Supervisor* Laboratorium
  - 1) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu
  - 2) Mengawasi dan Menganalisa produk
  - 3) Mengawasi kualitas buangan pabrik

##### 5. Kepala bagian Keuangan dan Pemasaran

Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran bertanggung jawab kepada Manajer Keuangan dan Umum dalam bidang keuangan dan pemasaran.

- *Supervisor* Pembelian

Tugas *Supervisor* Pembelian antara lain :

- 1) Merencanakan besarnya kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu yang akan dibeli.
- 2) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan
- 3) Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- *Supervisor* Pemasaran

Tugas *Supervisor* Pemasaran antara lain :

- 1) Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- 2) Mengatur distribusi barang dari gudang.

- *Supervisor* Keuangan

Tugas *Supervisor* Keuangan antara lain :

- 1) Mengadakan perhitungan tentang gaji dan intensif karyawan.
- 2) Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat prediksi keuangan masa depan.

## 6. Kepala Bagian Personalia dan Umum

Kepala Bagian Personalia dan Umum bertanggung jawab kepada Manajer Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan.

Kepala Bagian Personalia dan Umum membawahi :

- *Supervisor* Personalia

Tugas *Supervisor* Personalia antara lain :

- 1) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya agar tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- 2) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.
- 3) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- *Supervisor* Humas

Tugas *Supervisor* Humas antara lain :

- 1) Mengatur hubungan dengan masyarakat luar lingkungan perusahaan.

- *Supervisor* Keamanan

Tugas *Supervisor* Keamanan antara lain :

- 1) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- 2) Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun selain karyawan kedalam lingkungan perusahaan

- 3) Menjaga dan memelihara keberhasilan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

g. *Supervisor*

*Supervisor* adalah pelaksana dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para kepala bagian masing-masing, agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. *Supervisor* akan membawahi staf. Setiap *supervisor* bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

Tugas dan wewenangnya :

1. Merencanakan rekrutmen dan pembinaan karyawan guna pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) perusahaan.
2. Mengarahkan staf dan karyawan secara langsung untuk mencapai sasaran perusahaan.
3. Mengadakan pertemuan perorangan maupun kelompok untuk menciptakan hubungan yang baik, sehingga menimbulkan suasana yang menyenangkan dengan tidak meninggalkan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan perusahaan.
4. Memberikan motivasi kepada seluruh staff dan karyawan agar bekerja dengan kesadaran dan tanggung jawab serta mematuhi peraturan yang telah ditetapkan.

5. Memberikan teguran dan peringatan apabila terjadi pelanggaran.
6. Mengadakan pembinaan disiplin kerja
7. Melaksanakan absensi staf dan karyawan
8. Bertanggung jawab atas pengawasan, kebersihan, keamanan dan ketertiban perusahaan.
9. Melaksanakan kerja sama dan hubungan yang baik dengan perusahaan lain atau masyarakat sekitar.
10. Bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan dengan karyawan, perusahaan lain dan masyarakat sekitar.

#### **4.6.4. Ketenagakerjaan**

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktivitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas perusahaan.



Hubungan itu dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan.

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

Pabrik ini direncanakan beroperasi setiap hari, dengan jam efektif selama 24 jam/hari. Adapun karyawan yang bekerja dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

d. Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan harian adalah: Direktur, Staf Ahli, Manajer, Kepala bagian serta staf yang berada dikantor. Karyawan *non shift* dalam seminggu bekerja 6 hari, dengan pembagian jam kerja sebagai berikut :

- Hari Senin – Jum’at : jam 08.00 – 16.00 WIB
- Hari Sabtu : jam 08.00 – 12.00 WIB
- Waktu istirahat setiap jam kerja : jam 12.00 – 13.00 WIB
- Waktu istirahat hari Jum’at : jam 11.45 – 13.00 WIB

e. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan *shift* dibagi menjadi 4 grup (Grup A, Grup B, Grup C, Grup D) yang bekerja dalam 3 *shift*.

Pembagian jam kerja *shift* sebagai berikut :

- *Shift I* : jam 06.00 – 14.00 WIB
- *Shift II* : jam 14.00 – 22.00 WIB
- *Shift III* : jam 22.00 – 06.00 WIB

Adapun pengaturan kerja setiap grup, yaitu masing-masing grup bekerja selama tiga hari pada jam kerja yang berbeda-beda. Setiap grup mendapat libur 2 hari setelah mereka bekerja selama tiga hari kerja yang berbeda dalam seminggu.

**Tabel 4.6.4.** Rencana Pengaturan Jadwal Kerja Grup

<b>Hari</b>	<b><i>Shift I</i></b>	<b><i>Shift II</i></b>	<b><i>Shift III</i></b>	<b>Libur</b>
1	B	A	C	D
2	B	A	C	D
3	D	A	B	C
4	D	A	B	C
5	C	D	B	A
6	C	D	B	A
7	C	D	A	B
8	C	D	A	B

#### 4.6.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

##### 4.6.5.1. Penggolongan Jabatan

Tabel 4.6.5(a) Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Pendidikan + Pengalaman
1.	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia (10 Thn)
2.	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia (10 Thn)
3.	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi (10 Thn)
4.	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia (5 Thn)
5.	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin (5 Thn)
6.	Kepala Bagian R&D	Sarjana Teknik Kimia (5 Thn)
7.	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi (5 Thn)
8.	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi (5 Thn)
9.	Kepala Bagian Umum	Sarjana Hukum (5 Thn)
10.	Kepala Seksi	Sarjana Teknik Kimia (3 Thn)
11.	Operator	SMK/SMA/Sederajat (2 Thn)
12.	Sekretaris	Akademi Sekretaris (2 Thn)
13.	Staf	Sarjana Muda / D3 (2 Thn)
13.	Medis	Dokter (2 Thn)
14.	Paramedis	Perawat (2 Thn)
15.	Lain-lain	SD/SMP/Sederajat (1 Thn)

#### 4.6.5.2. Perincian Jumlah Karyawan

**Tabel 4.5.6(b)** Jumlah karyawan pada masing-masing bagian

No	Jabatan	Jumlah
1.	Direktur Utama	1
2.	Direktur Teknik dan Produksi	2
3.	Direktur Keuangan dan Umum	1
4.	Staff Ahli	5
5.	Sekretaris	10
6.	Kepala Bagian Umum	1
7.	Kepala Bagian Pemasaran	1
8.	Kepala Bagian Keuangan	1
9.	Kepala Bagian Teknik	1
10.	Kepala Bagian Produksi	1
11.	Kepala Bagian R & D	1
12.	Kepala Seksi Personalia	1
13.	Kepala Seksi Humas	1
14.	Kepala Seksi Keamanan	1
15.	Kepala Seksi Pembelian	1
16.	Kepala Seksi Pemasaran	1
17.	Kepala Seksi Administrasi	1
18.	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1

Tabel 4.5.6(b) :.....Lanjutan

19.	Kepala Seksi Proses	1
20.	Kepala Seksi Pengendalian	1
21.	Kepala Seksi Laboratorium	1
22.	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
23.	Kepala Seksi Utilitas	1
24.	Kepala Seksi Pengembangan	1
25.	Kepala Seksi Penelitian	1
26.	Karyawan Personalia	4
27.	Karyawan Humas	3
28.	Karyawan Keamanan	9
29.	Karyawan Pembelian	4
30.	Karyawan Pemasaran	4
31.	Karyawan Administrasi	3
32.	Karyawan Kas/Anggaran	3
33.	Karyawan Proses	30
34.	Karyawan Pengendalian	4
35.	Karyawan Laboratorium	20
36.	Karyawan Pemeliharaan	4
37.	Karyawan Utilitas	30
38.	Karyawan KKK	15

Tabel 4.5.6(b) :.....Lanjutan

39.	Karyawan Litbang	20
40.	Karyawan Pemadam Kebakaran	4
41.	Medis	9
42.	Paramedis	6
43.	Sopir	6
44.	Cleaning Service	12
	Total	265

#### 4.6.5.3. Sistem Gaji Pegawai

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

##### 1. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

##### 2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

##### 3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Penggolongan Gaji Berdasarkan Jabatan

**Tabel 4.6.5.(c)** Perincian golongan dan gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan(Rp)	Total Gaji(Rp)
1	Direktur utama	1	30.000.000,00	30.000.000,00
2	Direktur	3	25.000.000,00	75.000.000,00
3	Kepala bagian	8	18.000.000,00	144.000.000,00
4	Kepala seksi	10	16.000.000,00	160.000.000,00
5	Sekretaris	10	5.500.000,00	55.000.000,00
6	Staf ahli	5	15.000.000,00	75.000.000,00
7	Karyawan proses	60	7.500.000,00	450.000.000,00
8	Laboran	20	6.000.000,00	120.000.000,00
9	Karyawan utilitas	30	6.000.000,00	180.000.000,00
10	Karyawan R&D	20	7.000.000,00	140.000.000,00
11	Karyawan administrasi dan perkantoran	20	5.000.000,00	100.000.000,00
12	Karyawan K3	15	6.000.000,00	90.000.000,00
13	Medis	9	6.500.000,00	58.500.000,00
14	Paramedis	6	5.500.000,00	33.000.000,00
15	Karyawan keamanan	18	4.500.000,00	81.000.000,00
16	<i>Cleaning service</i>	12	4.500.000,00	54.000.000,00
17	<i>Office boy &amp; pantry</i>	12	4.500.000,00	54.000.000,00
18	Supir	6	4.500.000,00	27.000.000,00
	<b>Total</b>	<b>265</b>	<b>Rp 1.926.500.000,00 /Bulan</b>	



#### **4.6.6. Kesejahteraan Karyawan**

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan diatur menurut tingkat pendidikan, status pekerja dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi kerja.

#### **4.6.7. Fasilitas Karyawan**

Tersedia fasilitas yang memadai dapat merangsang kelangsungan produktivitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jemu dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

- i. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

#### ii. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

#### iii. Makan dan Minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh kantin perusahaan.

#### iv. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

#### v. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

#### vi. BPJS Ketenagakerjaan

Merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

#### vii. Masjid dan Kegiatan kerohanian

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktivitas keagamaan lainnya.

#### viii. Transportasi

Untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi setiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

#### ix. Hak Cuti

##### 1. Cuti tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

##### 2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti serentak untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari Kerja.

##### 3. Cuti hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dengan kedua minimal 2 tahun.

#### **4.6.8. Manajemen Produksi**

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk proses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

#### **4.6.9. Perencanaan Produksi**

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Yang dimaksud

faktor internal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik dalam menghasilkan jumlah produk.

a. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu :

1. Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
2. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
3. Mencari daerah pemasaran lain.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

## 2. Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilan meningkat.

## 3. Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

### **4.6.10. Pengendalian Produksi**

Setelah perencanaan produksi dilaksanakan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai setandar, dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana, serta waktu yang tepat sesuai dengan jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

#### a. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi, atau kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan..

b. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama, dan faktor lain yang dapat menghambat proses produksi. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

d. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin mencapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan baku untuk proses harus mencukupi. Oleh karena itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

#### **4.7. Evaluasi Ekonomi**

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimasi) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas

dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

#### 4.7.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan teknik kimia pada tahun tersebut.

Harga indeks tahun 2025 diperkirakan dengan metode garis linier dengan menggunakan data indeks dari tahun 1954 sampai 2001:

**Tabel 4.7.1(a)** Perkembangan Indeks Harga

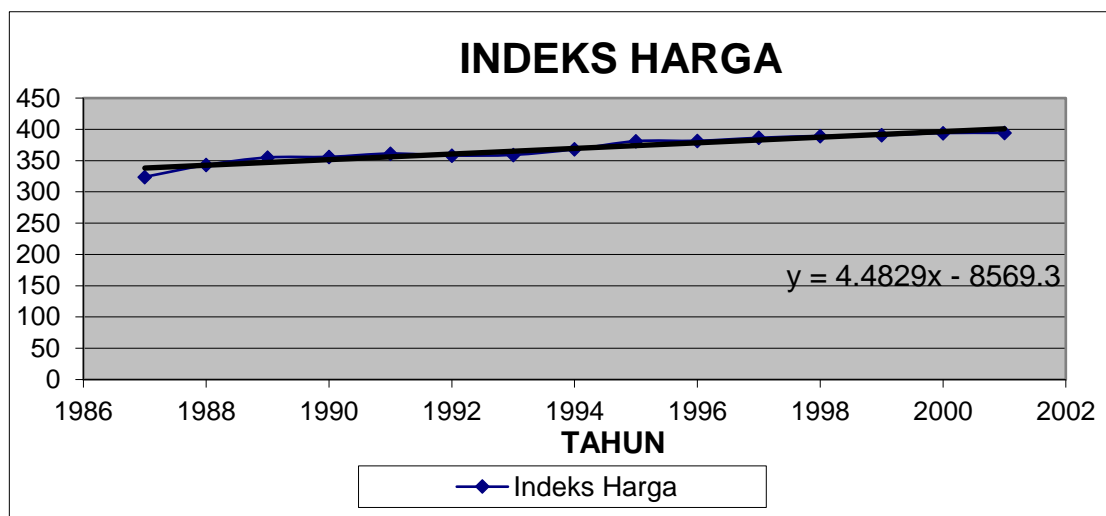
<b>Tahun</b>	<b>X(Tahun)</b>	<b>Y (indeks)</b>
1987	1	324
1988	2	343
1989	3	355
<b>1990</b>	<b>4</b>	<b>356</b>
1991	5	361,3
1992	6	358,2
1993	7	359,2
1994	8	368,1
1995	9	381,1



Tabel 4.5.6(b) :.....Lanjutan

1996	10	381,7
1997	11	386,5
1998	12	389,5
1999	13	390,6
2000	14	394,1
2001	15	394,3
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>5.542,6</b>

Sumber : <http://www.che.com>



**Gambar 4.6.** Grafik Indeks Harga

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$Y = 4,4829 x - 8569,3$$

Dimana : x = tahun Y = indeks harga

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka harga indeks pada tahun perancangan yaitu pada tahun 2025 dapat diperoleh yaitu :

$$Y = 4,4829 (2025) - 8569,3$$

$$= 508,5725$$

Data indeks dari tahun 2018 sampai 2025 menggunakan persamaan yang diperoleh:

**Tabel 4.7.1(b)** Perkembangan Indeks Harga

No	Tahun	Indeks
1	2018	477,19
2	2019	481,68
3	2020	486,16
4	2021	490,64
5	2022	495,12
6	2023	499,61
7	2024	504,09
8	<b>2025</b>	<b>508,57</b>

Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan adalah sebagai berikut :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana : Ex = Harga Alat pada tahun x

Ey = Harga alat pada tahun y

Nx = Index harga pada tahun x

Ny = Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$E_b = E_a [C_b / C_a]^{0.6}$$

Dimana :  $E_a$  = Harga alat a

$E_b$  = Harga alat b

$C_a$  = Kapasitas alat a

$C_b$  = Kapasitas alat b

**Tabel 4.7.1(c)** Harga Peralatan

NO	NAMA ALAT	KODE	JML	VARIABEL PENENTU	US\$
1	Tangki	T-01	2	Volume (gallon)	64.459,54
2	Tangki	T-02	1	Volume (gallon)	10.3844
3	Tangki	T-03	1	Volume (gallon)	69.008,48
4	<i>Hopper Feeder</i>	BIN	1	Volume (gallon)	6.480,80
5	Kompresor	C	1	<i>Power</i> (HP)	2.080,65
6	<i>Mixer</i>	MIX	1	Volume (gallon)	35.253,41
7	Reaktor	R-01	3	Volume (gallon)	470.638,92
8	<i>Decanter</i>	DC	1	Volume (gallon)	26.121,36
9	Menara Destilasi	MD	1	Volume (gallon)	73.210,30
10	<i>Condensor</i>	CD	1	Luas (ft2)	3.875,81
11	<i>Accumulator</i>	ACC	1	Volume (gallon)	1.833,02
12	<i>Cooler</i>	CL-01	1	Luas (ft2)	6.047,12
13	<i>Cooler</i>	CL-02	1	Luas (ft2)	6.959,15
14	<i>Cooler</i>	CL-03	1	Luas (ft2)	1.607,67

Tabel 4.5.6(b) :.....Lanjutan

15	<i>Heater</i>	HE-01	1	Luas (ft2)	4.100,58
16	<i>Heater</i>	HE-02	1	Luas (ft2)	2.221,99
17	<i>Heater</i>	HE-03	1	Luas (ft2)	2.403,44
18	<i>Reboiler</i>	RB	1	Luas (ft2)	6.842,51
19	<i>Bucket Elevator</i>	BE	1	Luas (ft2)	9.401,82
20	<i>Screw Conveyor</i>	SC	1	Luas (ft2)	6.480,80
21	Pompa	P-01	1	Vol (gpm)	3.694,53
22	Pompa	P-02	1	Vol (gpm)	12.358,12
23	Pompa	P-03	1	Vol (gpm)	11.093,56
24	Pompa	P-04	1	Vol (gpm)	4.894,02
25	Pompa	P-05	1	Vol (gpm)	9.338,17
26	Pompa	P-06	1	Vol (gpm)	4.070,96
27	Pompa	P-07	1	Vol (gpm)	1.737,45
<b>Total</b>					<b>944.266,41</b>

#### 4.7.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 10.000 ton / tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Tahun pabrik didirikan = 2025

Harga kloroform = Rp 580.000 /kg

Harga aseton = Rp 142.000 /kg

Harga natrium hipoklorit = Rp 12.000 /kg

Harga oksigen = Rp 800.000 /kg

#### 4.7.3. Perhitungan Biaya

##### a. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk pengoperasiannya. *Capital Investment* terdiri atas :

- *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya.

- *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

(Aries Newton, p.1-11)

##### b. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* terdiri dari *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

- *Direct Manufacturing Cost*

*Direct Manufacturing Cost* adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.

- *Indirect Manufacturing Cost*

*Indirect Manufacturing Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

- *Fixed Manufacturing Cost*

*Fixed Manufacturing Cost* adalah harga yang berkenaan dengan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap dan tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.

(Aries Newton, p.118-182)

c. *General Expense*

*General Expense* atau pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

(Aries Newton, p.186-187)

#### **4.7.4. Analisa Kelayakan**

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak maka dilakukan analisa kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

a. *Percent Return of Investment (ROI)*

ROI adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan atas kecepatan pengembalian modal tetap yang telah diinvestasikan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{FixedCapital}} \times 100\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

POT adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperluakn untuk kembalinya *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT = \frac{\text{FixedCapitalInvestment}}{(\text{KeuntunganTahunan} + \text{Depresiasi})}$$

c. *Break Event Point (BEP)*

BEP adalah titik impas dimana harga penjualan sama dengan *total cost* (tidak mempunyai keuntungan).

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

Dalam hal ini :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

$V_a$  : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

$S_a$  : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

d. *Shut Down Point (SDP)*

SDP adalah persentase minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam satu tahun, sehingga dapat dipahami bahwa apabila pabrik tidak mampu mencapai persentase minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus di-*shut down*.

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(S_a - V_a - 0,7Ra)} \times 100\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan *Discounted Cash Flow* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun selama umur ekonomi. *Rate of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada pabrik selama umur pabrik.



#### 4.7.5. Hasil Perhitungan

**Tabel 4.7.5(a) Fixed Capital Investment**

*Physical Plant Cost (PPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	22,989,528,424.94	1,512,468.98
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	5,747,382,106.24	378,117.24
3	Instalasi cost	5,161,149,131.40	339,549.28
4	Pemipaan	4,142,425,653.07	272,528.00
5	Instrumentasi	2,763,053,947.57	181,779.86
6	Insulasi	854,923,088.30	56,244.94
7	Listrik	2,298,952,842.49	151,246.90
8	Bangunan	9,900,000,000.00	651,315.79
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	171,900,000,000.00	11,309,210.53
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		225,757,415,194.02	14,852,461.53

*Direct Plant Cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	45,151,483,038.80	2,970,492.31
<i>Total (DPC + PPC)</i>		270,908,898,232.82	17,822,953.83

*Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	270,908,898,232.82	17,822,953.83
2	Kontraktor	13,545,444,911.64	891,147.69
3	Biaya tak terduga	27,090,889,823.28	1,782,295.38
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		311,545,232,967.75	20,496,396.91

**Tabel 4.7.5(b) Working Capital Investment**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	29,443,351,073.37	1,937,062.57
2	<i>In Process Inventory</i>	354,943,885.01	23,351.57
3	<i>Product Inventory</i>	4,969,214,390.13	326,922.00
4	<i>Extended Credit</i>	6,978,923,772.83	459,139.72
5	<i>Available Cash</i>	21,296,633,100.56	1,401,094.28
<i>Working Capital (WC)</i>		63,043,066,221.89	4,147,570.15

**Tabel 4.7.5(c) Total Capital Investment**

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Fixed Capital Investment</i>	311,545,232,967.75	20,496,396.91
2	<i>Working Capital</i>	63,043,066,221.89	4,147,570.15
Jumlah		374,588,299,189.64	24,643,967.05

**Tabel 4.7.5(d) Manufacturing Cost***Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	107,958,953,935.69	7,102,562.76
2	<i>Labor</i>	23,118,000,000.00	1,520,921.05
3	<i>Supervision</i>	2,311,800,000.00	152,092.11
4	<i>Maintenance</i>	6,230,904,659.35	409,927.94
5	<i>Plant Supplies</i>	934,635,698.90	61,489.19
6	<i>Royalty and Patents</i>	3,290,064,064.33	216,451.58
7	<i>Utilities</i>	20,048,009,799.72	1,318,948.01
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		163,892,368,158.00	10,782,392.64

*Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3,467,700,000.00	228,138.16
2	<i>Laboratory</i>	2,311,800,000.00	152,092.11
3	<i>Plant Overhead</i>	13,870,800,000.00	912,552.63
4	<i>Packaging and Shipping</i>	16,450,320,321.66	1,082,257.92
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		36,100,620,321.66	2,375,040.81

*Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	24,923,618,637.42	1,639,711.75
2	<i>Property taxes</i>	6,230,904,659.35	409,927.94
3	<i>Insurance</i>	3,115,452,329.68	204,963.97
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		34,269,975,626.45	2,254,603.66

*Manufacturing Cost (MC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	163,892,368,158.00	10,782,392.64
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	36,100,620,321.66	2,375,040.81
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	34,269,975,626.45	2,254,603.66
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		234,262,964,106.12	15,412,037.11

**Tabel 4.7.5.(e) General Expense**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	7,027,888,923.18	462,361.11
2	<i>Sales expense</i>	11,713,148,205.31	770,601.86
3	<i>Research</i>	9,370,518,564.24	616,481.48
4	<i>Finance</i>	7,491,765,983.79	492,879.34
<i>General Expense (GE)</i>		35,603,321,676.53	2,342,323.79

**Tabel 4.7.6(f) Total Production Cost**

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	234,262,964,106.12	15,412,037.11
2	<i>General Expense (GE)</i>	35,603,321,676.53	2,342,323.79
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		269,866,285,782.65	17,754,360.90

## a. Keuntungan

Harga Jual = Rp 329,006,406,433.24

*Total Cost* = Rp 269,866,285,783.60

Keuntungan sebelum pajak = Rp 59,140,120,651.64

Keuntungan sesudah pajak = Rp 44,355,090,488

Keuntungan setelah pajak + Zakat (2.5 %) = Rp 43,246,213,225.75

## b. Analisa Kelayakan Ekonomi

a) *Percent Return of Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{Keuntungan}{FixedCapital} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 18,98 %

ROI setelah pajak = 14,24 %

b) *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{FCI}{Keuntungan + Depresiasi} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 3,7 Tahun

POT setelah pajak = 4,5 Tahun

c) *Break Event Point (BEP)*

**Tabel 4.7.5(g) Fixed Cost (Fa)**

*Fixed Cost (Fa)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	24,923,618,637.42	1,639,711.75
2	<i>Property taxes</i>	6,230,904,659.35	409,927.94
3	<i>Insurance</i>	3,115,452,329.68	204,963.97
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		34,269,975,626.45	2,254,603.66

**Tabel 4.7.5(h) Variable Cost (Va)***Variable Cost (Va)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	107,958,953,935.69	7,102,562.76
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	16,450,320,321.66	1,082,257.92
3	<i>Utilities</i>	20,048,009,799.72	1,318,948.01
4	<i>Royalties and Patents</i>	3,290,064,064.33	216,451.58
<i>Variable Cost (Va)</i>		147,747,348,121.41	9,720,220.27

**Tabel 4.7.5(i) Regulated Cost (Ra)***Regulated Cost (Ra)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	23,118,000,000.00	1,520,921.05
2	<i>Plant overhead</i>	13,870,800,000.00	912,552.63
3	<i>Payroll overhead</i>	3,467,700,000.00	228,138.16
4	<i>Supervision</i>	2,311,800,000.00	152,092.11
5	<i>Laboratory</i>	2,311,800,000.00	152,092.11
6	<i>Administration</i>	7,027,888,923.18	462,361.11
7	<i>Finance</i>	7,491,765,983.79	492,879.34
8	<i>Sales expense</i>	11,713,148,205.31	770,601.86
9	<i>Research</i>	9,370,518,564.24	616,481.48
10	<i>Maintenance</i>	6,230,904,659.35	409,927.94
11	<i>Plant supplies</i>	934,635,698.90	61,489.19
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		87,848,962,034.79	5,779,536.98

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

- Fa = *Fixed Capital* pada produksi maksimum per tahun  
 Ra = *Regulated Expense* pada produksi maksimum  
 Sa = Penjualan maksimum pertahun  
 Va = *Variable Expense* pada produksi maksimum pertahun  
 BEP = 51 %

d) *Shut Down Point (SDP)*

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

$$= 22,01 \%$$

e) *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur pabrik = 10 Tahun

*Fixed Capital Investment* = Rp 311.545.232.968,74

*Working Capital (WC)* = Rp 63.545.232.968,78

*Salvage value (SV)* = 8 % x *Fixed Capital Investment*

$$= 0,08 \times \text{Rp } 311.545.232.968,74$$

$$= \text{Rp } 24,923,618,637$$

*Cash Flow (CF)* = *Annual profit* + *depresiasi* + *finance*

$$\text{Cash Flow (CF)} = \text{Rp } 51,848,496,183$$

*Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* dihitung secara trial dan error

$$(FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$$

Trial = 0,1101

Diperoleh Interest I = 11,01 %

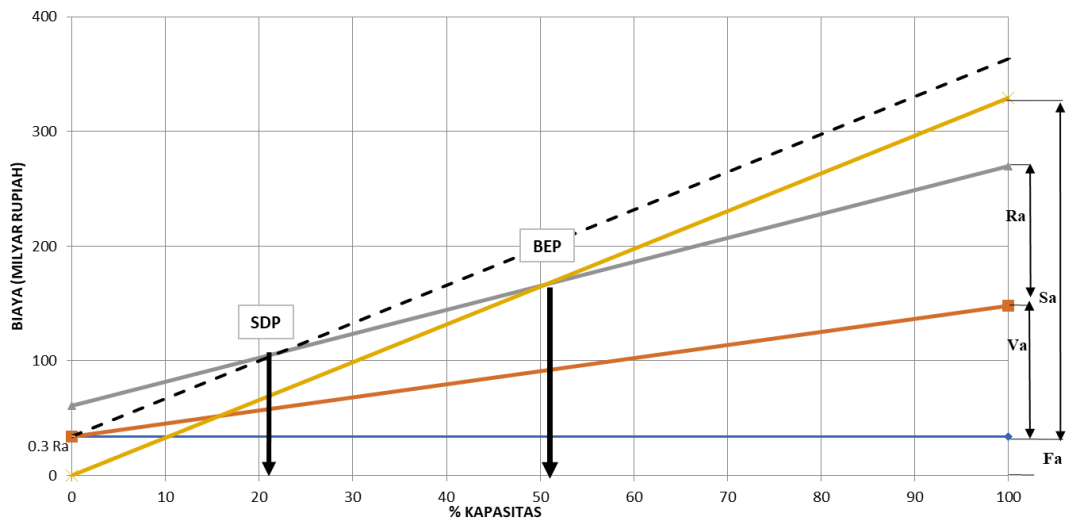
Suku bunga bank saat ini adalah sebesar 9.95 % (BNI).

**Tabel 4.7.5(j)** Tolak Ukur Standar Kelayakan

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	18,98%	ROI <i>before taxes</i>
ROI setelah pajak	14,24%	minimum <i>low</i> 11 %, <i>high</i> 44%
POT sebelum pajak	3.71	POT <i>before taxes</i>
POT setelah pajak	4,5	maksimum, <i>low</i> 2 yr, <i>high</i> 5 yr
BEP	50.62%	Berkisar 40 - 60%
SDP	22.01%	
DCF	11.01%	>1,5x bunga bank minimum = 14.93%

Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat grafik hubungan antara kapasitas produksi dengan biaya yang dijabarkan pada gambar Grafik Hubungan antara Biaya dan Kapasitas Produksi.





**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Biaya dengan Kapasitas Produksi

Keterangan :

Fa = *Annual Fixed Cost*

Va = *Annual Variable Cost*

Sa = *Annual Sales Cost*

Ra = *Annual Regulated Cost*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Pabrik kloroform dari aseton dan sodium hipoklorit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah, kondisi operasi yang digunakan pada kondisi lingkungan tetapi produk yang dihasilkan mudah menguap. Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

- a. Keuntungan yang diperoleh :

Sebelum pajak Rp 59.140.120.651

Sesudah pajak Rp 44.355.090.488

- b. *Return of Investment* (ROI) :

Sebelum pajak 18,98%

Sesudah pajak 14,24%

- c. *Pay Out Time* :

Sebelum pajak 3,71 Tahun

Sesudah pajak 4,50 Tahun

- d. *Break Event Point* (BEP) pada 50,62% kapasitas produksi dan *Shut Down Point* (SDP) pada 22.01% kapasitas produksi

- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 11.01% Suku bunga pinjaman dan suku bunga bank saat ini sebesar 9.95 % (BNI)

Dari data hasil analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik kloroform dari aseton dan sodium hipoklorit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji dan didirikan.

## **5.2. Saran**

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk biometana dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Amonette JE, PM Jeffers, O Qafoku, CK Russell, TW Wietsma, and MJ Truex. 2009. "Carbon Tetrachloride and Chloroform Attenuation Parameter Studies: Heterogeneous Hydrolytic Reactions". PNNL-18735, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
- Anonim, Badan Pusat Statistik, 2011, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia", Jakarta.
- Aries, R. S. And Newton, R. D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Brown, G. G., et. al, 1978, "*Unit Operation*", Modern Asia Edition, John Willey and Sons, Tokyo.
- Brownell, I. E. and Young, E. H., 1979, "*Process Equipment Design*", 1st e.d., Willey Eastern, Ltd, New Delhi.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1983, "*Chemical Engineering*", Vol. 6., Pergamon Press, Oxford.
- Donald, E.G., 1989, "Chemical Engineering Economics", Van Nostrand, New York.
- Foust, A. S., 1980, "*Principles of Unit Operation*", 2nd, New York: John Willey and sons, Faith.

- Goliath, 2011. [http://goliath.ecnext.com/coms2/gi\\_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html](http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html) (diakses 8 Februari 2012)
- Holman, J. P., 1986, "*Heat Transfer*", 6th. ed., Mc Graw-Hill Book Company, London.
- Kern, 1983, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw-Hill International Book Company.
- Ketta, Mc. J.J. and Cunningham, W.A., 1992, "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", Vol. 40, Marcel Decker, Inc., New York
- Keyes, F., and Clark, R.S., 1959, "Industrial Chemistry", 4 th edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F., 1978, "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*", Vol. 11, 23., John Willey and sons, New York.
- Levenspiel, O., 1972, "Chemical Reaction Engineering", 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Ludwig, E. E., 1954, "*Applied Process Design for Chemical and introchemical Plats*", Vol. 1, 2, 3., Gulf Publishing Company Houston, Texas.
- Perry, R. H., and Green, D., 1984, "*Perrys Engineering Handbook*", 6th ed., Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Peter, M. S., and Timmerhouse, K. D., 1980, "*Plant Design & Economical for Chemical Engineering*", 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.

- Severn, W.H., Degler, H.E., and Miles, J.C., 1954, "Steam, Air and Gas Power", 5th ed., John Wiley and Sons inc., New York.
- Sheve, R. N., 1956, "*The Chemical Process Industry*", Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1996, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", Prentice Hall, Englewood Cliffs., New Jersey.
- Treybal, R. E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- Ulrich, G. D., 1984, "*A Guide Chemical Engineering Process Design and Economics*", 4th ed., Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Yaws, C.L., 1999, "Thermodynamic and Physical Properties Data", Mc Graw Hill Book Co., Singapore.

## LAMPIRAN A

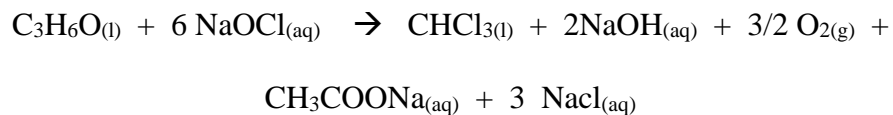
### PERHITUNGAN REAKTOR

#### Reaktor Alir Tangki Berpengaduk ( RATB )

Fungsi : Mereaksikan aseton sebanyak 619,8488 kg/jam dengan natrium hipoklorit sebanyak 4.771,6179 kg/jam untuk menghasilkan kloroform sebanyak 1.262,6262 kg/jam.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk ( RATB )

Persamaan reaksi :



Kondisi operasi :

Suhu : 61,2 °C – 85 °C, dipilih suhu pada 65°C suhu optimum karena kecepatan reaksi dan konversi yang tinggi.

Tekanan : 2 atm, karena reaksi berada pada fase cair maka tekanan harus dikondisikan tetap diatas tekanan uap larutan tertinggi campuran.

Waktu tinggal : minimal 1 menit, namun sebaiknya 5-10 menit.

Konversi : 99%

("Canadian Patent", Juni 1981)

### A. Data-data

#### 1. Neraca Massa

##### Reaktor 1 (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	4	5	6	8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	619,8495		53,0510	
NaOCl		4.771,6231	408,3888	
CHCl <sub>3</sub>			1.166,2254	
NaOH			781,4628	
NaCl			1.712,7043	
CH <sub>3</sub> COONa			801,3946	
O <sub>2</sub>				468,2457
H <sub>2</sub> O	1,9441	1.732,1760	1.734,1202	
<b>Total</b>	<b>7.125,5927</b>		<b>7.125,5927</b>	

##### Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	6		7	9
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	53,0510		13,9363	
NaOCl	408,3888		107,2823	
CHCl <sub>3</sub>	1.166,2254		1.246,7065	
NaOH	781,4628		835,3915	
NaCl	1.712,7043		1.830,8979	
CH <sub>3</sub> COONa	801,3946		856,6987	
O <sub>2</sub>				32,3136
H <sub>2</sub> O	1.734,1202		1.734,1202	
<b>Total</b>	<b>6.657,3471</b>		<b>6.657,3471</b>	

##### Reaktor 3 (R-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	7		12	10
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	13,9363		6,1992	



Tabel R-03 :.....Lanjutan

NaOCl	107,2823	47,7213	
CHCl <sub>3</sub>	1.246,7065	1.262,6263	
NaOH	835,3915	846,0590	
NaCl	1.830,8979	1.854,2774	
CH <sub>3</sub> COONa	856,6987	867,6383	
O <sub>2</sub>			6,3919
H <sub>2</sub> O	1.734,1202	1.734,1202	
<b>Total</b>	<b>6.625,0335</b>	<b>6.625,0335</b>	

## 2. Neraca Panas

**Reaktor 1 (R-01)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	56.151,2422	4.805,814771
NaOCl	424.576,0956	36.338,18223
CHCl <sub>3</sub>	0	45.085,90854
NaOH	0	68.042,0311
NaCl	0	100.122,4977
CH <sub>3</sub> COONa	0	40.462,64843
O <sub>2</sub>	0	437.281,2312
H <sub>2</sub> O	289.706,2139	289.706,2139
Reaksi pembentukan		-5.555.347,615
Pendingin		5.303.936,639
<b>Total</b>	<b>770.433,5517</b>	<b>770.433,5517</b>

**Reaktor 2 (R-02)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	4.805,8147	1.262,4709
NaOCl	36.338,1822	9.545,9152
CHCl <sub>3</sub>	45.085,9085	48.197,2834
NaOH	68.042,0311	72.737,6061
NaCl	100.122,4977	107.031,9432
CH <sub>3</sub> COONa	40.462,6484	43.254,9725
O <sub>2</sub>	437.281,2312	467.457,9736

Tabel R-02 :.....Lanjutan

H <sub>2</sub> O	289.706,2139	289.706,2139
Reaksi pembentukan		-383.374,0889
Pendingin		366.024,2378
<b>Total</b>	<b>1.021.844,528</b>	<b>1.021.844,528</b>

**Reaktor 3 (R-03)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	1.262,4709	561,5722
NaOCl	9545,9152	4.246,2129
CHCl <sub>3</sub>	48.197,2834	48.812,7356
NaOH	72.737,6061	73.666,4245
NaCl	107.031,9432	108.398,6810
CH <sub>3</sub> COONa	43.254,9725	43.807,3142
O <sub>2</sub>	467.457,9736	473.427,1493
H <sub>2</sub> O	289.706,2139	289.706,2139
Reaksi pembentukan		-75.834,1406
Pendingin		72.402,2158
<b>Total</b>	<b>1.039.194,379</b>	<b>1.039.194,379</b>

## 3. Entalpi Pembentukan masing-masing komponen

Komponen	Hfo 298 K (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-217,57
NaOCl	-347,3
CHCl <sub>3</sub>	-101,25
NaOH	-425,6
NaCl	-411,2
CH <sub>3</sub> COONa	-683,99
O <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub> O	-241,8

#### 4. Kapasitas Panas Masing-masing Komponen

Komponen	CP @65°C (Joule/mol,K)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	9,2618E+02
NaOCl	4,5409E+02
CHCl <sub>3</sub>	1,4839E+03
NaOH	5,7549E+02
NaCl	8,2223E+02
CH <sub>3</sub> COONa	1,12E+02
O <sub>2</sub>	1,0578E+04
H <sub>2</sub> O	0,0000E+00

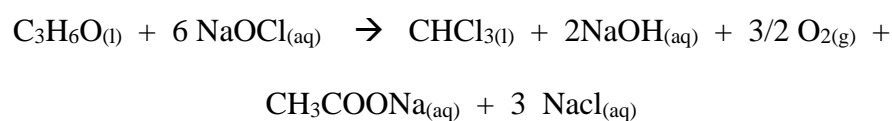
#### 5. Densitas dan Viskositas Masing-masing Kompoen

Komponen	Densitas @65°C (g/cm <sup>3</sup> )	Viskositas @65°C (cp)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,3176	2,2288E-01
NaOCl	1,0620	1,0220E+00
CHCl <sub>3</sub>	0,5766	3,8037E-01
NaOH	0,3357	5,6087E+02
NaCl	0,4726	1,7808E+02
CH <sub>3</sub> COONa	1,5300	6,1800E-01
O <sub>2</sub>	0,2826	1,3456E-08
H <sub>2</sub> O	0,4142	4,3369E-01

### B. Uraian Proses

Reaksi antara acetone (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O) dan sodium hypochlorite (NaOCl) terjadi dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Pengadukan dalam reaktor dimaksudkan agar reaksi berlangsung secara sempurna. Reaktor bekerja secara kontinyu pada suhu 65°C dan tekanan 2 atm, Digunakan 3 buah reaktor.

Reaksi yang terjadi merupakan perbandingan mol reaktan :



Reaksi diatas adalah reaksi eksotermis, oleh sebab itu digunakan jaket pendingin untuk menjaga suhu agar tetap stabil pada 65°C. Sebagai pendingin dipakai air yang masuk pada suhu 30°C dan keluar pada suhu 50°C. Hasil reaksi yang terbentuk dalam reaktor segera dipompa ke Decanter (DC-01) untuk dipisahkan. Konversi reaktor yaitu sebesar 99% dan untuk gas keluaran reaktor (O<sub>2</sub>) akan dialirkan langsung menuju tangki penyimpanan oksigen (TP-02) untuk dijual karena oksigen bernilai ekonomis yang tinggi. Oksigen yang keluar dari reaktor merupakan oksigen tanpa pengotor dari komponen lain, hal ini dapat di buktikan dengan perhitungan tekanan uap campuran di bawah :

Diketahui kondisi operasi :

Suhu : 61,2 °C – 85 °C, dipilih suhu pada 65°C suhu optimum karena kecepatan reaksi dan konversi yang tinggi.

Tekanan : 2 atm, karena reaksi berada pada fase cair maka tekanan harus dikondisikan tetap diatas tekanan uap larutan tertinggi campuran.

Tabel 1 *Vapor Pressure of Inorganic and Organic Liquids*

Name	Formula	BM	A	B	C	D	E
<i>Chloroform</i>	CHCl <sub>3</sub>	119.38	56.61	-3.24E+03	-1.87E+01	9.51E-03	1.15E-12
<i>Acetone</i>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58.02	28.58	-2.46E+03	-7.35E+00	2.80E-10	2.73E-06
air	H <sub>2</sub> O	18	29.86	-3.15E+03	-7.30E+00	2.42E-09	1.80E-06

(yaws)

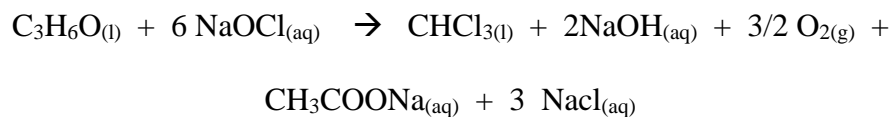
$$P_i = 10^{(A+B/T+C\log T+DT+ET^2)} \quad (P_i \text{ dalam mmHg dan } T \text{ dalam K})$$

Dengan cara trial and error di peroleh pada tekanan 2 atm, kloroform akan menguap pada suhu 83,44°C dan aseton menguap pada suhu 77,93 °C, maka

disimpulkan pada kondisi operasi 65 °C dan tekanan 2 atm, tidak ada komponen lain / pengotor yang ikut gas oksigen ke tangki penyimpanan.

### C. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ini ditujukan untuk mengetahui sifat suatu reaksi termasuk eksotermis atau endotermis dan juga arah reaksinya termasuk *reversible* atau *irreversible*. Suatu reaksi dapat ditentukan eksotermis atau endotermis dari perhitungan panas reaksi standar ( $\Delta H_f$ ). Adapun reaksi pembentukan kloroform ini adalah sebagai berikut :



Tabel 2. Data entalpi pembentukan masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H_f$ 298 K (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-217,57
NaOCl	-347,3
CHCl <sub>3</sub>	-101,25
NaOH	-425,6
NaCl	-411,2
CH <sub>3</sub> COONa	-683,99
O <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub> O	-241,8

Berdasarkan data  $\Delta H_f$  tersebut dapat dihitung besarnya panas reaksi standar ( $\Delta H_r$ ) pembentukan kloroform :

$$\Delta H_r = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_r = (\Delta H_f \text{CHCl}_3 + 2, \Delta H_f \text{NaOH} + \Delta H_f \text{CH}_3\text{COONa} + 3, \Delta H_f \text{NaCl}) - (6, \Delta H_f \text{NaOCl} + \Delta H_f \text{C}_3\text{H}_6\text{O})$$

Diperoleh nilai  $\Delta H_r$  -383374,089 kJ/jam, Karena harga  $\Delta H_r$  bernilai negatif, maka reaksi pembentukan kloroform tersebut bersifat eksotermis.

Untuk menentukan panas yg diambil dari reaktor untuk pendingin sebesar :



$\Delta H_1$  = laju panas masuk reaktor, kJ/jam

$$= \int_T^T n c_i d$$

$\Delta H_2$  = laju panas keluar reaktor, kJ/jam

$$= \int_T^T n c_i d$$

$\Delta H_r$  = laju panas reaksi, kJ/jam

$\Delta H_r$  = -383374,089 kJ/jam

$Q_c$  = Panas masuk - panas reaksi - panas keluar (reaksi eksoterm)

$$Q_c = 366024,238 \text{ kJ/jam}$$

Terdapat dua pilihan dalam mengambil panas dari reaktor, yaitu dengan menggunakan jaket atau menggunakan koil. Jika luas selimut reaktor lebih besar dibanding luas transfer panas yang diperlukan, maka digunakan jaket pendingin untuk menyerap panas reaktor. Sebaliknya, jika luas selimut reaktor lebih kecil dibanding luas transfer panasnya, maka digunakan koil sebagai pendingin reaktor.

Berikut perhitungan dalam menghitung luas transfer panas :

$$T_1 = T_2 = T_{\text{reaktor}} = 65 \text{ }^\circ\text{C} = 149 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$$

Didapatkan  $\Delta T \text{ LMTD} = 42,488^\circ\text{F}$

Dari tabel 8 Kern didapat nilai UD untuk water-medium organic yaitu antara 50-125 Btu/fr, Ft<sup>2</sup>,F dan dipilih UD sebesar 75, Maka:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

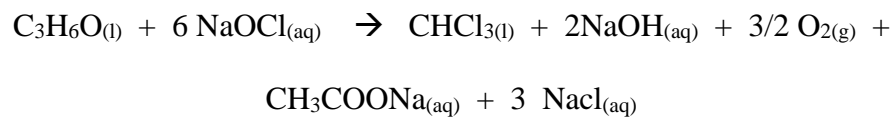
$$Q_c = 366024,238 \text{ kJ/jam}$$

$$A = 108,891 \text{ ft}^2$$

#### D. Kinetika Reaksi

Menghitung Konstanta Reaksi

Reaksi yang terjadi :



Reaksi orde 2

$$(-r_A) = k, C_A, C_B$$

$$C_A = C_{A0}, (1-X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - 1/6, C_{A0}, X_A$$

$$\text{Asumsi } C_{B0} = 1/6 C_{A0} \text{ (dari pers, Stokiometri)}$$

$$C_{B0} = 1/6 C_{A0} - 1/6, C_{A0}, X_A$$

$$= 1/6 C_{A0} (1-X_A)$$

Sehingga

$$(-r_A) = k, C_{A0} (1-X_A) \frac{1}{6} C_{A0} (1-X_A)$$

$$= \frac{1}{6}, k, C_{A0}^2 (1-X_A) (1-X_A)$$

$$= \frac{1}{6}, k, C_{A0}^2 (1-X_A)^2$$

$$-dC_A/dT = (-r_A)$$

$$C_{A0}, (dX_A/dT) = \frac{1}{6}, k, C_{A0}^2 (1-X_A)^2$$

$$dX_A/dT = \frac{1}{6}, k, C_{A0} (1-X_A)^2$$

$$dX_A/(1-X_A)^2 = \frac{1}{6}, k, C_{A0} Dt$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = \frac{1}{6}, k, C_{A0} \int_0^t dT$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = \frac{1}{6}, k, C_{A0}, t$$

Jika :

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2}$$

$$\text{Dimis } (1-X_A)^2 = U$$

$$dU = 2x (1-X_A), dX$$

$$dX = \frac{1}{2x(X_A-1)} dU$$

Maka

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = \int \frac{1}{U} x \frac{1}{2x(X_A-1)} dU$$



$$= \frac{1}{2(X_A-1)} \times \ln U$$

$$= \frac{1}{2(X_A-1)} \times \ln (1-X_A)^2$$

Sehingga :

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = \frac{1}{3} k, C_{A0}, t$$

$$\frac{1}{3} k, C_{A0}, t = \frac{1}{2(X_A-1)} \times \ln (1-X_A)^2$$

$$k = \frac{\frac{1}{2(X_A-1)} \ln(1-X_A)^2}{\frac{1}{3} C_{A0}, t}$$

$$k = \frac{3 \ln(1-X_A)^2}{(X_A-1) C_{A0}, t}$$

Tabel A,1, Hubungan antara Suhu Reaktor dan Jumlah Produk Pada Konsentrasi Umpan Yang Berbeda-beda

KONSENTRASI LAR, NaOCl (g/l)	SUHU (°C)	PRODUK CHCl <sub>3</sub>
30	43	15,9
40	48	21,2
50	52	26,5
60	56	31,8
70	61	37,8
80	65	42,4
90	69	44,7
100	74	53
110	78	58,3
120	83	63,6

(Canadian Patent)

Tabel A,2, Data hasil perhitungan nilai konstanta reaksi ( k )

CAO	T	1/T	T (K)	k	Ln K
30	43	0,003164557	316	552,6204223	6,314671369
40	48	0,003115265	321	414,4653167	6,026989296
50	52	0,003076923	325	331,5722534	5,803845745
60	56	0,003039514	329	276,3102112	5,621524188
70	61	0,002994012	334	236,8373239	5,467373508
80	65	0,00295858	338	207,2326584	5,333842116
90	69	0,002923977	342	184,2068074	5,21605908
100	74	0,002881844	347	165,7861267	5,110698564
110	78	0,002849003	351	150,7146606	5,015388384
120	83	0,002808989	356	138,1551056	4,928377007

**Dari grafik diperoleh harga k = 207,2326584**

### **MENENTUKAN JUMLAH REAKTOR**

Data :

Konsentrasi awal acetone ( $C_{A0}$ ) = 0,002949092 kgmol/lt

Konsentrasi awal kaporit ( $C_{B0}$ ) = 0,01179637 kgmol/L

Laju alir reaktan ( $F_v$ ) = 52,454,61968 lt/jam

Konstanta Reaksi (k) = 207,2326584 lt/kgmol,jam

Perbandingan Konsentrasi (m) = 6

Reaktor yang digunakan adalah RATB,

Jika digunakan i buah reaktor.

Naraca massa komponen A :

$$R \text{ input} - R \text{ output} - R \text{ reaksi} = \text{Accumulasi}$$

$$F_v C_{Ai-1} - F_v C_{Ai} - r_A V = 0$$

$$F_V (C_{Ai-1} - C_{Ai}) = -r_A V$$

$$\frac{(C_{Ai-1}) - (C_{Ai})}{r_A} = \frac{V}{F_V}$$

Dimana :  $\frac{V}{F_V} = \theta$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{(C_{Ai-1} - C_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(1 - X_{Ai-1}) - C_{AO}(1 - X_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{(C_{AO} - C_{AO} X_{Ai-1}) - (C_{AO} + C_{AO} X_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO} X_{Ai} - C_{AO} X_{Ai-1}}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{k, C_{AO}^2((1 - X_{Ai})(m - X_{Ai}))} \end{aligned}$$

$$\theta = \frac{(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{k[X_{Ai}^2 - (m + 1) X_{Ai} + m] C_{AO}}$$

Volume cairan dalam reaktor :

$$V = \frac{6 \cdot F_V \cdot C_{A0} \cdot X_A}{K \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - X_A)^2}$$

### Optimasi Reaktor

1 buah reaktor :

$$V_1 = \frac{6 \cdot F_V \cdot C_{A0} \cdot X_{A1}}{K \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - X_{A1})^2}$$

2 buah reaktor :

$$V_2 = \frac{6 \cdot F_V \cdot (X_{A2} - X_{A1})}{K \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - X_{A2})^2}$$

3 buah reaktor

$$V_3 = \frac{6 \cdot F_V \cdot (X_{A3} - X_{A2})}{K \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - X_{A3})^2}$$

Dst,

Hasil Optimasi Jumlah Reaktor

n	X <sub>a1</sub>	X <sub>a2</sub>	X <sub>a3</sub>	X <sub>a4</sub>	X <sub>a5</sub>	V (m <sup>3</sup> )	Waktu Tinggal (jam)
1	0,990					159,87	22,56
2	0,951	0,990				53,38	7,53
3	0,914	0,978	0,990			16,98	2,40
4	0,884	0,965	0,983	0,990		9,01	1,27
5	0,858	0,953	0,977	0,985	0,990	5,81	0,82

### Menentukan Jumlah Reaktor

Optimasi Harga Reaktor

Metode Six-Tenths Factor

$$CostA = CostB \left( \frac{SizeA}{SizeB} \right)^{0,6} \quad (\text{Brownell \& Young, page17})$$

Kondisi Operasi :

Tekanan operasi = 2 atm = 29,4 lb/in<sup>2</sup>

Dipilih Bahan Stainless Steel, 50 lb/in<sup>2</sup> (Timmerhaus, page 538)

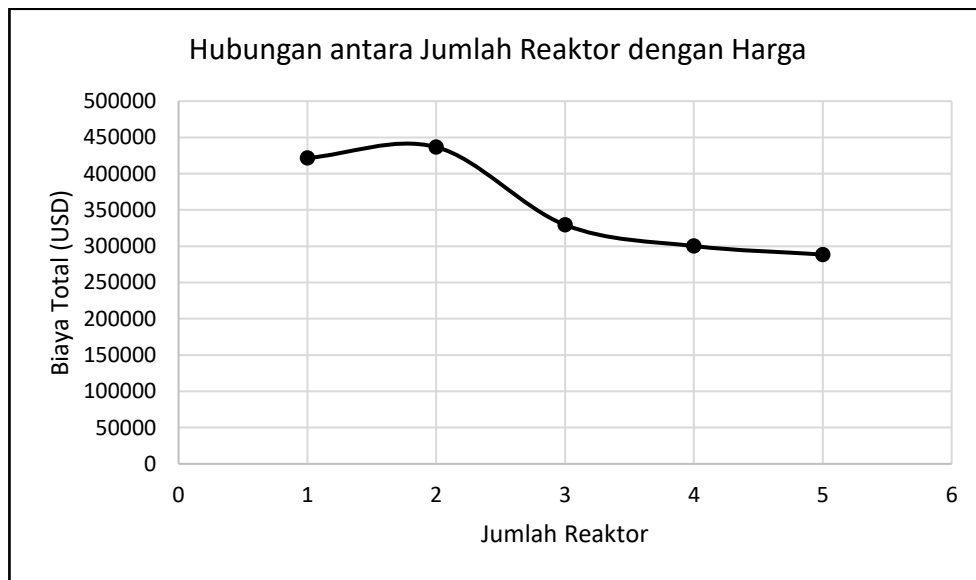
Basis Harga pada volume 3000 gallon = 40000 \$ (Timmerhaus, page 731)

Diperoleh optimasi harga reaktor

Vshell (ft <sup>3</sup> )	Vshell (Gallon)	Jumlah Reaktor	Biaya Total (USD)
6,774,85	50,679,41	1	421,656,61
2,261,98	16,920,81	2	436,659,20

Tabel 2.1 :.....Lanjutan

719,57	5,382,77	3	329,446,55
381,71	2,855,36	4	300,273,09
246,30	1,842,48	5	288,583,44



Diperoleh kesimpulan bahwa :

Pertimbangan Volume

$$V1 > V2 > V3 > V4 > V5$$

Pertimbangan harga

$$1 \text{ Reaktor} > 2 \text{ Reaktor} > 3 \text{ Reaktor} > 4 \text{ Reaktor} > 5 \text{ Reaktor}$$

Disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah reaktor maka semakin kecil harga dan volume reaktor. Karena itu, ditetapkan untuk menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) sebanyak 3 buah disusun seri, didasarkan dari pertimbangan harganya yang paling ekonomis dan juga waktu tinggalnya yang tidak terlalu tinggi.

### Dimensi Reaktor

Bahan untuk RATB dipilih Stainless Steel SA 283 Grade C (Brownell and Young, table 13-1 ; p,251)

f = maximum allowable stress = 12,650 psi

C = Corrosion factor = 0,125 in

E = Welded Joint Efficiency = 0,85

Jenis sambungan = "*Single Welded Butt Joint with Backing Strip*"

( Brownell and Young, p,254 Table 13-2 )

### Menentukan Tinggi Dan Diameter Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor} &= 5,382,77 \text{ gallon} \times \frac{1}{0,2642} \text{ lt/gallon} \\ &= 20,373,86 \text{ lt} \end{aligned}$$

Over design 20%, jadi :

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor} &= 1,2 \times 20,373,86 \text{ lt} \\ &= 24,448,64 \text{ lt} \\ &= 1,243,418,8 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

Rasio tinggi : diameter = 1 : 1

( H : D = 1 : 1 ), (Brownell p,43 tabel 3,3)

Volume shell dihitung berdasarkan persamaan :

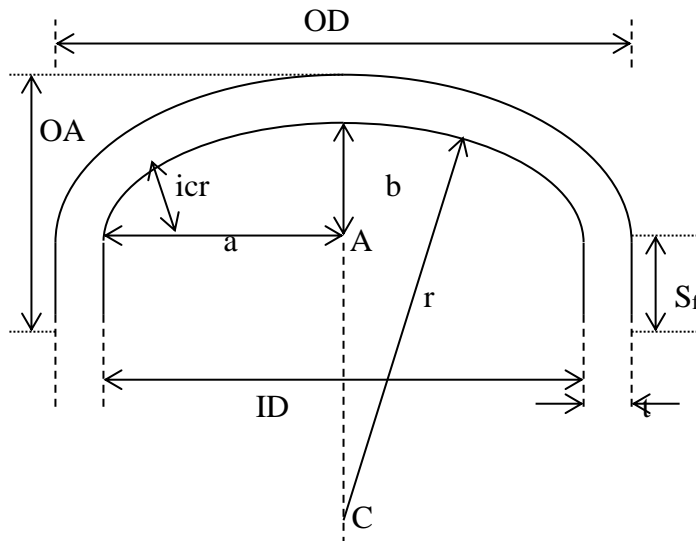
$$\begin{aligned} V_{\text{shell}} &= \frac{\pi D^2 H}{4} && \text{(Brownell p,43 tabel 3,3)} \\ &= \frac{\pi D^2 H}{4} \\ D &= \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{shell}}}{\pi}} \end{aligned}$$



Dimana : D = Diameter, inch

VH = Volume head, ft<sup>3</sup>

Gambar :



1. Menghitung tebal head minimum

$$w = \frac{1}{4} x \left( 3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right) \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal, 258})$$

Diketahui ukuran tangki standar

$$rc = 120 \quad \text{in}$$

$$irc = 7,2 \quad \text{in}$$

Maka diperoleh,  $w = 1,77 \text{ in}$

2. Menentukan tebal head

Dipilih bentuk head “Torispherical flanged & dished head” (Brownell and Young, p,85)

Tebal head dihitung dengan persamaan 13-12 Brownell and Young p,258

$$th = \frac{P,rc,w}{2,f,E-0,2P} + C \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal, 258})$$

$$th = 0,47 \text{ in}$$



= 0,5 in (tebal standar)

Untuk  $t_h = 0,47$  in, dari Tabel 5,8 (Brownell and Young, 1959)

Direkomendasikan nilai  $s_f = 2,5$  in

### 3. Menentukan Tinggi Dish (b)

$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{D}{2} - irc\right)^2}$$

(Brownell and Young, 1959, hal, 87)

Diperoleh nilai b = 20,32 in  
 = 1,69 ft  
 = 0,52 m

### 4. Tinggi Head (OA)

OA =  $t_h + b + s_f$  (Brownell and Young, 1959, hal, 87)

Maka diperoleh,

OA = 23,32 in  
 = 1,94 ft  
 = 0,59 m

### Menentukan Tinggi Total Tangki

H<sub>total</sub> = H<sub>shell</sub> + H<sub>head</sub>

H total = 13,89 ft  
 = 166,64 in  
 = 4,23 m

Maka tinggi total reaktor adalah 4,23 m.

### Menentukan Volume Reaktor Toltal

Volume dish = 0,000049 ID<sup>3</sup> (Brownell & Young P, 88 fig, 5, 11)

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^3 \frac{sf}{144}$$

$$V_{head} = 2(V_{dish} + V_{sf})$$

Maka diperoleh :

$$V \text{ shell design} = 1356480 \text{ in}^3$$

$$V \text{ dish} = 84,67 \text{ in}^3$$

$$V \text{ sf} = 196,25 \text{ in}^3$$

$$V \text{ head} = 561,84 \text{ in}^3$$

Didapat :

$$V \text{ reaktor} = V \text{ head} + V \text{ shell design}$$

$$V \text{ reaktor} = 1,357,041,84 \text{ in}^3$$

### **Waktu tinggal masing-masing reactor :**

Setiap reaktor mempunyai volume yang sama, maka :

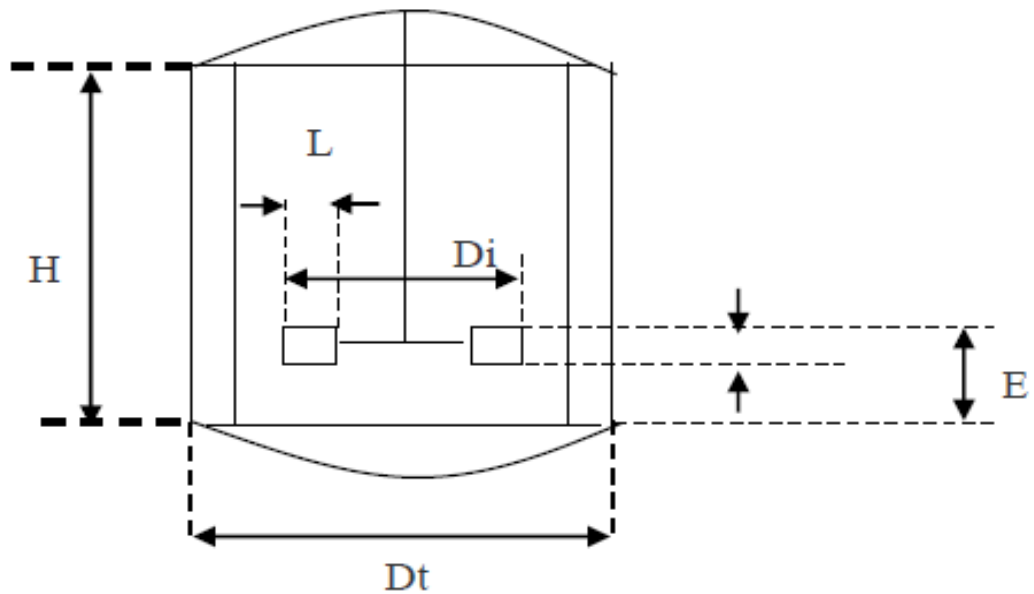
$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$$

$$\theta = V / FV$$

$$= 16,98 \text{ m}^3 / 7,09 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2,40 \text{ jam}$$

### **PENGADUK REAKTOR**



Jenis pengaduk yang dipilih yaitu marine propeller with 3 blades and pitch  $2 D_i$ , dengan alasan cocok untuk cairan dengan viskositas mencapai 4000 cP,

Data pengaduk :

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p,507

Ukuran pengaduk

$$\begin{aligned} \text{Diameter pengaduk } (D_i) &= ID/3 &&= 1,01 \text{ m} \\ &&&= 39,88 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi pengaduk } (W) &= D_i/5 &&= 0,20 \text{ m} \\ &&&= 7,98 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar pengaduk } (L) &= D_i/4 &&= 0,25 \text{ m} \\ &&&= 9,97 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar baffle } (B) &= ID/12 &&= 0,25 \text{ m} \\ &&&= 9,97 \text{ in} \end{aligned}$$

Jarak pengaduk dengan dasar tangki ( $E$ ) =  $D_i (0,75-1,3)$  dipilih 1

$$\begin{aligned}
 &= 1,01 \text{ m} \\
 &= 39,88 \text{ in} \\
 \text{Tinggi Cairan (ZL)} \quad ZL &= \frac{4, Vr}{\pi, Di^2} \\
 &= 2,79 \text{ m} \\
 &= 110 \text{ in}
 \end{aligned}$$

**Menentukan jumlah pengaduk, kecepatan putaran dan power pengadukan**

### 1. Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}, WELH = Z_L \times Sg \quad \text{Eq, 8-8, P345 Rase, 1977}$$

Diketahui :

$$\rho_{\text{cairan}} = 1,005,65 \text{ kg/m}^3$$

$$= 62,78 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Densitas air pada suhu } 4^\circ\text{C} = 998,71 \text{ kg/m}^3$$

$$Sg \text{ (Specific Gravity)} = \rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}}$$

$$Sg = 1,0056$$

WELH (Water Equivalent Liquid Height)

$$WELH = Z_L \times Sg$$

$$WELH = 2,81 \text{ m}$$

$$= 9,11 \text{ ft}$$

Maka diperoleh :

$$N = 67,33 \text{ rpm} \sim 68 \text{ rpm} \quad (\text{Wallas, P288})$$

### 2. Jumlah pengaduk

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{WELH}{ID} \quad (\text{Wallas, P288})$$

Jumlah pengaduk = 0,91 ~ 1 buah

### 3. Power pengaduk (P)

$$P = \frac{P_o \rho N^3 D_i^5}{g_c}$$

Diketahui :

$$g_c = 32,2 \text{ ft/s}^2 \quad (\text{Mc,Cabe,P,253(9-23)})$$

Viskositas campuran (mcampuran)

$$\begin{aligned} \mu \text{ campuran} &= 0,81 \text{ cP} \\ &= 0,0005 \text{ lb/s,ft} \\ P &= 117,46 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{\rho \cdot n \cdot D_i^2}{\mu} \quad (\text{Brown, p,508}) \\ &= 1,444,548,79 \end{aligned}$$

Power number (Po) yang didapat dari Fig, 477 Brown = 1

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} P &= 1,117,04 \text{ lb,ft/s} \\ &= 2,03 \text{ HP} \end{aligned}$$

Diambil efisiensi motor pengaduk  $\eta = 90 \%$  sehingga:

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \frac{P}{\eta} \\ &= 2,26 \text{ HP} \end{aligned}$$

Dipakai daya motor listrik standar sebesar 3 HP,

**MENENTUKAN KOIL/JAKET PENDINGIN**

Karena reaksi bersifat eksotermis, maka digunakan pendingin untuk menyerap beban panas yang terjadi selama reaksi, Jenis pendingin bisa berupa coil atau jaket. Menentukan penggunaan coil atau jaket dilihat dari nilai luas selimut reaktor dan luas transfer panasnya. Jika luas selimut reaktor lebih besar dari luas transfer panasnya, maka digunakan jaket. Sebaliknya, jika luas selimut reaktor lebih kecil dari luas transfer panasnya maka digunakan coil.

**Menghitung luas selimut reaktor:**

$$\text{Luas selimut} = \pi \times D_o \times H$$

$$D_o = \textit{outside diameter} \text{ reaktor}$$

$$= 120 \text{ in}$$

$$= 10 \text{ ft}$$

$$H = \text{tinggi reaktor}$$

$$= 120 \text{ in}$$

$$= 10 \text{ ft}$$

$$\text{Luas selimut} = 3,14 \times 10 \text{ ft} \times 10 \text{ ft}$$

$$= 314 \text{ ft}^2$$

**Menghitung luas transfer panas:**

$$T_1 = T_2 = T \text{ reaktor} = 65^\circ\text{C} = 149^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$$

$t_1$  = suhu masuk air pendingin

$t_2$  = suhu keluar air pendingin

Didapatkan  $\Delta T \text{ LMTD} = 42,49^\circ\text{F}$

Dari tabel 8 Kern didapat nilai UD untuk *water-medium organic* yaitu antara 50-125 Btu/fr, Ft<sup>2</sup>,F, dan dipilih UD sebesar 75, Maka:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$Q_c = 366,024,24 \text{ kJ/jam}$$

$$A = 108,89 \text{ ft}^2 < 314 \text{ ft}^2$$

Karena luas selimut reaktor lebih besar dari luas transfer panasnya, maka digunakan jaket sebagai pendingin reaktor,

## **DESAIN JAKET PENDINGIN REAKTOR**

### **Menghitung Diameter Jaket:**

$$\text{ID jaket} = \text{OD shell} + 2\text{TJ}$$

$$\text{OD shell} = 120 \text{ in}$$

TJ = jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket

$$= 2 \text{ in}$$

$$\text{OD jaket} = 124 \text{ in}$$

### **Menghitung tebal jaket:**

$$P \text{ operasi} = 2 \text{ atm}$$

$$= 29,4 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = 1,2 \times P \text{ operasi}$$

$$= 35,28 \text{ psi}$$

$$t_s = P \times r_i / (f \times E - 0,6P) + C \quad (\text{pers, 13-12, Brownell \& Young})$$

$t_s$  = tebal dinding shell

$$P = \text{tekanan desain} = 35,28 \text{ psi}$$

$$r_i = \text{jari-jari} = ID/2 = 62 \text{ in}$$

$$E = \text{efisiensi pengelasan} = 0,85$$

$$f = \text{tekanan maksimum yang diizinkan} = 12,650 \text{ psi}$$

$$C = \text{faktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

Maka didapat:

$$t_s = 0,33 \text{ in}$$

Diambil tebal standar sebesar  $3/8$  in atau 0,375 in,

$$OD \text{ jaket} = ID + 2t_s = 124,75 \text{ in}$$

$$OD \text{ jaket standar} = 126 \text{ in}$$

$$ID \text{ jaket standar} = OD \text{ standar} - 2t_s = 125,25 \text{ in}$$

### **Desain Head Jaket:**

Menghitung tebal head minimum

$$w = \frac{1}{4} x \left( 3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right)$$

(Brownell & Young, 1959, hal, 258)

Ukuran tangki standar:

$$rc = 126 \text{ in}$$

$$irc = 7,56 \text{ in}$$

$$w = 1,77 \text{ in}$$

Menentukan tebal head

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C$$

(Brownell & Young, 1959, hal, 258)

$$t_h = 0,49 \text{ in}$$

Diambil tebal standar  $1/2$  in atau 0,5 in,



Dari table 5,8 Brownell & Young, 1959, untuk nilai th 0,5 in direkomendasikan nilai sf sebesar 2,5 in,

$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{D}{2} - irc\right)^2} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, hal, 87})$$

$$b = 21,34 \text{ in}$$

Tinggi head (OA)

$$\begin{aligned} \text{OA} &= th + b + sf && (\text{Brownell \& Young, 1959, hal, 87}) \\ &= 24,34 \text{ in} \end{aligned}$$

**Tinggi Total Jacket:**

$$H \text{ total} = H \text{ cairan} + H \text{ head}$$

$$H \text{ cairan} = 110 \text{ in}$$

$$H \text{ head} = 24,34 \text{ in}$$

$$H \text{ total} = 134,34 \text{ in}$$

**Menghitung Luas Permukaan Transfer Panas Jacket**

$$De = OD + OD/42 + 2sf + (2/3)icr$$

$$OD = 126 \text{ in}$$

$$sf = 2,5 \text{ in}$$

$$icr = 7,56 \text{ in}$$

$$De = 139,04 \text{ in}$$

$$De \text{ (tanpa tebal)} = 138,54 \text{ in}$$

$$A \text{ total jacket} = A \text{ shell} + A \text{ head}$$

$$A \text{ shell} = \pi \times OD \times H$$

$$= 53,148,20 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{head}} = 2 \times \pi/4 \times D_e^2$$

$$= 30,351,43 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{total}} = 83,499,63 \text{ in}^2$$

Tanpa tebal

$$A_{\text{shell}} = 52,990,02 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{head}} = 30,132,21 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{total}} = 83,122,23 \text{ in}^2$$

Luas yang dialiri fluida = A total – A total tanpa tebal

$$= 377,40 \text{ in}^2$$

### Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jaket

$$\frac{h_i D_i}{k} = 0,36 \left( \frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left( \frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

(pers, 20,1 Kern, 1965)

$h_i$  = koefisien perpindahan panas

$D_i$  = diameter reaktor = 10 ft

$\rho$  = densitas campuran = 46,73 lb/ft<sup>3</sup>

$C_p$  = kapasitas panas larutan = 0,79 BTU/lb,°F

$L$  = lebar pengaduk = 0,83 ft

$N$  = kecepatan pengaduk = 4080 rph

$k$  = konduktivitas larutan = 0,9 BTU/hr,ft,°F

$\mu_w$  = viskositas larutan = 158,2 lb/ft,hr

$\mu$  = viskositas campuran = 1,96 lb/ft,hr

Didapat:

$$h_i = 34,62 \text{ BTU/hr,ft}^2,^\circ\text{F}$$

Menghitung  $h_{i0}$ :

$$\boxed{h_{i0} = h_i \frac{ID}{OD}} \quad (\text{pers, 6,5 Kern, 1965})$$

ID = diameter dalam reaktor = 10,44 ft

OD = diameter luar jaket = 10,5 ft

$$h_{i0} = 34,41 \text{ BTU/hr,ft}^2,^\circ\text{F}$$

Menghitung  $h_o$ :

$$h_o = 150(1 + 0.011T_{c,avg}) \frac{v_c^{0.8}}{D_e^{0.2}}$$

$$h_o = 245 \text{ BTU/hr,ft}^2,^\circ\text{F}$$

**Menghitung *Clean Overall Coefficient* (UC) dan *Designed Overall Coefficient***

**(UD)**

$$\boxed{UC = \frac{h_{i0}h_o}{h_{i0} + h_o}} \quad (\text{pers, 6,38 Kern})$$

$$UC = 30,2 \text{ BTU/ hr,ft}^2,^\circ\text{F}$$

UD nilainya 5-75 BTU/ hr,ft<sup>2</sup>,°F, dipilih UD sebesar 25 BTU/ hr,ft<sup>2</sup>,°F,

$$\boxed{Rd = \frac{1}{U_D} - \frac{1}{U_C}}$$

$$Rd = 0,00686$$

Dari tabel 12 Kern, didapat nilai Rd minimum sebesar 0,001, Karena nilai Rd lebih

besar dari Rd minimum, maka nilai Rd telah memenuhi syarat.

## MENGHITUNG TEBAL ISOLASI

Isolasi yang digunakan adalah *polyisocyanurate*, Alasan pemilihan isolasi jenis ini adalah:

1. Digunakan untuk range suhu 0-300 °F (fig, 11,42 Perry, 1984),
2. Konduktivitas termal relatif tetap pada suhu 0-900 °F,
3. Mudah didapat,

Diinginkan suhu isolator sebesar 35 °C, Data-data fisis:

$$T_s = 35 \text{ °C} = 95 \text{ °F}$$

$$T_{\text{udara}} = 30 \text{ °C} = 86 \text{ °F}$$

$$T_f = (T_s + T_{\text{udara}})/2 = 32,5 \text{ °C} = 90,5 \text{ °F} = 305,65 \text{ K}$$

$$\delta f = T_s - T_f = 4,5 \text{ °F}$$

$$\beta = 1/T_f = 0,01 \text{ °F}^{-1}$$

Sifat-sifat udara pada  $T_f = 90,5 \text{ °F}$ : (tabel 2-229 Perry, 1984)

$$\rho_f = 0,07 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_{p_f} = 0,26 \text{ BTU/lb, °F}$$

$$\mu_f = 0,0454 \text{ lb/ft, hr}$$

$$k_f = 0,0154 \text{ BTU/hr, ft, °F}$$

$$g_c = 416,692,913,4 \text{ ft/hr}^2$$

$$Gr = \frac{\ell^3 \cdot \rho_f^2 \cdot \beta \cdot g_c \cdot \Delta\Delta}{\mu_f^2}$$

$$Pr = \frac{C_{p_f} \cdot \mu_f}{k_f}$$

$$Raf = Gr \times Pr$$

Gr = bilangan Grashoff

Pr = bilangan Prandtl

Ra = bilangan Rayleigh

Bila  $Raf = 10^4 - 10^9$ , maka  $hc = 0,29 \times (\Delta t/2)^{0,25}$

Bila  $Raf : 10^9 - 10^{12}$ , maka  $hc = 0,19 \times (\Delta t)^{1/3}$

Dimana  $hc$  adalah koefisien perpindahan panas konveksi,

$$\ell = L$$

$$= ZL + 2(b + sf)$$

$$= 13,14 \text{ ft}$$

$$Gr = 1,162 \times 10^{11}$$

$$Pr = 0,75$$

$$Raf = 8,7203 \times 10^{10}$$

$$\text{Sehingga, } hc = 0,19 \times (\Delta t)^{1/3}$$

$$hc = 0,31 \text{ BTU/hr,ft}^2,^\circ\text{F}$$

Perpindahan panas karena radiasi dapat diabaikan karena suhu dinding reaktor kecil

(50 °C),

$$ID = 10,44 \text{ ft}$$

$$OD = 10,5 \text{ ft}$$

$$\Delta T = 4,5 \text{ }^\circ\text{F}$$

Perpindahan Panas Konveksi

$$q \text{ konveksi} = hc \times \pi \times (OD + 2 \times X_{\text{isolasi}}) \times L \times \Delta t$$

$$hc \times \pi \times OD \times L \times \Delta t = 611,5$$

$$hc \times \pi \times 2 \times L \times \Delta t = 116,48$$

$$q_{\text{konveksi}} = 611,5 + 116,48 X_{\text{isolasi}}$$

Perpindahan panas konduksi melalui dinding reaktor dan isolasi:

$$q_k = \frac{2\pi(T_1 - t_s)}{\frac{1}{kL} \ln\left(\frac{OD}{ID}\right) + \frac{1}{k_p L} \ln\left(\frac{OD + 2X_{is}}{OD}\right)}$$

Dinding jaket berupa carbon steel, maka diperoleh  $k = 21 \text{ BTU/J,ft,}^\circ\text{F}$ ,

Perpindahan panas konveksi sama dengan perpindahan panas konduksi, Dari kedua persamaan ini dapat diperoleh nilai  $X_{\text{isolasi}}$ ,  $q_{\text{konveksi}}$ , dan  $q_{\text{konduksi}}$ , Dari *trial and error* diperoleh hasil sebagai berikut:

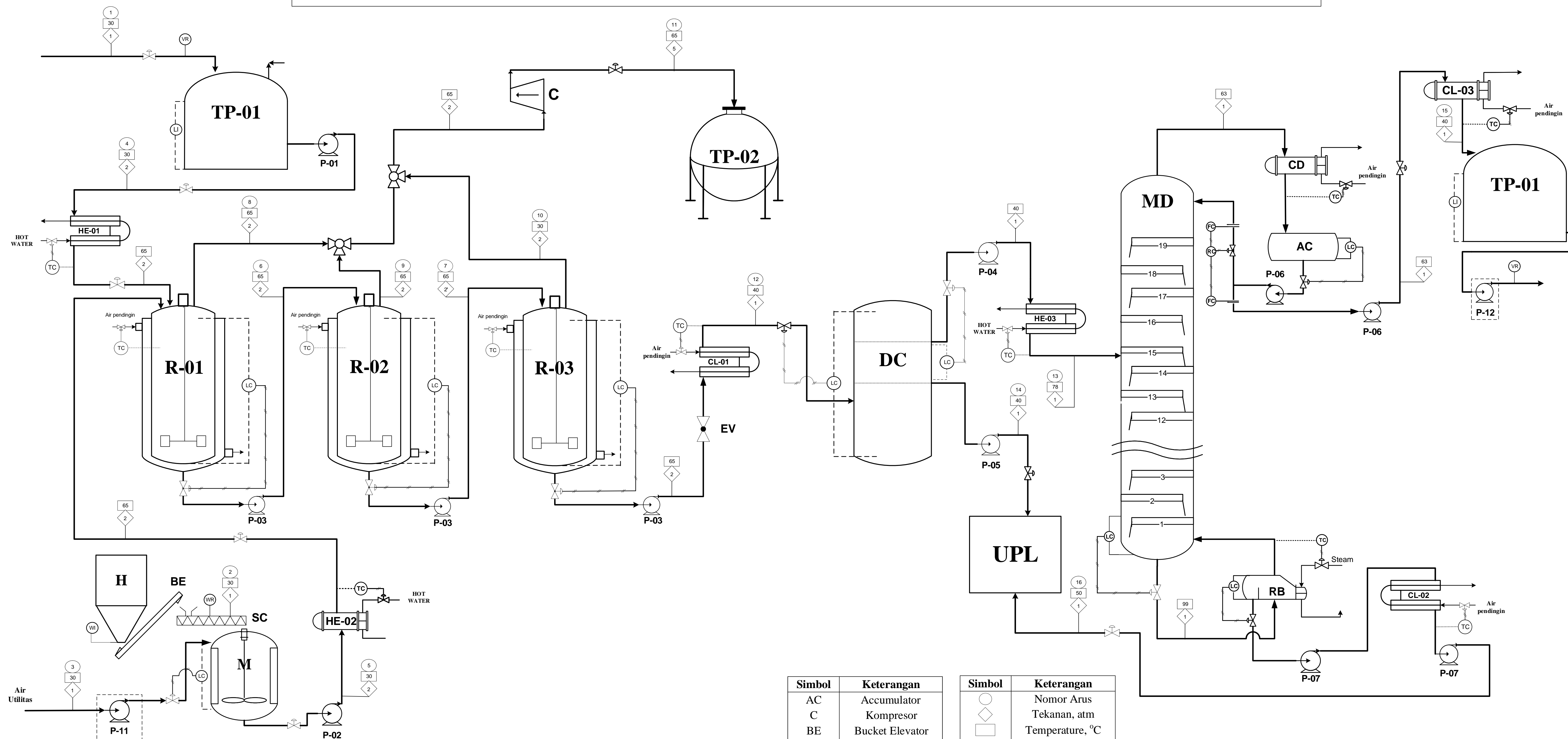
$$X_{\text{isolasi}} = 0,049 \text{ ft} = 0,58 \text{ in}$$

$$q_{\text{konveksi}} = 617,17 \text{ BTU/hr}$$

$$q_{\text{konduksi}} = 617,7 \text{ BTU/hr}$$

Jadi, tebal isolasi agar suhu dinding menjadi  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  adalah sebesar  $0,58 \text{ in}$ , Dan jumlah panas yang hilang setelah diisolasi adalah sebesar  $617,17 \text{ BTU/hr}$ .

# PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN



Neraca Massa (Kg/Jam)

KOMPONEN	Nomor Arus Massa Overall (kg/jam)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	619.85			619.85		53.05	13.94					6.20	0.85	5.35	0.85	
NaOCl		4771.62			4771.62	408.39	107.28					47.72	6.53	41.19		6.53
CHCl <sub>3</sub>						1166.23	1246.71					1262.63	1249.12	13.51	1237.37	11.74
NaOH						781.46	835.39					846.06	115.73	730.33		115.73
NaCl						1712.70	1830.90					1854.28	253.64	1600.63		253.64
CH <sub>3</sub> COONa						801.39	856.70					867.64	118.68	748.96		118.68
O <sub>2</sub>									468.25	32.31	6.39	506.95				
H <sub>2</sub> O	1.94		1732.18	1.94	1732.18	1734.12	1734.12					1734.12	237.21	1496.91	24.40	212.80
<b>TOTAL</b>	<b>621.79</b>	<b>4771.62</b>	<b>1732.18</b>	<b>621.79</b>	<b>6503.80</b>	<b>6657.35</b>	<b>6625.03</b>	<b>468.25</b>	<b>32.31</b>	<b>6.39</b>	<b>506.95</b>	<b>6618.64</b>	<b>1981.76</b>	<b>4636.89</b>	<b>1262.63</b>	<b>719.13</b>

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
○	Accumulator	○	Nomor Arus
C	Kompresor	◇	Tekanan, atm
BE	Bucket Elevator	□	Temperature, °C
CD	Condenser	⋈	Gate Valve
SC	Screw Conveyor	—	Piping
CL	Cooler	—	Elektrik Connection
DC	Decanter	⊥	Udara Tekan
HE	Heater	⊥	Vent
H	Hoper Feeder	⊥	Flow Control
M	Mixer	⊥	Level Control
MD	Menara Destilasi	LI	Level Indikator
P	Pompa	TC	Temperatur Control
R	Reaktor	PC	Pressure Control
RB	Reboiler	VR	Volume Recorder
UPL	Unit Pengolahan Limbah	WI	Weight Indikator
TP	Tangki	WR	Weight Recorder



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

---

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN**

---

Dikerjakan Oleh :  
 Farid Rahman (14521170)  
 Febri Silva Akbar (14521189)

---

Dosen pembimbing :  
 Kamariah, Dra., M.S. (0019075301)  
 Achmad Chafidz Mas Sahid, S.T., M.Sc. (0505078502)