

**PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE*
DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* DENGAN KAPASITAS
50.000 TON/TAHUN
PRA RANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh :

Nama : Nadyla Chintami Y Nama : Asha Novianty S
No. Mhs : 16521118 No.Mhs : 16521124

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PRA RANCANGAN PABRIK CHLOROFORM DARI
ACETONE DAN SODIUM HYPOCHLORITE DENGAN
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nadyla Chintami Y Nama : Asha Novianty S
No. Mhs : 16521118 No.Mhs : 16521124

Yogyakarta, 28 Oktober 2020

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

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



Nadyla Chintami Y



Asha Novianty S

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE*
DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* DENGAN KAPASITAS
50.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Nadyla Chintami Y
No. Mhs : 16521118

Nama : Asha Novianty S
No.Mhs : 16521124

Yogyakarta, 31 Oktober 2020

Pembimbing I

PembimbingII



Ir. Sukirman, M.M



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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN
***SODIUM HYPOCHLORITE* DENGAN KAPASITAS**
50.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Nadyla Chintami Y No. Mhs : 16521118

Nama : Asha Novianty S No. Mhs : 16521124

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas

Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 31 Oktober 2020

Tim Penguji,

Tim Penguji

Ir. Sukirman, M.M

Ketua Penguji

Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

Penguji I

Ajeng Yulianti D.L., S.T., M.T.

Penguji II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Tekonologi Industri

Dr. Suharno Rusdi



LEMBAR MOTTO

Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah. (HR. Turmudzi)

Sesungguhnya sesudah ada kesulitan disitu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.
(Q.S Al-insyirah 7-8)



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Mamah dan Papa, dua orang terpenting dalam hidupku, semoga ini menjadi salah satu kebanggaan kalian atas usaha Nadyla selama ini. Terimakasih atas segala doa, semangat dan dukungan baik moral maupun materi.

Kak Abil, Bg Ejan, dan Bg Yudha, saudaraku. Terimakasih atas doa, dukungan, dan canda tawa kalian sebagai penyemangat aku.

Anak-anak Bismillah Berfaedah, (Tya, Rahemas, Reza, Mella, Nadia, Cika, Dea) geng kuliah 4 tahunku. Terima kasih atas kesetiaan, semangat, dan hiburan kalian semua. Semoga kita bisa kumpul lagi dengan keluarga masing-masing dan sukses bersama. Aamiin

Teknik Kimia 2016, yang didalamnya ada orang-orang pendukung kelancaran TA ini. Terimakasih atas bantuan, kerja sama, dan kenangan indah di jurusan ini.

Orang-orang yang gak bisa saya sebutkan. Terimakasih atas dukungan dan hiburannya. Senang bisa kenal kalian yang bisa menjadi tempat curhat keluh kesah saya terutama keluh kesah penyelesaian TA ini.

(Nadyla Chintami Y)

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Mama dan Bapak, kedua orang terkasih aku. Terima kasih sudah memberi dukungan selama hidup aku dan atas ridho orang tua yang selalu menyertaiku.

Kak Wi dan Kak Icha, saudari-saudari aku. Terima kasih sudah membantu dan menemani aku sampai sekarang.

Teman-teman Omo (Asiyah, Dinda, Titis, Selva, Tata, Anggy dan Nana). Terima kasih sudah menemani aku selama 4 tahun didunia perkuliahan. Semoga kita semua tetap diberi yang terbaik. Aamiin.

PROFESI FTI UII, terima kasih atas 4 tahun aku berkembang didalam organisasi. Terima kasih atas ajaran yang sudah di berikan, mari semangat sampai akhir periode. Mohon bantuannya.

Teman Semua (Shinta, Emma, Mei dan Uning), **Teman Namamoo** (Dilla, Piu dan Indang) juga **Temen KKN** (Indira dan Anke) yang masih menemani aku sampai sekarang walaupun terpisah jarak.

Teknik Kimia 2016, temen-temen yang membantu proses menuju atau saat pembuatan TA.

Orang-orang yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang sudah memberi dukungan dan juga doa pada pengerjaan TA.

(Asha Novianty S)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Chloroform* dari *Acetone* dan *Sodium Hypochlorite* 50.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Ir Sukirman, M.M selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Achmad Chafidz Mas Sahid, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2016 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, Oktober 2020

Nadyla Chintami Y

Asha Novianty S

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR MOTTO.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1.1 Kapasitas Rancangan Produksi	3
1.2. Tinjauan Pustaka.....	9
1.2.1. Penggunaan Kloroform.....	10
1.2.2. Macam-macam Proses	12
1.2.3. Pemilihan Proses	18
BAB II.....	19
2.1. Spesifikasi Produk.....	19
2.1.1 Sifat Fisis	19
2.1.2 Sifat Kimia	22
2.2. Spesifikasi Bahan Baku.....	27
2.2.1 Sifat Fisis.....	27
2.2.2 Sifat Kimia.....	28
2.3. Pengendalian Kualitas	29
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku	29

2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses	30
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	32
BAB III.....	34
3.1. Uraian Proses	34
3.1.1 Kondisi Operasi	34
3.1.2 Tahap Penyiapan Bahan Baku	35
3.1.3 Tahap Reaksi	35
3.1.4 Pemurnian Hasil	36
3.1.5 Deskripsi Proses	37
3.1.6 Metode Perancangan	40
3.1.7 Neraca Massa	43
3.1.8 Neraca Panas	48
3.2. Spesifikasi Alat	55
3.3. Perencanaan Produksi	78
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku	79
3.3.2 Analisis Kebutuhan Mesin atau Peralatan Proses	79
BAB IV.....	81
4.1. Lokasi Pabrik	81
4.2. Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	85
4.3. Tata Letak Mesin / Alat Proses	94
4.4. Alir Proses dan Material	99
4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)	99
4.5.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	100
4.5.2. Unit Penyediaan Steam	108
4.5.3. Unit Penyediaan Listrik	109
4.5.4. Unit Penyediaan Udara	112
4.5.5. Unit Pengolahan Limbah	113
4.6. Spesifikasi Alat-alat Utilitas	115
4.6.1 Saringan / <i>Screening</i> (FU-01)	115

4.6.2	Bak Pengendapan awal (B-01) / Sedimentasi	115
4.6.3	Bak Floktuator/ Bak Penggumpal (B-02)	116
4.6.4	Tangki Larutan Alum (TU-01).....	116
4.6.5	Bak Pengendap I (BU-02).....	117
4.6.6	Bak Pengendap II (BU-03)	117
4.6.7	Sand Filter (FU-02)	117
4.6.8	Bak Penampung Sementara (BU-03).....	118
4.6.9	Tangki Klorinasi (TU-02).....	118
4.6.10	Tangki Kaporit (TU-03).....	118
4.6.11	Tangki Air Bersih (TU-01)	119
4.6.12	Tangki <i>Service Water</i> (TU-05).....	119
4.6.13	Tangki Air Bertekanan (TU-04).....	119
4.6.14	Bak Air Pendingin (BU-04)	120
4.6.15	Cooling Tower (CT-01).....	120
4.6.16	Blower Cooling Tower (BL-01).....	120
4.6.17	<i>Mixed Bed</i> (TU-05).....	121
4.6.18	Tangki NaCl (T-02).....	121
4.6.19	Tangki NaOH (T-03).....	121
4.6.20	Deaerator (DE).....	122
4.6.21	Tangki N ₂ H ₄ (TU-09)	122
4.7.	Organisasi Perusahaan.....	124
4.7.1	Bentuk Perusahaan	124
4.7.2	Struktur Organisasi.....	126
4.7.3	Tugas dan Wewenang.....	131
4.8.	Evaluasi Ekonomi	143
4.8.1	Penaksiran Harga Peralatan	144
4.8.2	Dasar Perhitungan	149

4.8.3	Perhitungan Biaya	150
4.8.4	Analisa Kelayakan.....	153
4.8.5	Hasil Perhitungan	158
4.8.6	Analisa Keuntungan	163
4.8.7	Hasil Kelayakan Ekonomi	163
BAB V.....		168
5.1.	Kesimpulan.....	168
5.2.	Saran.....	170
DAFTAR PUSTAKA		171
LAMPIRAN		174



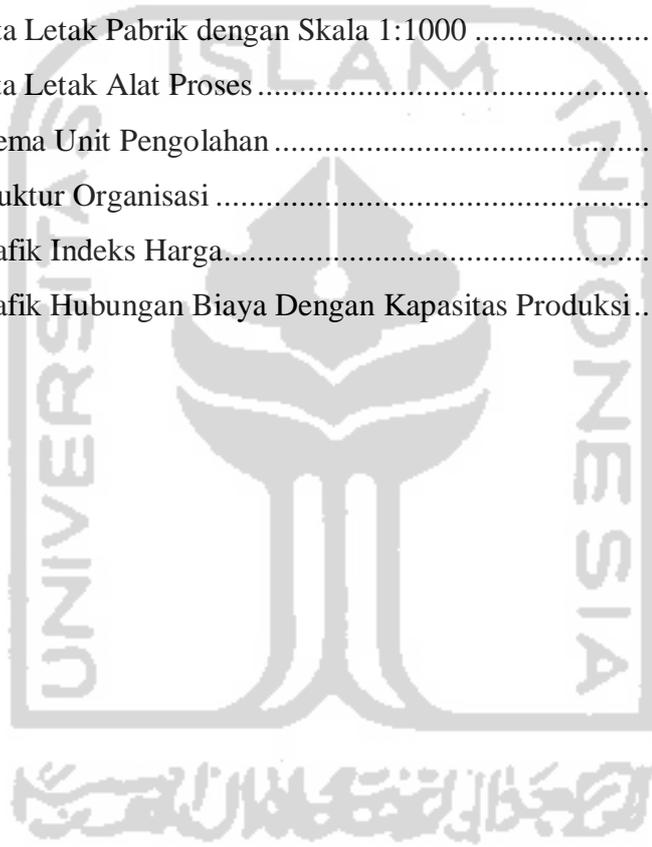
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Kloroform di Indonesia Pada Tahun 2013-2019	4
Tabel 1. 3 Besar kebutuhan impor dan ekspor di Eropa	5
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	27
Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer	43
Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	43
Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor (R-02).....	44
Tabel 3. 4 Neraca Massa Reaktor (R-03).....	44
Tabel 3. 5 Neraca Massa Reaktor Total	45
Tabel 3. 6 Neraca Massa Decanter	46
Tabel 3. 7 Neraca Massa Menara Distilasi.....	47
Tabel 3. 8 Neraca Massa Total	47
Tabel 3. 9 Neraca Panas Reaktor - 01 (R-01).....	48
Tabel 3. 10 Neraca Panas Reaktor - 02 (R-02).....	49
Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor - 03 (R-03).....	49
Tabel 3. 12 Neraca Panas Menara Distilasi (MD)	50
Tabel 3. 13 Neraca Panas <i>Condenser</i> -01(CD-01)	51
Tabel 3. 14 Neraca Panas <i>Reboiler</i> (RB)	51
Tabel 3. 15 Neraca Panas <i>Heater</i> - 01 (HE-01).....	51
Tabel 3. 16 Neraca Panas <i>Heater</i> - 02 (HE-02).....	52
Tabel 3. 17 Neraca Panas <i>Cooler</i> - 01 (HE-03).....	52
Tabel 3. 18 Neraca Panas <i>Heater</i> - 03 (HE-04).....	53
Tabel 3. 19 Neraca Panas <i>Cooler</i> - 02 (HE-05).....	53
Tabel 3. 20 Neraca Panas <i>Cooler</i> - 03 (HE-06).....	54
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	91
Tabel 4. 2 Kebutuhan Air Pendingin	106
Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pendingin	107

Tabel 4. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses	110
Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas	111
Tabel 4. 6 Jadwal Kerja.....	138
Tabel 4. 7 Gaji Karyawan	139
Tabel 4. 8 Harga Indeks	144
Tabel 4. 9 Harga Indeks Tahun Perancangan.....	147
Tabel 4. 10 Harga Peralatan	148
Tabel 4. 11 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	158
Tabel 4. 12 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	158
Tabel 4. 13 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	158
Tabel 4. 14 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	159
Tabel 4. 15 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	159
Tabel 4. 16 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	160
Tabel 4. 17 <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	160
Tabel 4. 18 Working Capital	161
Tabel 4. 19 General Expense.....	161
Tabel 4. 20 Total Production Cost.....	161
Tabel 4. 21 Fixed Cost.....	162
Tabel 4. 22 Variabel Cost.....	162
Tabel 4. 23 Ragulated Cost	162
Tabel 4. 24 Tolak Ukur Standar Kelayakan.....	166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Impor Kloroform di Indonesia.....	4
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	41
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	42
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik.....	81
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dengan Skala 1:1000.....	93
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses.....	98
Gambar 4. 4 Skema Unit Pengolahan.....	123
Gambar 4. 5 Struktur Organisasi.....	130
Gambar 4. 6 Grafik Indeks Harga.....	146
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Biaya Dengan Kapasitas Produksi.....	167



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 (NaClO) dan aseton (CH_3COCH_3). Reaksi pembentukan kloroform dilakukan pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) berpendingin pada kondisi operasi 2 atm dan 65°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 50.000 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 13.042 m^2 dan mempekerjakan sebanyak 180 orang karyawan. Pabrik kloroform membutuhkan air sebanyak 2.267,2597 Kg/jam yang diperoleh dari unit utilitas. Daya listrik terpasang sebesar 707,09 KW diperoleh dari PLN dan untuk input generator dengan daya sebesar 1500 kW.

Dari analisa ekonomi diperoleh bahwa pabrik kloroform memerlukan *fixed capital investment* sebesar Rp.423.463.582.916 *working capital investment* Rp.454.978.082.859 *manufacturing cost* Rp2.934.405.551.944 dan *general expenses* Rp.410.779.177.276 Analisa kelayakan ekonomi menunjukkan nilai *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 33,06% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 2,87%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,32 tahun dan POT sesudah pajak 3,88 tahun. Nilai *Break Event Point* (BEP) diperoleh pada 56,35% kapasitas produksi, dan nilai *Shut Down Point* (SDP) terjadi pada 41,94% kapasitas produksi. Suku bunga dalam *discounted cash flow rate* selama 10 tahun sebesar 17,57 %. 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 (C₃H₆O). 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 50,000 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 13.042 m² land area and employs 180 employees. Utility unit, as supporting unit, would provide 2.267,2597 kg/hour process water supply. 707,09 kW electricity is provided by PLN, with 1500 kW generator as backup.

The economic evaluation results on the required fixed capital about Rp 423.463.582.916, working capital investment about Rp.454.978.082.859 manufacturing cost about Rp2.934.405.551.944 and general expenses about Rp.410.779.177.276. Economic analysis of the plant shows that the Rate of Return On Investment (ROI) before tax is 33,06 % and ROI after tax is 24,80%, Pay Out Time (POT) before tax is 2,87 years and POT after tax is 2,32 years, Break Even Point (BEP) is 56,35 %, Shut Down Point (SDP) is 41,94%, and the Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 17,57 %. 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 :

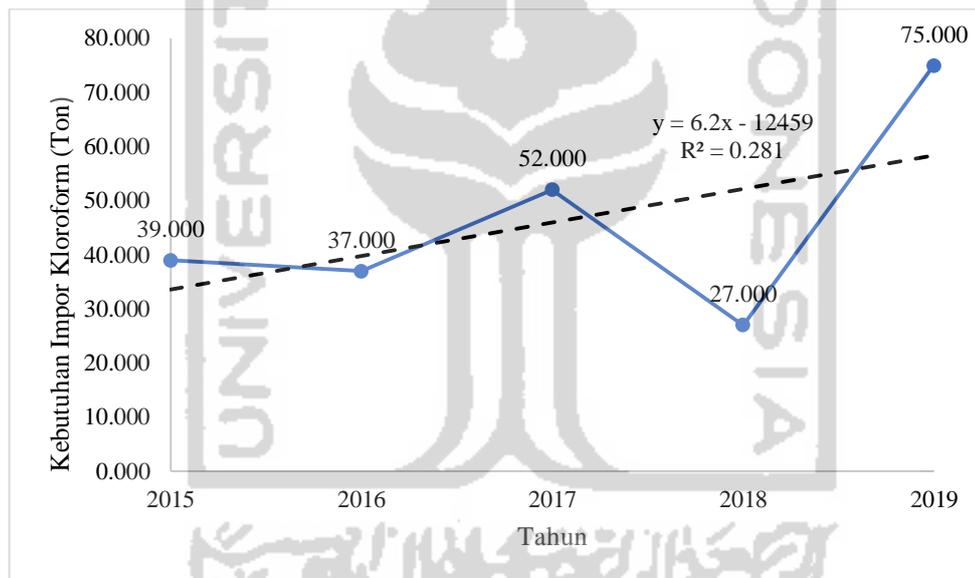
1. Proyeksi kebutuhan kloroform dalam negeri dari tahun ke tahun.
2. Kebutuhan kloroform di luar negeri
3. Ketersediaan bahan baku
4. Kapasitas pabrik yang beroperasi.

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 2015 sampai dengan tahun 2019 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 2015-2019

No	Tahun	Jumlah (ton)
1	2015	39,86
2	2016	37,08
3	2017	52,43
4	2018	27,56
5	2019	75,00



Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Impor Kloroform di Indonesia

Kenaikan impor kloroform sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 6.2x - 12459$, Dari persamaan tersebut dapat diproyeksikan besarnya impor kloroform indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 102,200 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 *polytetrafluoroethylene* (teflon), kebutuhannya secara global meningkat sekitar 5,3% setiap tahunnya (www.icis.com). Jadi bisa diperkirakan kebutuhan kloroform secara global yang dipenuhi dari impor pada tahun 2025 sekitar 215.000 ton/tahun.

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.

Tabel 1. 2 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 50.000 ton/tahun agar dapat bersaing dalam pasar global, selain untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri.

c) **Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan Kloroform adalah Aseton (CH_3COCH_3) dan Natrium Hipoklorit (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 115.000/kg, sedangkan bahan baku natrium hipoklorit dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dengan harga Rp 11.800/kg. Harga kloroform di pasaran dapat mencapai Rp 187.000 /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. 3 Data Kapasitas Produksi Pabrik Kloroform di Luar Negeri

Producer	Capacity (ton)
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)

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. Kebutuhan kloroform di dunia mengalami kenaikan setiap tahunnya karena kloroform menjadi bahan baku utama pada beberapa industri polimer.
3. Kebutuhan kloroform dalam negeri bergantung pada impor, maka Indonesia membutuhkan produksi dalam negeri.
4. 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 50.000 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 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 vermisisida. Selain itu, kloroform juga digunakan sebagai zat pengekstrak pada pembuatan penisilin di bidang farmasi serta bahan untuk merecoveri 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 penggalan 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^oC sampai 450^oC. Proses halogenasi metana menghasilkan beberapa macam *chlorinated product*, yaitu klorometana (CH₃Cl), diklorometana (CH₂Cl₂), kloroform (CHCl₃). Selain itu terdapat reaksi samping klorinasi kloroform menjadi karbon tetraklorida (CCl₄).

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 (Cl₂) menjadi radikal Cl adalah dengan meradiasikan reaksi massa dengan sumber sinar yang mempunyai radiasi 3000-5000 Å. Bahan baku yang digunakan adalah metana dengan kemurnian tinggi. *Yield* proses ini adalah 90%. Adapun reaktor yang digunakan adalah reaktor fotokimia.

Keuntungan :

1. Mengurangi impuritas pada klorometana yang dihasilkan.

Kerugian :

1. Penggunaan reaktor fotokimia harus terbuat dari

permukaan kaca yang tahan terhadap pembebasan panas, mengingat reaksi klorinasi adalah reaksi eksotermis.

2. Tingginya biaya pembuatan dan perawatan.
3. Lebih sensitif terhadap impuritas pada umpan, karena terjadi terminasi pada reaksi rantai.
4. 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.
5. Reaktor membutuhkan energi yang cukup besar untuk menghasilkan radiasi sinar dengan kekuatan 3.000-5.000 A.
6. Kapasitas per reaktor rendah.
7. Sering terjadi akumulasi pada daerah reaktor sehingga dapat mengakibatkan ledakan.

(Ketta & Cunningham., 1992)

c. Reduksi Karbon Tetraklorida

Karbon tetraklorida (CCl₄) direduksi dengan hidrogen (H₂) dengan bantuan katalis besi pada suhu reaksi 15°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°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:

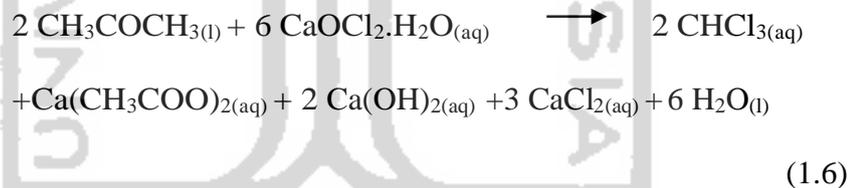
1. Yield cukup tinggi yaitu sekitar 70-80%

Kekurangan :

1. 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°C dengan menggunakan alat pendingin. Ketika aseton telah ditambahkan semuanya, suhunya dinaikkan menjadi 56,7°C. Kemudian secara

perlahan-lahan suhunya dinaikkan menjadi 65,5°C dan kloroform mulai terbentuk.

Kelebihan :

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

Kekurangan :

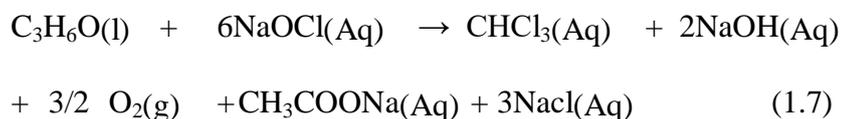
1. Prosesnya termasuk proses konvensional.
2. Proses dilakukan secara batch, sehingga membatasi kuantitas produksi.

(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 °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. 4 Kesimpulan masing-masing proses

Jenis Proses	Klorinasi Metana	Klorinasi Fotokimia	Reduksi Karbon Tetraklorida	Reaksi Aseton dg Kalsium Hipoklorit	Reaksi Aseton dg Natrium Hipoklorit
Bahan Baku	Metana	Metana	Karbon Tetraklorida & Hidrogen	Aseton & Kalsium Hipoklorit	Aseton & Natrium Hipoklorit
Suhu	275 ^o C - 450 ^o C		15 ^o C	43,3 ^o C - 65,5 ^o C	61,2 ^o C – 85 ^o C
Tekanan			5 – 80 atm.		2 atm
Konversi	90-95%.	90%	70-80%	88%	99%
Katalis	Alumina	-	Fe	-	-
Reaktor	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 (Produk utama)	Natrium Asetat (produk samping)	Natrium Hidroksida (produk samping)	Natrium Klorida (produk samping)	Air (produk samping)	Oksigen (produk samping)

1	Rumus molekul	CHCl_3	CH_3COONa	NaOH	NaCl	H_2O	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	-	-
6	Titik lebur	-	324 °C	580 °C	801 °C	-	-218.79 °C
7	Densitas	1,48 gr/cm ³ (25 °C)	1,528 g/cm ³ (25 °C)	2,211 g/cm ³ (25 °C)	2,16 g/cm ³ (25 °C)	0,9982 g/cm ³ (25 °C)	1.141 g/cm ³ (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.oC (20 °C)	1 kal/g.oC (20 °C)	0.3495 kal/g. °C (20 °C)	0.1629 kal/g.oC (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

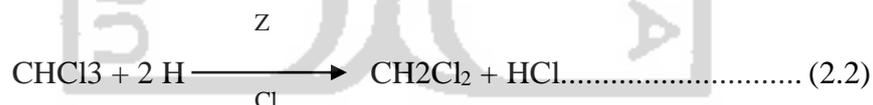
- Kloroform jika bereaksi dengan udara atau cahaya secara perlahan-lahan akan teroksidasi menjadi senyawa beracun *phosgene* (karbonil klorida).

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 nitrokloroform 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.



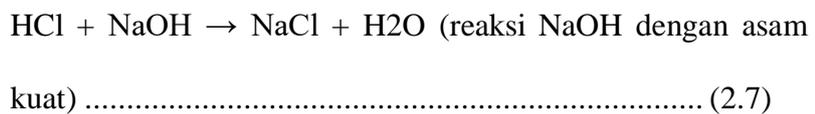
- Natrium asetat bisa digunakan untuk memproduksi ester dari reaksi dengan alkil halida, misalnya bromoetana.



(Kirk & Othmer, 1998)

c. Natrium Hidroksida

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



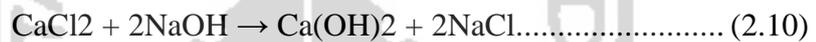
- Senyawa ini mampu melarutkan logam-logam seperti logam aluminium serta beberapa logam transisi lainnya.



d. Natrium Klorida

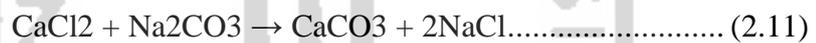
- Kalsium klorida jika bereaksi dengan natrium hidroksida akan membentuk kalsium hidroksida dan natrium klorida.

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 H⁺ dan ion OH⁻.

Reaksi :



- Air dapat menguraikan garam menjadi asam dan basa (hidrolisis garam).

- Air bersifat netral (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 oksigen 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 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, CO_2 dan H_2O serta residu dari udara.



2.2. Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Sifat Fisis

Tabel 2. 2 Sifat Fisis Komponen Bahan Baku

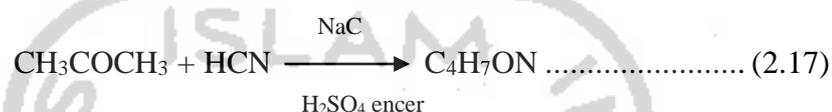
No	Sifat Fisis	Aseton	Natrium Hypochlorite
1	Rumus molekul	CH ₃ COCH ₃	NaOCl
2	Wujud	Cairan tidak berwarna (25°C, 1 atm)	Serbuk putih (25°C, 1 atm)
3	Berat molekul	58,08 g/gmol	74,42 g/gmol
4	Titik didih	56,53 °C	101 °C
5	Titik leleh	-94,9 °C	-
6	Titik lebur	-	18°C
7	Densitas	0,79 g/cm ³ (25 °C)	1,11 g/cm ³ (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

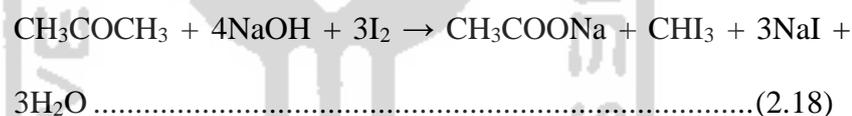
- Ketika aseton ditambah dengan hidrogen sianida dan juga ditambah dengan natrium sianida dan asam sulfat encer dalam proses reaksinya akan dapat menghasilkan aseton sianohidrin.

Reaksi :



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

Reaksi :



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

Reaksi :



(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

Pengendalian bahan baku dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Hal tersebut dilakukan sejak bahan masih mentah (bahan baku) sampai menjadi produk. Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku Natrium Hipoklorit (NaOCl) 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 bahan baku diproduksi, akan 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 Natrium 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
- *Physical Properties* (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. 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 standar 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*

Level control 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*

Flow rate 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 *temperature control* akan berbunyi dan lampu menyala.

d) *Pressure Control*

Pressure control ini ditempatkan/dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer atau juga menjaga agar tekanan tidak melebihi batas tekanan suatu alat yang diatur.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

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

- Viskositas
- *Density*
- *Physical Properties* (warna, kenampakan)
- Kadar kemurnian kloroform

Dalam proses ini diketahui memiliki 3 pelarut, yaitu air, aseton dan juga kloroform. Kelarutan dari produk yang didapatkan saat proses yaitu berdasarkan kelarutan produk dengan air. Air dipilih karena merupakan pelarut yang paling banyak jumlahnya untuk proses dibandingkan dengan kloroform dan aseton.

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*

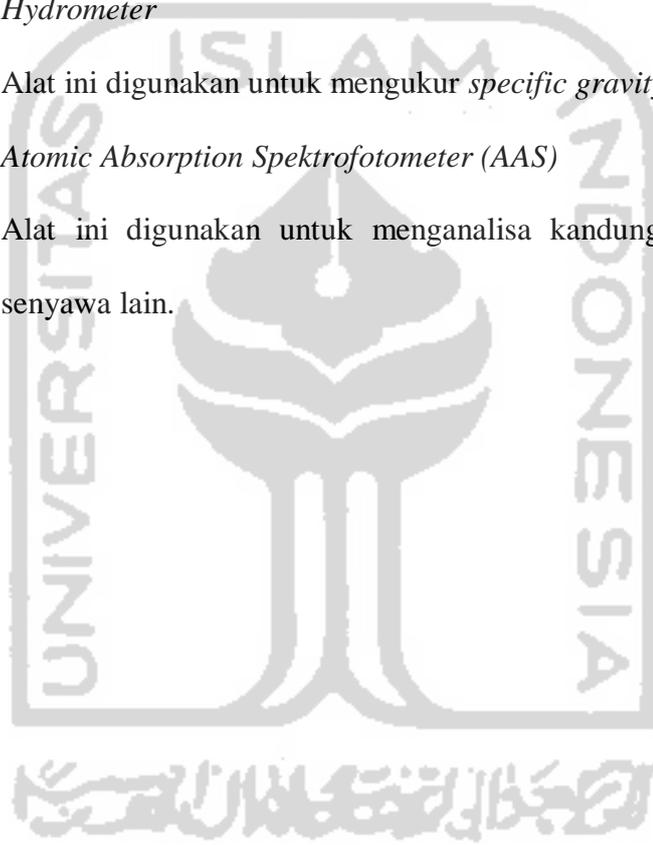
Alat ini digunakan untuk mengukur produk keluar reaktor.

3. *Hydrometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur *specific gravity*.

4. *Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kandungan logam dan senyawa lain.



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:

Mengatur konsentrasi larutan natrium hipoklorit dengan air untuk menghasilkan larutan natrium hipoklorit 40%.

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

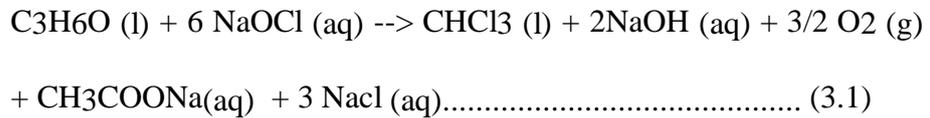
Dari *hopper feeder* (H) NaOCl diangkut dengan *screw conveyor* (SC), kemudian diumpankan ke *bucket elevator* (BE) yang membawanya menuju *mixer* (M). Air kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal menuju mixer (M). Didalam *mixer* (M) yang dilengkapi dengan pengaduk, terjadi pelarutan kaporit dalam 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 natrium hipoklorit yang merupakan perbandingan koefisien mol komponen.

3.1.3 Tahap Reaksi

Reaksi antara aseton dan natrium 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).

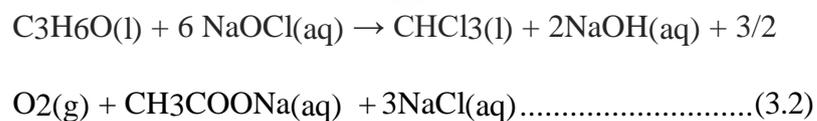
3.1.4 Pemurnian Hasil

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^oC menjadi 78^oC. 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^oC. Sedangkan produk utama dialirkan menuju tangki penyimpanan kloroform (TP-03) dengan terlebih dahulu suhunya didinginkan menjadi 40^oC.

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 natrium 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*.

Natrium Hipoklorit (NaOCl) yang sebelumnya disimpan dalam tangki penyimpanan akan di alirkan ke dalam Evaporator (E) untuk menghilangkan kadar air. Di dalam Evaporator, air diuapkan agar konsentrasi Natrium Hipoklorit menjadi 40%. Kandungan NaOCl sebesar 40% dalam larutan dengan suhu penyimpanan 30°C dan tekanan 1 atm dimasukkan kedalam reaktor menggunakan pompa sentrifugal (P-02) dan menaikkan suhunya menjadi 40°C menggunakan heater (HE-02) jenis *double pipe heat exchanger*.

Perbandingan komposisi reaktan aseton dengan natrium 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°C dengan tekanan 2 atm dan konversi akhir sebesar 99%.

Larutan yang keluar dari reaktor terdiri dari produk utama kloroform (CHCl₃), dengan produk samping yaitu natrium klorida (NaCl), natrium asetat (CH₃COONa), natrium hidroksida (NaOH), dan oksigen (O₂), serta sebagian kecil bahan baku yang tidak bereaksi. Konversi reaktor yaitu sebesar 99% dan untuk gas keluaran reaktor (O₂) akan dialirkan langsung menuju tangki penyimpanan oksigen (TP-02) untuk dijual karena oksigen bernilai ekonomis yang tinggi.

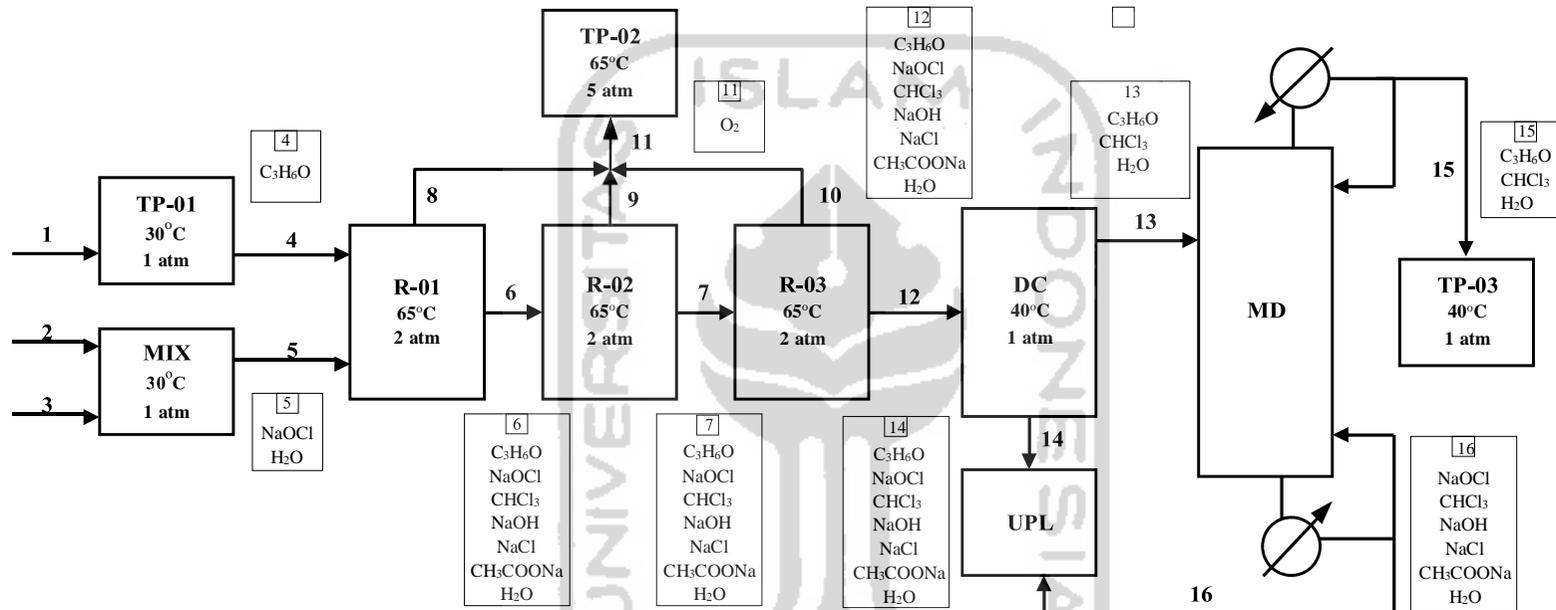
Larutan keluaran reaktor kemudian dialirkan menuju dekanter (DC) jenis vertikal, sebelum dimasukkan kedalam dekanter larutan didinginkan dahulu dari 65°C menjadi 40°C menggunakan *cooler* (CL-01) jenis *shell and tube exchanger*. Di dalam dekanter larutan dipisahkan menjadi larutan fase berat berupa CH₃COONa, NaCl, NaOH, H₂O dan larutan fase ringan berupa CHCl₃, C₃H₆O, 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°C menjadi 78°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°C menggunakan *heater* (HE-03) jenis *double pipe*. 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 (C₂H₅OH) sebanyak 1% berat yang berfungsi sebagai *stabilizer* produk kloroform.

3.1.6 Metode Perancangan

Setting perencanaan pendirian pabrik kloroform dari aseton dan natrium hipoklorit sebesar 50.000 ton/tahun meliputi : neraca massa, neraca panas, dan diagram alir proses produksi (*flow process*) yang bersifat kualitatif dan kuantitatif Diagram Alir Kualitatif.

3.1.6.1 Diagram Alir Kualitatif



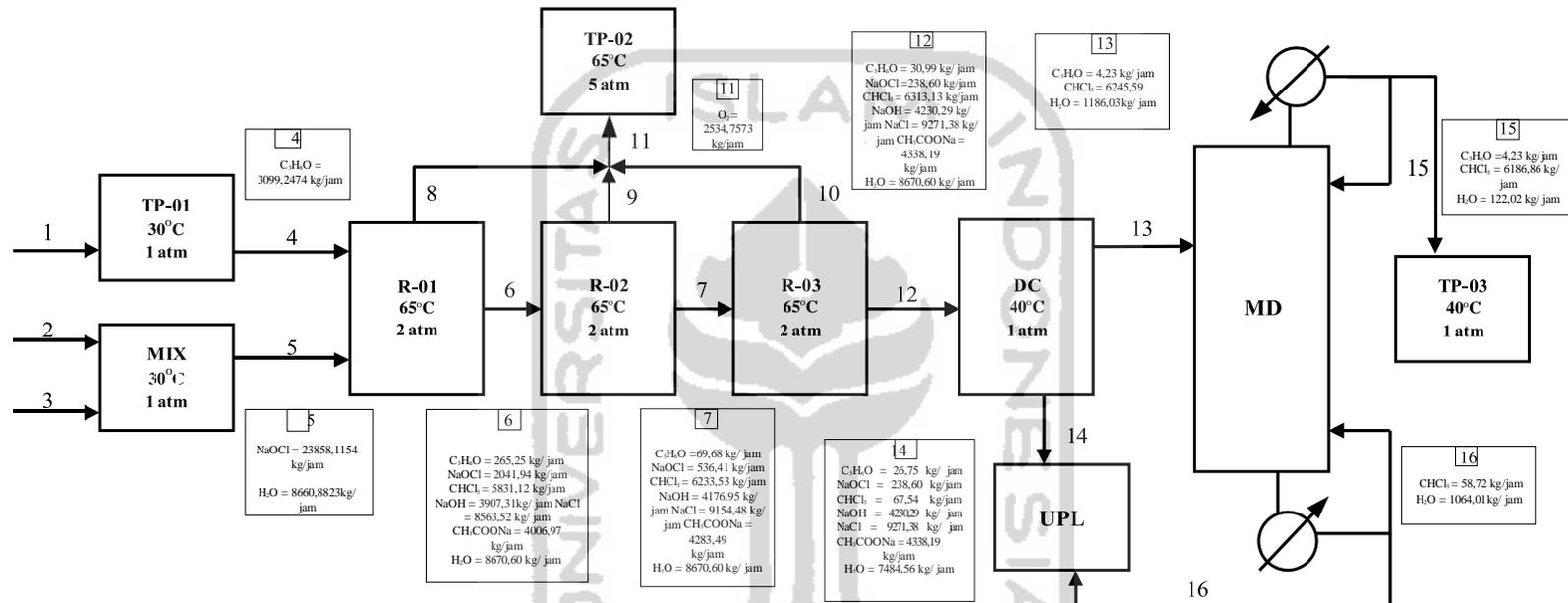
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

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



Gambar 3. 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

3.1.7 Neraca Massa

Setting neraca massa pada pabrik kloroform dari aseton dan natrium hipoklorit sebesar 50.000 ton/tahun disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	2	3	5
NaOCl	23858,1154		23858,1154
H ₂ O		8660,8805	8660,8805
Total	32518,9959		32518,9959

Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	4	5	6	8
C ₃ H ₆ O	3099,2474		265,2552	
NaOCl		23858,1154	2041,9438	
CHCl ₃			5831,1270	
NaOH			3907,3142	
NaCl			8563,5214	
CH ₃ COONa			4006,9729	

O ₂				2341,2300
H ₂ O	9,7204	8660,8823	8670,6009	
Total	35627,9655		35627,9655	

Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor (R-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	6		7	9
C ₃ H ₆ O	265,2552		69,6816	
NaOCl	2041,9438		536,4116	
CHCl ₃	5831,1270		6233,5326	
NaOH	3907,3142		4176,9577	
NaCl	8563,5214		9154,4893	
CH ₃ COONa	4006,9729		4283,4937	
O ₂				161,5680
H ₂ O	8670,6009		8670,6009	
Total	33286,7355		33286,7355	

Tabel 3. 4 Neraca Massa Reaktor (R-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	7		12	10
C ₃ H ₆ O	69,6816		30,9958	

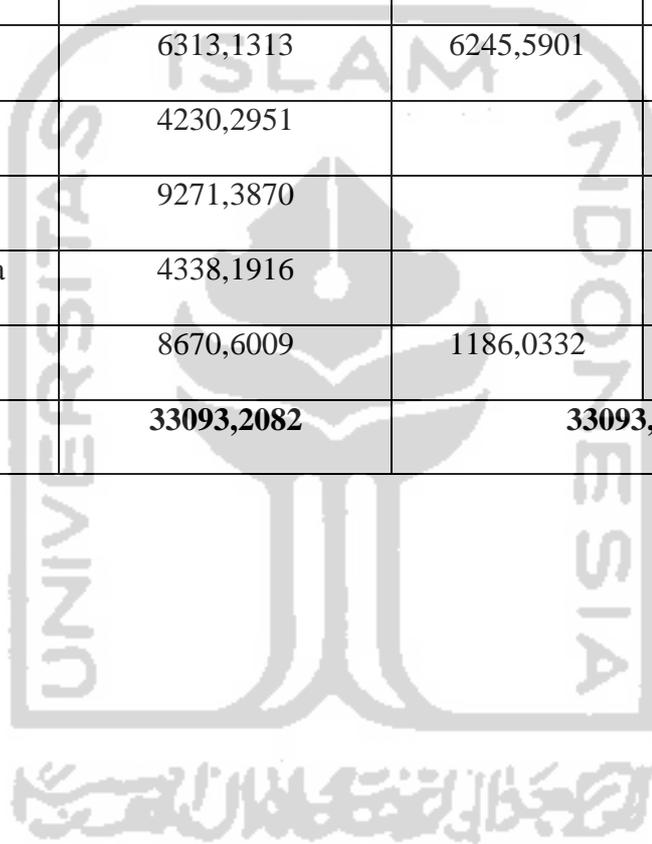
NaOCl	536,4116	238,6066	
CHCl ₃	6233,5326	6313,1313	
NaOH	4176,9577	4230,2951	
NaCl	9154,4893	9271,3870	
CH ₃ COONa	4283,4937	4338,1916	
O ₂			31,9593
H ₂ O	8670,6009	8670,6009	
Total	33125,1675	33125,1675	

Tabel 3. 5 Neraca Massa Reaktor Total

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	4	5	11	12
C ₃ H ₆ O	3099,2474			30,9958
NaOCl		23858,1154		238,6066
CHCl ₃				6313,1313
NaOH				4230,2951
NaCl				9271,3870
CH ₃ COONa				4338,1916
O ₂			2534,7573	
H ₂ O	9,7204	8660,8823		8670,6009
Total	35627,9655		35627,9655	

Tabel 3. 6 Neraca Massa Decanter

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	12	13	14
C ₃ H ₆ O	30,9958	4,2398	26,7559
NaOCl	238,6066		238,6066
CHCl ₃	6313,1313	6245,5901	67,5412
NaOH	4230,2951		4230,2951
NaCl	9271,3870		9271,3870
CH ₃ COONa	4338,1916		4338,1916
H ₂ O	8670,6009	1186,0332	7484,5677
Total	33093,2082	33093,2082	



Tabel 3. 7 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	13	15	16
C ₃ H ₆ O	4,2398	4,2398	
CHCl ₃	6245,5901	6186,8687	58,72143126
H ₂ O	1186,0332	122,0228	1064,010406
Total	7435,8632	7435,8632	

Tabel 3. 8 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)			
	1	2	3	11	14	15	16
C ₃ H ₆ O	3099,2474				26,7559	4,2398	
NaOCl		23858,1154			238,6066		
CHCl ₃					67,5412	6186,8687	58,7214
NaOH					4230,2951		
NaCl					9271,3870		
CH ₃ COONa					4338,1916		
O ₂				2534,7573			
H ₂ O	9,7204		8660,8823		7484,5677	122,0228	1064,0104
Total	35627,9655			35627,9655			

3.1.8 Neraca Panas

Neraca panas pada pabrik pabrik kloroform dari aseton dan natrium hipoklorit sebesar 50.000 ton/tahun disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. 9 Neraca Panas Reaktor - 01 (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	4	5	6	8
C ₃ H ₆ O	280.756,21		24029,07	
NaOCl		2.122.880,47	181690,91	
CHCl ₃			225429,54	
NaOH			340210,15	
NaCl			500612,48	
CH ₃ COONa			202313,24	
O ₂				2186406,15
H ₂ O		1.448.531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan			-27776738,07	
Pendingin			26519683,19	
Total	3852167,74		3852167,74	

Tabel 3. 10 Neraca Panas Reaktor - 02 (R-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	6	7	9
C ₃ H ₆ O	24029,07	6312,35	
NaOCl	181690,91	47729,57	
CHCl ₃	225429,54	240986,41	
NaOH	340210,15	363688,03	
NaCl	500612,48	535159,71	
CH ₃ COONa	202313,24	216274,86	
O ₂	2186406,15		2337289,86
H ₂ O	1448531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan		-1916870,44	
Pendingin		1830121,18	
Total	5109222,6	5109222,6	

Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor - 03 (R-03)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	7	10	12
C ₃ H ₆ O	6312,35	2807,86	
NaOCl	47729,57	21231,06	

CHCl ₃	240986,41	244063,67	
NaOH	363688,03	368332,12	
NaCl	535159,71	541993,40	
CH ₃ COONa	216274,86	219036,57	
O ₂	2337289,86		2367135,74
H ₂ O	1448531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan			-379170,70
Pendingin			362011,07
Total	5.195.971,85	5.195.971,85	

Tabel 3. 12 Neraca Panas Menara Distilasi (MD)

Komponen	Input(kJ/jam)	Output(kJ/jam)
	13	15 & 16
Acetone	585841,689	
Chloroform		347383,778
Air		238457,911
Total	585841,689	585841,689

Tabel 3. 13 Neraca Panas *Condenser* -01(CD-01)

komponen	input (kJ/jam)		output (kJ/jam)
	Hv1	Hv2	H
C3H6O	5364,1307	322,7190	1,1721,E+02
CHCl3	3076061,0406	393956,9415	7,3232,E+04
H2O	700126,9847	22182,9938	6,3684,E+03
total	3781552,1559	4,1646,E+05	7,9718,E+04
Qpendingin = (HV1+HV2)-H	4118296,9213		

Tabel 3. 14 Neraca Panas *Reboiler* (RB)

komponen	input (kJ/jam)	output (kJ/jam)
Acetone	7,3794,E+02	0,0000,E+00
Chloroform	4,6143,E+05	1,7229,E+03
Air	3,6915,E+05	1,3582,E+05
total	8,3132,E+05	1,3754,E+05
$\Delta H Q = H_{in} - H_{out}$	6,9377,E+05	

Tabel 3. 15 Neraca Panas *Heater* - 01 (HE-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	1	4
Acetone	988	280756,211

Air	70894	1623,913755
Sub Total	12935,75697	282380,1247
Q Pemanas	269444,3678	
Total	282380,1247	282380,1247

Tabel 3. 16 Neraca Panas Heater - 02 (HE-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
sodium hypochlorite	289162,2774	1990775,183
Air	543747,7167	1446907,156
Sub Total	832909,9941	3437682,339
Q Pemanas	2604772,344	
Total	3437682,339	3437682,339

Tabel 3. 17 Neraca Panas Cooler - 01 (HE-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output
		7
Aceton	6312,3549	1032,7414
Chloroform	20737,5049	90042,6901
Air	1041388,6817	544357,9835
Natrium Klorida	535159,7159	204104,6107
Natrium Hidroksida	363688,0308	138184,0602

Sodium Hypoclorite	47729,57643	7859,846602
Sodium Acetate	216274,8626	78115,00518
Sub Total	2231290,7273	1063696,9379
Cooling water	-1167593,789	
Total	1.063.696,9379	1.063.696,9379

Tabel 3. 18 Neraca Panas Heater - 03 (HE-04)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Acetone	356,4193522
Chloroform	90042,69014	3491,270952
Air	2077659,008	1656053,323
Sub Total	2168058,118	1660304,314
Q Pemanas	-507753,8038	
Total	1660304,314	1660304,314

Tabel 3. 19 Neraca Panas Cooler - 02 (HE-05)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Chloroform	457.892,8975
Air	366536,5027	111217,6843

Sub Total	824.429,4002	112.622,4842
Cooling water	-711806,9159	
Total	112.622,4842	112622,4842

Tabel 3. 20 Neraca Panas Cooler - 03 (HE-06)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Acetone	732,1861501
Chloroform	457.892,8975	148.009,2152
Air	366.536,5027	12754,66003
Sub Total	825.161,5863	161.496,0614
Cooling water	-663665,5249	
Total	161.496,0614	161.496,0614

3.2. Spesifikasi Alat

1) Mixer

Kode	M-01
Fungsi	Mencampurkan natrium hipoklorit dan H ₂ O untuk menghasilkan larutan natrium hipoklorit
Jenis	Tangki silinder tegak, <i>head</i> dan <i>bottom Torispherical Dished Head</i> , beserta pengaduk
Bahan	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	T = 30 °C, P = 1 atm
Volume	5.641,61 L
Diameter	1,68 m
Tinggi	3,29 m
Tebal <i>Shell</i>	0,18 in
Tebal <i>Head & Bottom</i>	0,18 in
Pengaduk <i>Mixer</i>	Jenis = <i>Six-Flat Blade Turbine</i> Jumlah <i>Baffle</i> = 4 Panjang <i>Baffle</i> = 1,847m Lebar <i>Baffle</i> = 0,09 m Diameter <i>Impeller</i> = 0,562 m

Kecepatan putaran = 140,257 rpm

Daya = 2,906 Hp

2) Reaktor (01.02,03)

Kondisi Operasi

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

Dimensi

- Diameter : 2,5865 m
- Tinggi : 4,711m
- Tebal *shell* : 4/16 in
- Tebal *head* : 4/16 in

Pengaduk

- Tipe : *Turbin with 6 flat blade*
- Jumlah *baffle* : 4
- Diameter pengaduk : 0,862 m
- Tinggi pengaduk : 3,362 m
- Lebar pengaduk : 0,215 m
- Lebar *baffle* : 0,1465 m
- Efisiensi / Putaran : 80% / 68 rpm

- Daya

motor : 25 Hp Jacket

pendingin Reaktor (R-01)

- Bahan jaket : Stainless steel
- Diameter dalam jaket : 2,598 m
- Diameter luar jaket : 2,852 m
- Tinggi jaket : 2,587 m
- Tebal jaket : 1/3 in
- Luas selubung reactor : 21,007 m²
- Luas transfer panas : 20,792 m²

3) Dekanter

Kode	D-01
Fungsi	Tempat memisahkan larutan berdasarkan densitas
Jenis	Dekanter vertikal, dengan tutup <i>Torispherical Head</i>
Bahan	<i>Stainless Steel 304</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	T = 40 °C, P = 1 atm
Volume	4,308 m ³

Diameter	1,3901 m
Tinggi	4,1704 m
Tebal <i>Shell</i>	0,1460 in
Tebal <i>Head</i>	0,1436 in

4) Menara Distilasi

Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan produk kloroform dengan komponen lain berdasarkan perbedaan titik didihnya
Tipe	<i>Plate column</i>
Jumlah	1 buah Kondisi Operasi
• Umpan	: P = 1 atm, T = 78,05°C
• Distilat	: P = 2,18 atm, T = 63,607°C
• Bottom	: P = 2,45 atm, T = 99,525°C

Tipe	<i>Sieve tray</i>
Jumlah <i>plate</i>	30 <i>plate</i>
Feed <i>plate</i>	<i>plate</i> 14 (dari atas)
Plate spacing	0,3
Material	<i>Carbon Steel</i>

Kolom/Shell :

Tinggi menara	12,2676 m
Diameter <i>enriching</i>	1,376 m
Diameter <i>stripping</i>	1,528 m
Tebal dinding <i>enriching</i>	0,1875 in
Tebal dinding <i>stripping</i>	0,1875 in

Head :

Tipe	<i>Torispherical dished head</i>
Tebal Head	0,1875 in
Tinggi Head	0,5538 m
Material	<i>Stainless Steel SA 283, Grade C</i>

5) Tangki Penyimpanan Aseton (TP-01)

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku aseton selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal dan beratap elip

Kondisi Penyimpanan

- a. Suhu : 30°C
- b. Tekanan : 1 atm Dimensi Tangki
- c. Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- d. Diameter : 18,288 m
- e. Tinggi : 7,315 m
- f. Volume : 1720,363 m³ Dimensi Head
- g. Jenis : *Elliptical dished head*

- h. Tebal : 0,25 in
- i. Tinggi : 0,731 m

6) Tangki Penyimpanan Oksigen (TP-02)

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

Tipe : *Spherical tank*

Kondisi Penyimpanan

- a. Suhu : 65°C
- b. Tekanan : 5 atm
- Dimensi Tangki
- c. Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- d. Diameter : 5,13 m
- e. Tinggi : 5,13 m
- f. Tebal : 0,88 in
- g. Volume : 71 m³

7) Tangki Penyimpanan Produk Kloroform (TP-03)

Fungsi : Untuk menyimpan produk kloroform selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal dan beratap elip

Kondisi Penyimpanan

- a. Suhu : 40°C
- b. Tekanan : 1 atm

Dimensi Tangki

- c. Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
- d. Diameter : 18,288 m
- e. Tinggi : 7,315 m
- f. Volume : 1853,760 m³ Dimensi Head
- g. Jenis : *Elliptical dished head*
- h. Tebal : 0,25 in
- i. Tinggi : 0,731 m

8) *Condensor (CD)*

- Fungsi : Mengembunkan larutan
- Jenis alat : *Double pipe*
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
- Jumlah : 1 unit
- Kebutuhan pendingin : 57806,05875 kg/jam
- Luas transfer panas : 4,80 ft²

Kondisi operasi

- Hot fluid :
- T in : 63,607°C

- T out : 37,466°C

Cold fluid :

- T in : 30°C

- T out : 50 °C

Spesifikasi *Annulus* :

- OD : 6,625 in

- ID : 6,065 in

- *Pressure drop* : 0,6345 psi

Spesifikasi *Inner pipe* :

- OD : 4,5 in

- ID : 4,026 in

- *Pressure drop* : 1,1913 psi

- UD : 2 Btu/jam.ft².°F

Dirt factor : 0,4786

Jumlah hairpin : 1

Required length : 5,0686 lin ft

Surface actual : 1,055 ft

9) *Reboiler (Re)*

Fungsi : Menguapkan cairan hasil bawah MD-01

Jenis : Kettle reboiler (Double pipe)

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Hot fluid : 374 °C
- Cold fluid :
- T in : 99,9229 °C
- T out : 99,9679 °C

Spesifikasi Annulus

- Fluida : Bottom dari MD-01
- IPS : 4
- OD : 4,5 in
- ID : 4,026 in
- Sch.No : 40
- Pressure drop : 0,17 psi

Spesifikasi Inner pipe

- Fluida : Steam
- IPS : 2
- OD : 2,38 in
- ID : 2,067 in
- Sch.No : 40
- Pressure drop : 5,4593 psi

UD : 100 Btu/ft².°F.jam

Dirt factor : 0,0014

Jumlah hairpin : 1 buah

Required length : 23,1574 lin ft

Surface actual :12,5513 ft²/lin ft

10) **Heater - 01**

Fungsi : Memanaskan aseton dari tangki 01 yang masuk dari suhu 30 C menjadi 65 C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Annulus : steam

Inner pipe : larutan umpan Spesifikasi Pipa Dalam

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

dalam : 2,067 in

Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 3 in
- Diameter Luar : 3,5 in
- Diameter Dalam : 3,068 in

Luas Transfer Panas : 10,022 ft²

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 37221,14 BTU/(jam.ft².°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud)	: 100 BTU/(jam.ft ² .°F)
Faktor Kotor Total (Rd)	: 0,01 (jam.ft ² .°F)/BTU
Rd min	: 0,001 (jam.ft ² .°F)/BTU
Jumlah <i>hairpin</i>	: 8 buah
Panjang pipa	: 20 ft

11) **Heater – 02**

Fungsi : Memanaskan larutan hipoklorit dari mixer yang masuk ke reaktor dari suhu 30 C menjadi 65 C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran Fluida

Annulus : steam

Inner pipe : larutan umpan Spesifikasi Pipa Dalam

a. Ukuran pipa (IPS) : 3 in

b. Diameter luar : 3.5 in

c. Diameter

dalam

: 3,068 in

Spesifikasi Pipa Luar

d. Ukuran pipa (IPS) : 4 in

e. Diameter Luar : 4,5 in

f. Diameter Dalam : 4,026 in

Luas Transfer Panas : 186,3445 ft²

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 49137,16 BTU/(jam.ft².°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 200 BTU/(jam.ft².°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,005 (jam.ft².°F)/BTU

Rd min : 0,001 (jam.ft².°F)/BTU

Jumlah *hairpin* : 5 buah

Panjang pipa : 20 ft

12) **Heater – 03**

Fungsi : Memanaskan hasil keluar dekanter dari suhu 40 C
menjadi 78 C

Tipe : *Shell & Tube Heat Exchanger*

Shell

Fluida dingin : Larutan natrium hipoklorit

ID *Shell* : 17 1/4 in

Baffle space : 4 1/4 in

Jumlah aliran : 1 *pass*

Tube

Fluida panas : air panas

OD : 0,75 in

Panjang : 16 ft

Jumlah : 177 buah

Pitch : 1 *square pitch*

Luas Transfer Panas : 478,49 ft²

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 70689,64 BTU/(jam.ft².°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 181,61 BTU/(jam.ft².°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,0055 (jam.ft².°F)/BTU

Rd min : 0,003 (jam.ft².°F)/BTU

13) Cooler - 01

Fungsi : Mendinginkan hasil keluaran 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) : 2 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Diameter dalam : 2,067 in

Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 1.25 in
- Diameter Luar : 1,66 in
- Diameter Dalam : 1,38 in

Luas Transfer Panas : 10,022 ft²

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 56680.35 BTU/(jam.ft².°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 130 BTU/(jam.ft².°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,199 (jam.ft².°F)/BTU

Rd min : 0,001 (jam.ft².°F)/BTU

Jumlah *hairpin* : 2 buah

Panjang pipa : 12 ft

14) Cooler - 02

Fungsi : Mendinginkan hasil bawah MD dari suhu 99.525 °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) : 2 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Diameter dalam : 2,067 in

Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 1,25 in

- Diameter Luar : 1,66 in
- Diameter Dalam : 1,38 in

- Luas Transfer Panas : 9,243 ft²
- Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 903.57 BTU/(jam.ft².°F)
- Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 5 BTU/(jam.ft².°F)
- Faktor Kotor Total (Rd) : 0,1989 (jam.ft².°F)/BTU
- Rd min : 0,001 (jam.ft².°F)/BTU
- Jumlah *hairpin* : 2 buah
- Panjang pipa : 12 ft

15) Cooler - 03

Fungsi : Mendinginkan hasil atas MD dari suhu 63.607 °C
menjadi 40 °C

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Aliran fluida:

Annulus : air pendingin *Inner pipe* : hasil atas MD

Spesifikasi Pipa Dalam

- Ukuran pipa (IPS) : 2 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Diameter dalam : 2,067 in

Spesifikasi Pipa Luar

- Ukuran pipa (IPS) : 1,25 in

○ Diameter Luar : 1,66 in

○ Diameter Dalam : 1,38 in

Luas Transfer Panas : 12,46 ft²

Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) : 1504,85

BTU/(jam.ft².°F)

Koefisien Transfer Panas Kotor (Ud) : 5 BTU/(jam.ft².°F)

Faktor Kotor Total (Rd) : 0,1993

(jam.ft².°F)/BTU

Rd min : 0,001 (jam.ft².°F)/BTU

Jumlah *hairpin* : 3 buah

Panjang pipa : 12 ft

16) Accumulator (Acc)

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 : 303,18°C

Dimensi *accumulator*:

Volume : 9,92 ft³

Panjang : 1,0017 m

Diameter : 0,285 m

Tebal shell : 0,875 in

Tebal head : 0,875 in

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

17) Screw Conveyor (SC)

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

Kondisi Proses

Bahan : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 28.63 ton/jam

Diameter *flights* : 14 in

Diameter pipa : 3,5 in

Diameter *shaft* : 3 in

Panjang : 15 ft

Putaran : 55 rpm

Tenaga motor : 2,25 Hp

18) 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 : 27 ton/jam

Ukuran *bucket* : (8 x 5 x 5,5) in

Lebar *bucket* : 5 in

Jarak antar *bucket* : 14 in

Kecepatan *bucket* : 223 ft/menit

Putaran : 43 rpm

Tenaga motor : 3 Hp

Lebar *belt* : 9 in

19) *Bin / Hopper Feeder*

Fungsi : Menyimpan umpan natrium hipoklorit

Kondisi Penyimpanan

Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Suhu : 30°C

Tekanan : 1,2 atm

Diameter : 2,76 m

Tebal *shell* : 0,72 in

Tinggi : 7,2 m

Volume : 48,7 m³

20) Expansion Valve

Fungsi : Menurunkan tekanan campuran cairan keluar reaktor
dari 2 atm menjadi 1 atm.

Jenis : *Globe valve*

Bahan : *Stainless steel 316*

Jumlah aliran massa : 33093,21 kg/jam

Suhu aliran : 65 °C

Tekanan masuk : 2 atm

Tekanan keluar : 1 atm

Diameter masuk

NPS : 16 in

OD : 16 in

ID : 15,25 in

Diameter keluar

NPS : 18 in

OD : 18 in

ID : 17,25 in

Jumlah : 1

21) Kompresor

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

Jenis : *Centrifugal compressor first stage*

Tekanan masuk : 2 atm

Tekanan keluar : 5 atm

Kebutuhan udara : 506,95 kg/jam

Daya motor : 100 HP

Jumlah : 1

22) **Pompa 01**

Fungsi : Mengalirkan bahan baku aseton ke reaktor

Jenis : *Centrifugal pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 131,28 gpm

Daya motor : 10 HP

NPS : 4 in

Schedule number : 40

ID : 4,026 in

OD : 4,5 in

Total friksi : 0,1186 ft.lbf/lbm

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

23) **Pompa 02**

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

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 86,1 gpm

Daya motor : 10 Hp

NPS : 4 in

Schedule number : 40

ID : 4,026 in

OD : 4,5 in

Total friksi : 12,27 ft.lbf/lbm

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

24) Pompa 03

Fungsi : Mengalirkan produk hasil dari reaktor ke dekanter

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 3 buah

Dimensi

Kapasitas : 65,28 gpm

Daya motor : 15 Hp

NPS : 3 in

Schedule number : 40

ID : 3,068 in
OD : 3,5 in
Total friksi : 0,087 ft.lbf/lbm
Bahan konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

25) Pompa 04

Fungsi : Mengalirkan hasil atas dekanter ke MD

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 15,49 gpm

Daya motor : 20 Hp

NPS : 1,5 in

Schedule number : 40

ID : 1,61 in

OD : 1,9 in

Total friksi : 0,064 ft.lbf/lbm

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

26) Pompa 05

Fungsi : Mengalirkan hasil bawa dekanter ke UPL

Jenis : *Centrifugal pump*

Tipe : *Mixed Flow*
Jumlah : 1 buah
Dimensi
Kapasitas : 48,82 gpm
Daya motor : 15 Hp
NPS : 3 in
Schedule number : 40
ID : 3,068 in
OD : 3,5 in
Total friksi : 0,049 ft.lbf/lbm
Bahan konstruksi : *Commercial steel, 316 Stainless steel gitting*

27) **Pompa 06**

Fungsi : Mengalirkan hasil atas MD ke tangki penyimpanan produk
Jenis : *Centrifugal pump*
Tipe : *Mixed Flow*
Jumlah : 1 buah
Dimensi
Kapasitas : 13,015 gpm
Daya motor : 15 Hp
NPS : 1,5 in
Schedule number : 40
ID : 1,61 in
OD : 1,9 in

Total friksi : 0,045 ft.lbf/lbm

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

28) Pompa 07

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah MD ke UPL

Jenis : *Centrifugal pump*

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas : 3,299 gpm

Daya motor : 10 Hp

NPS : 0,75 in

Schedule number : 40

ID : 0,82 in

OD : 1,05 in

Total friksi : 0,042 ft.lbf/lbm

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

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 factor 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. 115.000/kg, sedangkan bahan baku kaporit dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dengan harga Rp 11.800/kg. Harga kloroform di pasaran dapat mencapai Rp 221.000/kg, jadi pembuatan kloroform sangat menguntungkan.

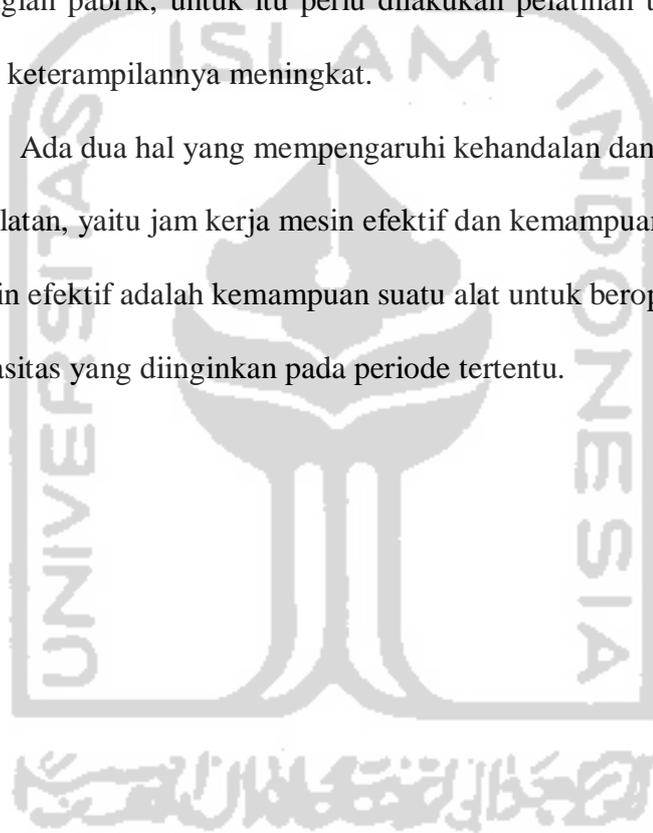
Kemampuan pasar dapat dibagi menjadi dua kemungkinan, kemungkinan pertama yaitu saat kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Sedangkan kemungkinan kedua yaitu saat kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Bila yang terjadi adalah kemungkinan kedua maka ada alternatif yang dapat diambil yaitu: rencana produksi dapat 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 :



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

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 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 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. Kemasyarakatan

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 penyimpanan 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.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

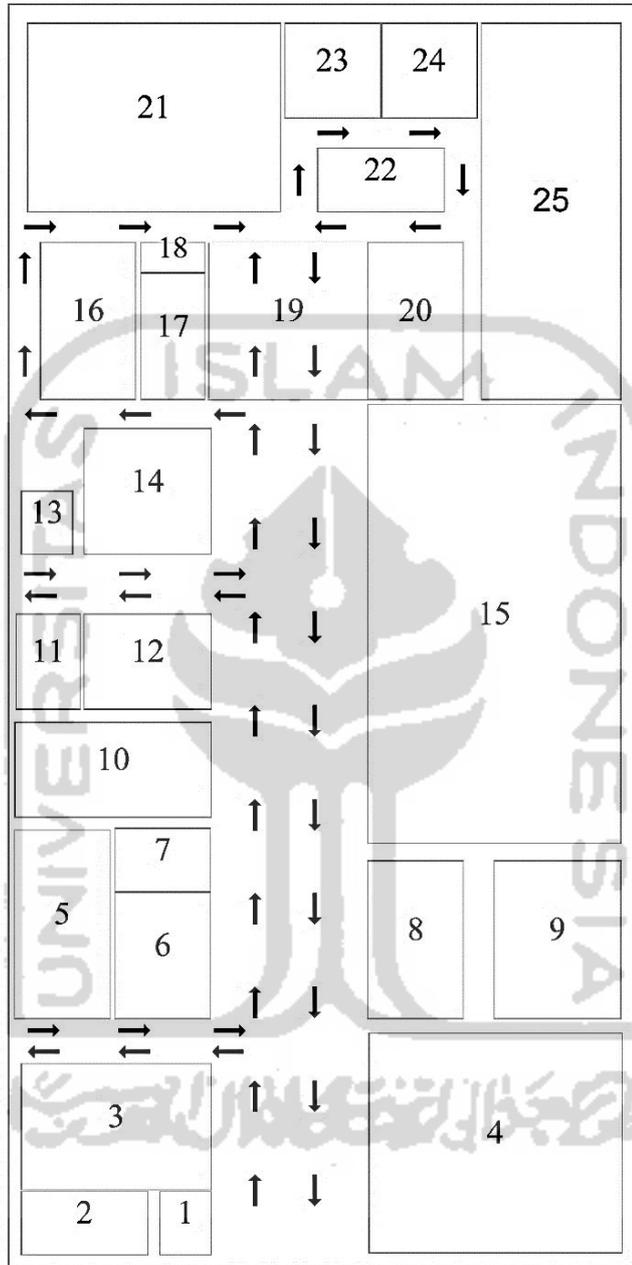
No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		M	m	m ²
1	Area Proses	70	40	2800
2	Area Utilitas	60	22	1320
3	Aula dan Olahraga	25	15	375
4	Bengkel	15	10	150
5	G. Bahan Baku dan Produk	25	15	375
6	Gudang Peralatan	25	15	375
7	Kantin	20	10	200
8	Kantor	30	40	1200
9	Laboratorium	15	31	465
10	Parkir Karyawan dan Tamu	20	30	600
11	Parkir VIP	4,7	10	47
12	Parkir Truk	25	25	625
13	Poliklinik	10	15	150
14	Pos Keamanan 1	10	8	80
15	Pos Keamanan 2	10	8	80
16	Control Room Proses	15	15	225
17	Control Room Utilitas	15	15	225
18	Mess	20	20	400
19	Masjid	30	15	450

20	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
21	Unit Pengolahan Limbah	25	20	500
22	Taman 1	20	15	300
23	Taman 2	10	20	200
24	Area Hijau	10	20	200
25	Daerah Perluasan	35	40	1400
Luas Tanah				13042

Dalam uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari pembuatan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

- a) Mengadakan integrasi terhadap semua faktor yang mempengaruhi produk.
- b) Mengalirkan kerja dalam pabrik sesuai dengan jalannya diagram alir proses.
- c) Mengerjakan perpindahan bahan sesedikit mungkin.
- d) Menggunakan seluruh areal secara efektif.
- e) Menjamin keselamatan dan kenyamanan karyawan.
- f) Mengadakan pengaturan alat-alat produksi yang fleksibel.

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



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dengan Skala 1:1000

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. Pos Keamanan 1 | 14. Mess |
| 2. Area Hijau | 15. Area Proses |
| 3. Parkir Karyawan dan Tamu | 16. Aula |
| 4. Daerah Perluasan | 17. Kantin |
| 5. Masjid | 18. Parkir VIP |
| 6. Taman 1 | 19. Parkir Truk |
| 7. Poliklinik | 20. Gudang Bahan Baku dan Produk |
| 8. Gudang Alat | 21. Kantor |
| 9. Unit Pengolahan Limbah | 22. Taman 2 |
| 10. Laboratorium | 23. <i>Control Room Process</i> |
| 11. Bengkel | 24. <i>Control Room Utility</i> |
| 12. Unit Pemadam Kebakaran | 25. Area Utilitas |
| 13. Pos Keamanan 2 | |

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 berproduksi 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. Perawatantiap- 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

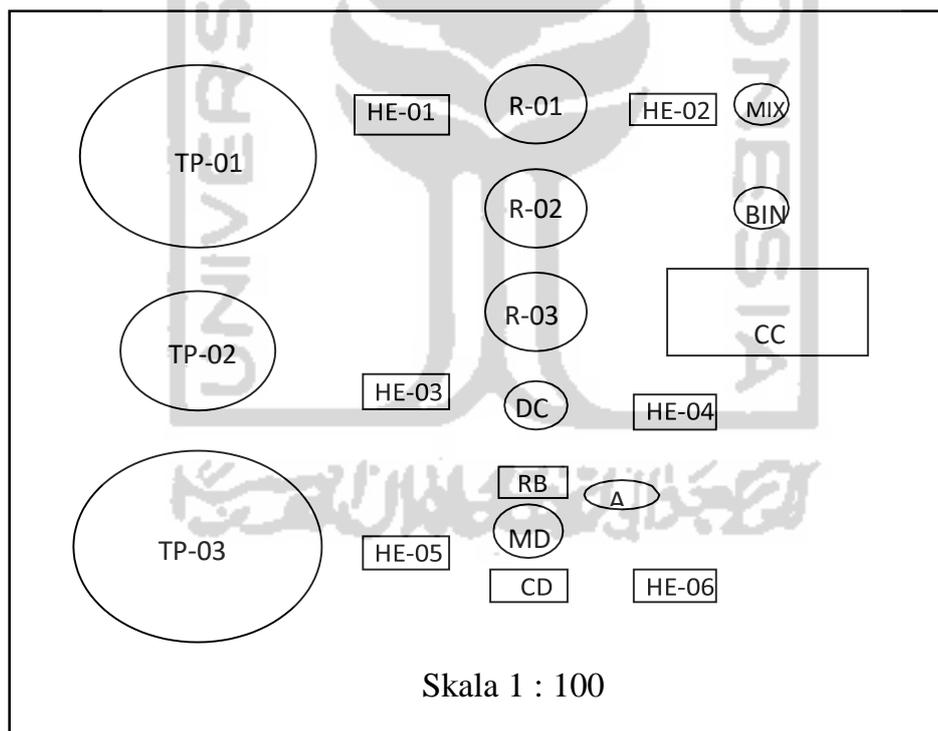
Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

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

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai

- Biaya penanganan material menjadi rendah dan menyebabkan turunnya pengeluaran untuk kapital 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 4.3



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

AC	= Accumulator	MD	= Menara Distilasi
BIN	= Hopper Feeder	R	= Reaktor

CD	= <i>Condenser</i>	RB	= <i>Reboiler</i>
DC	= Dekanter	TP	= Tangki
HE	= <i>Heat Exchanger</i>	MIX	= <i>Mixer</i>
CCR	= <i>Central Control Room</i>		

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

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik, pada umumnya sumber air diperoleh dari air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut. Dalam produksi kloroform ini, air sungai dipilih untuk keperluan lingkungan pabrik. Air sungai Cidanau yang dekat dengan lokasi pabrik digunakan untuk keperluan pabrik sebagai:

1. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dari alat yang membutuhkan pendinginan.

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan

dinginkan kembali seluruhnya di dalam cooling tower. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi didalam cooling tower ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air make up yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler

Umpan atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu:

- a) Tidak membuih (berbusa)
- b) Tidak membentuk kerak dalam reboiler
- c) Tidak menyebabkan korosi pada pipa
- d) Air Umpan Boiler

3. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna :jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut merupakan tahap-tahap pengolahan air:

1. *Clarifier*

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan yang digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisik, kimia

maupun *ion exchanger*. Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan, kemudian air bahan baku dialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran *clarifier* sedangkan flok yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi.

2. Penyaringan

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju saringan pasir dengan tujuan untuk memisahkan dengan partikel-partikel padatan yang terbawa. Air setelah penyaringan tersebut dialirkan menuju tangki penampung yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi.

3. Demineralisasi

Air umpan boiler harus bebas dari garam yang terlarut, maka proses demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung. Berikut adalah tahapan pengolahan air umpan boiler:

a. *Cation Exchanger*

Kation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation - kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari kation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Sehingga air yang keluar dari kation

tower adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan Hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube boiler.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boilerfeed water*).

4.5.1.3 Perhitungan Kebutuhan Air

a) Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Cooler 1</i>	108,3096
2	<i>Cooler 2</i>	184,2199
3	<i>Cooler 3</i>	131,5820
4	<i>Condenser</i>	49.128,8624
5	Reaktor 1	319.668,3124
6	Reaktor 2	22.060,2843
7	Reaktor 3	4363,6822
	Total	395645,2530

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 didapatkan air *make up* sebesar 10.761,5509 kg/jam. Perancangan dibuat *over*

design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin listrik menjadi 474774,3036 kg/jam.

b) Kebutuhan Air Pemanas

Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater 01	HE-01	1662,680694
Heater 02	HE-02	3438,325872
Heater 03	HE-03	5316,962039
Reboiler-01	RB-01	4031,229713
Total		14449,19832

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pembangkit listrik menjadi 17339,03798 kg/jam.

c) Kebutuhan Air Proses

Pada pabrik Chloroform air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 792,9561 kg/jam yang digunakan untuk keperluan proses di Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF).

d) **Kebutuhan Air Perkantoran dan Rumah Tangga**

Dianggap 1 orang membutuhkan = 100 L/hari (sularso p. 15)

Jumlah karyawan = 180 orang

Kebutuhan air untuk tiap karyawan = 4,263 kg/jam

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 767,260 kg/jam

Jumlah mess = 60 rumah

Jumlah penghuni = 3 orang / rumah

Kebutuhan air setiap orang = 200 kg / hari

Total kebutuhan air untuk mess = 36.000 kg/hari

kebutuhan air secara kontinyu = 1.500kg/jam

Sehingga kebutuhan total air domestik = 2267,259 Kg/jam

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (service water) seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran dll sebesar 700 kg/jam.

4.5.2. Unit Penyediaan Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan steam pada produksi dengan cara menyediakan steam untuk boiler. Sebelum air dari water treatment plant digunakan sebagai umpan boiler, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Air kemudian dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu alat penukar panas dengan tujuan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran residu boiler. Gas dari sisa pembakaran

tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul kemudian dialirkan menuju steam header untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

4.5.3. Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN.

Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena :

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk AC
2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel
3. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
4. Listrik untuk penerangan
5. Listrik untuk instrumentasi

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan listrik untuk alat proses :

Tabel 4. 4 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
RATB-01	R-01	13,19280645	9837,876
RATB-02	R-02	13,193	9837,876
RATB-03	R-03	13,193	9837,876
Menara Distilasi-01	MD-01		
Pompa 1	P-01	10,000	7457,000
Pompa 2	P-02	10,000	7457,000
Pompa 3	P-03	15,000	11185,500
Pompa 4	P-04	20,000	14914,000
Pompa 5	P-05	15,000	11185,500
pompa 6	P-06	15,000	11185,500
Pompa 7	P-07	10,000	7457,000
TOTAL		134,578	100355,127

2. Kebutuhan listrik untuk alat utilitas :

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,000	1491,400
Blower Cooling Tower	BL-01	40,000	29828,000
Kompresor Udara	CP-01	5,000	3728,500
Pompa-01	PU-01	10,000	7457,000
Pompa-02	PU-02	30,000	22371,000
Pompa-03	PU-03	25,000	18642,500
Pompa-04	PU-04	1,000	745,700
Pompa-05	PU-05	25,000	18642,500
Pompa-06	PU-06	30,000	22371,000
Pompa-07	PU-07	15,000	11185,500
Pompa-08	PU-08	20,000	14914,000
Pompa-09	PU-09	20,000	14914,000
Pompa-10	PU-10	0,050	37,285
Pompa-11	PU-11	0,250	186,425
Pompa-12	PU-12	0,750	559,275
Pompa-13	PU-13	0,083	62,142
Pompa-14	PU-14	0,083	62,142

Pompa-15	PU-15	15,000	11185,500
Pompa-16	PU-16	20,000	14914,000
Pompa-17	PU-17	0,050	37,285
Pompa-18	PU-18	2,000	1491,400
Pompa-19	PU-19	1,000	745,700
Pompa-20	PU-20	0,050	37,285
Pompa-21	PU-21	2,000	1491,400
Total		264,317	197100,938

Kebutuhan listrik utilitas dan keperluan lain seperti alat-alat kontrol, instrumentasi dan penerangan sebesar 74,364 Kw. Jadi total kebutuhan listrik adalah 565,675 Kw. Energi utama diperoleh dari listrik PLN dengan kekuatan 3500 Kw dengan bahan bakar solar.

4.5.4. Unit Penyediaan Udara

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara *pneumatic*. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 37,3824 m³/jam pada tekanan 6 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi silica gel untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

4.5.5. Unit 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.

c. Kolam Pembiakkan (*Seeding Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk membiakkan bakteri yang akan bekerja dalam kolam anaerob. Isi kolam ini sekitar 350 m³ 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*.

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.

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.

4.6. Spesifikasi Alat-alat Utilitas

4.6.1 Saringan / *Screening* (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya : daun, ranting dan sampah-sampah lainnya.

Bahan : Alumunium

Jumlah air : 395.080,601 kg/jam

4.6.2 Bak Pengendapan awal (B-01) / *Sedimentasi*

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi.

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 485.055,334 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 18,9764 m

- Lebar = 18,9764 m
- Tinggi = 9,4882 m

4.6.3 Bak Floktuator/ Bak Penggumpal (B-02)

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

Jumlah air : 460.802,567 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 8,830 m
- Tinggi = 8,830m

Pengaduk :

- Jenis = *Marine propeller 3 blade*
- Diameter = 8,830 m
- Power = 2 Hp

4.6.4 Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi.

Kebutuhan : 0,230 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,434 m
- Tinggi = 2,868 m

4.6.5 Bak Pengendap I (BU-02)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 460802,567 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 18,655 m

- Lebar = 18,655 m

- Tinggi = 9,327 m

4.6.6 Bak Pengendap II (BU-03)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 437762,439 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 18,338 m

- Lebar = 18,338 m

- Tinggi = 9,169 m

4.6.7 Sand Filter (FU-02)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Jumlah air : 415874,317 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 3,865 m
- Lebar = 3,865 m
- Tinggi = 1,932 m

4.6.8 Bak Penampung Sementara (BU-03)

Fungsi : Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*

Jumlah air : 395080,601 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 6,1865 m
- Lebar = 6,1865 m
- Tinggi = 3,0933 m

4.6.9 Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga.

Jumlah air : 2267,260 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,5133 m
- Tinggi = 1,5133 m

4.6.10 Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu

yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi
(TU-01).

Jumlah bahan : 0,016 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,197 m

- Tinggi = 0,197 m

4.6.11 Tangki Air Bersih (TU-01)

Fungsi : Menampung air keperluan kantor dan rumah
tangga.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 2267,260 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 3,199 m

- Tinggi = 3,199 m

4.6.12 Tangki *Service Water* (TU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan layanan umum.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 700 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,95 m

- Tinggi = 2,95 m

4.6.13 Tangki Air Bertekanan (TU-04)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan

layanan umum

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 700 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,95 m

- Tinggi = 2,95 m

4.6.14 Bak Air Pendingin (BU-04)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin.

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah air : 374774,304 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 9,653 m

- Lebar = 9,653 m

- Tinggi = 4,826 m

4.6.15 Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan.

Jumlah air : 374.774,304 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 7,674 m

- Lebar = 7,674 m

- Tinggi = 2,557 m

4.6.16 Blower Cooling Tower (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan

dengan air yang akan didinginkan.

Jumlah udara : 8.455.807,276 ft³/jam

Daya motor : 40 Hp

4.6.17 *Mixed Bed* (TU-05)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO₄, dan NO₃.

Jumlah air : 17339,038 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,344 m

- Tinggi = 1,219 m

- Tebal = 3/16 in

4.6.18 Tangki NaCl (T-02)

Fungsi : Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah NaCl 16,475 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,9415 m

- Tinggi = 1,9415 m

4.6.19 Tangki NaOH (T-03)

Fungsi : Menampung Larutan NaOH yang akan digunakan untuk mengregenerasi anion exchanger.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah NaOH : 4,119 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 0,810 m

- Tinggi = 0,810 m

4.6.20 Deaerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam *feed water* yang menyebabkan kerak pada reboiler.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 17339,038 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,9816 m

- Tinggi = 2,9816 m

4.6.21 Tangki N₂H₄ (TU-09)

Fungsi : Menyimpan larutan N₂H₄.

Tipe : Tangki silinder tegak

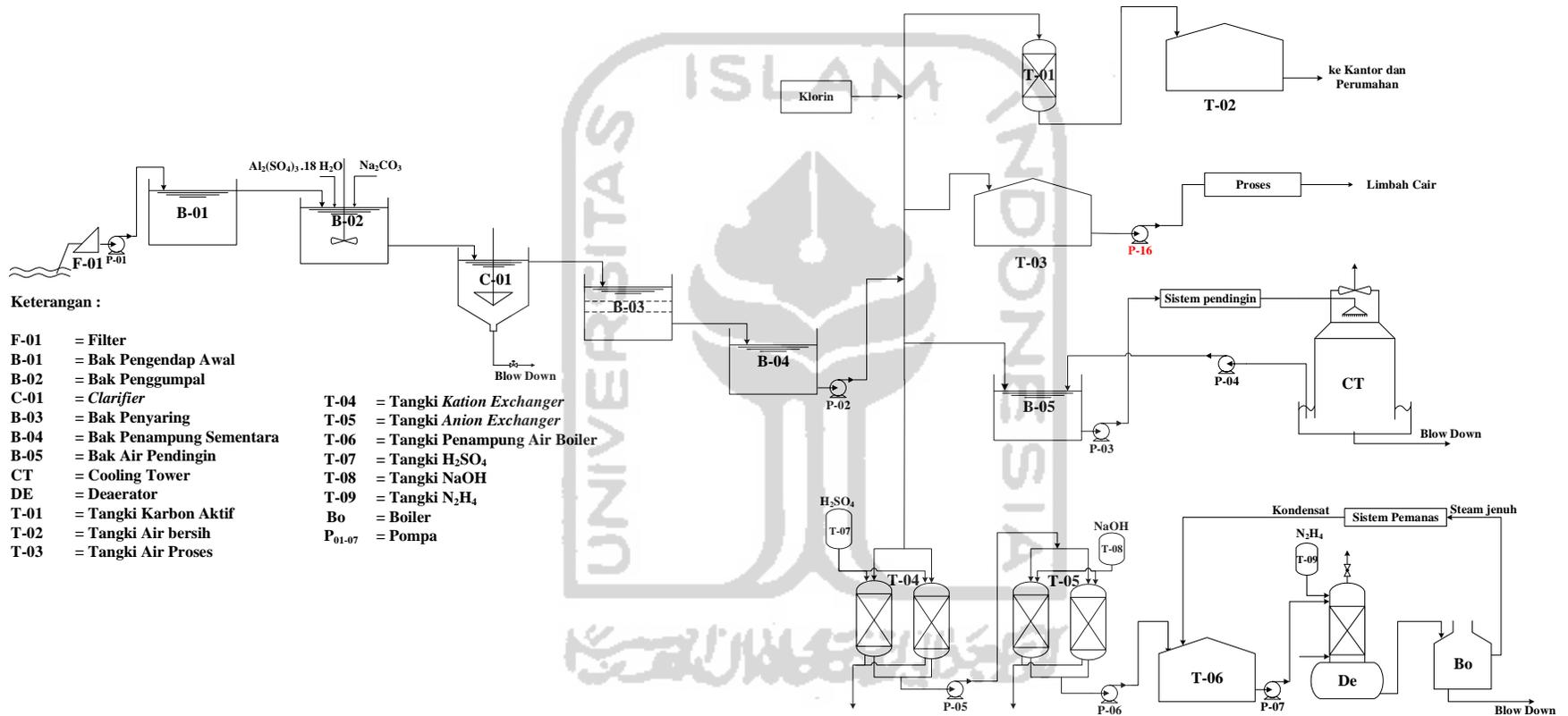
Jumlah air : 17.339,038 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,9979 m

- Tinggi = 2,9979 m

Unit Pengolahan Air Industri



Gambar 4. 4 Skema Unit Pengolahan

4.7. Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perencanaan pabrik *Chloroform* adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Bentuk perseroan terbatas memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a) Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum.

Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengelola perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka ijin diberikan. Dengan ijin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengelolaan intern perusahaan

- b) Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham).

Hal ini bermaksud bahwa perusahaan ini didirikan bukan

dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang terpisah. Kepemilikannya dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruhi olehnya.

c) Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar.

Perseroan terbatas sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang kompleks.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

- Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf, serta karyawan perusahaan.
- Lapangan usaha lebih luas.

- Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.

4.7.2 Struktur Organisasi

Untuk menjalankan segala aktifitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

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

- a) Perumusan tujuan perusahaan dengan 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 line 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 pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

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

- 1) Sebagai garis atau *line* 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 Utama yang dibantu oleh Manajer Produksi serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Produksi membawahi bidang

produksi, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membidangi yang lainnya. Manajer membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian daripada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan 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 dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

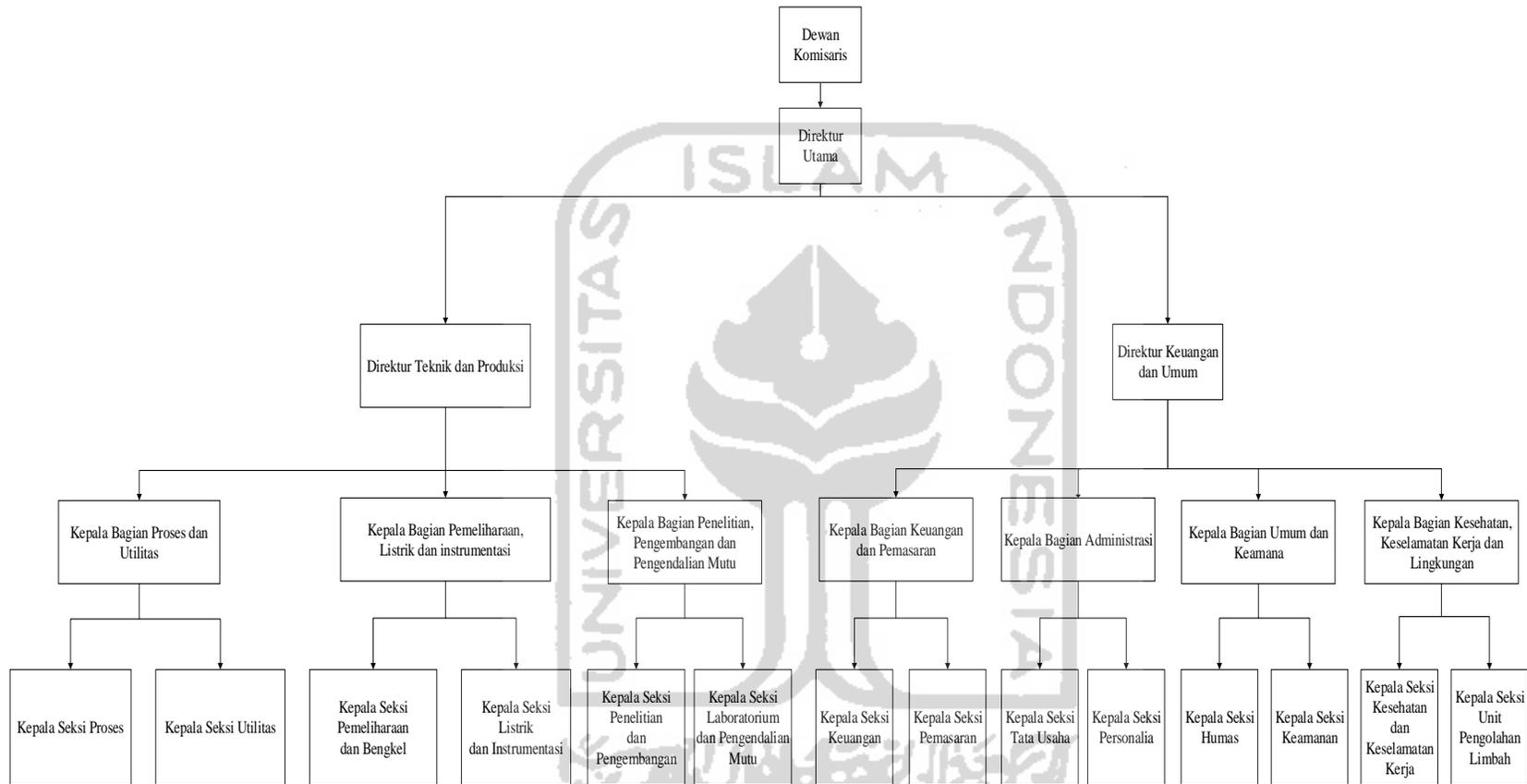
Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

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

- 4) Penyusunan program pengembangan manajemen.
- 5) Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat seperti gambar 4.4





Gambar 4. 5 Struktur Organisasi

4.7.3 Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut.

Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.7.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- b. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- c. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

4.7.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama direktur produksi dan teknik, serta direktur administrasi, keuangan dan umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

- a. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham di akhir masa jabatannya.
- b. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- d. Mengkoordinir kerjasama dengan direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

4.7.3.4 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 dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses serta penyediaan bahan baku dan utilitas.

b. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

c. Kepala Bagian Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

d. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Kepala Bagian Administrasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha dan personalia.

f. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

g. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.7.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

a. Kepala Seksi Proses

-Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

-Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

b. Kepala Seksi Utilitas

Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

c. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

d. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

e. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

f. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

g. Kepala Seksi Keuangan

Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

h. Kepala Seksi Pemasaran

Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

i. Kepala Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

j. Kepala Seksi Personalia

Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

k. Kepala Seksi Humas

Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

l. Kepala Seksi Keamanan

Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

m. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

n. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.7.3.6 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Sistem kepegawaian pada pabrik butil asetat ini terdapat dua bagian, yaitu jadwal kerja kantor (*non-shift*) dan jadwal kerja pabrik (*shift*).sedangkan gaji karyawan berdasarkan

pada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan resiko kerja.

1. Pembagian Jam Kerja Karyawan

a. Jam kerja karyawan non-shift

Senin – Kamis

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

Hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00

- Shift Sore : 15.00 – 23.00

- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 3 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk.

Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel

4.22 sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Jadwal Kerja

Hari/ Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
2	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
3	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
4	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Hari/ Regu	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
2	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
3	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
4	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = *Shift* Pagi

S = *Shift* Siang

M = *Shift* Malam

L = Libur

2. Jumlah Karyawan dan Gaji

a. Perincian Jumlah Karyawan dan Gaji

Tabel 4. 7 Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. Administrasi dan Personalia	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. Litbang dan Pengendalian Mutu	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. K3 dan Lingkungan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
Ka. Sek. UPL	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan dan bengkel	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Humas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. K3	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Litbang	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Karyawan Personalia	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Humas	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Litbang	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Pemasaran	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Tata Usaha	4	Rp 6.500.000	Rp 26.000.000
Karyawan Keuangan	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Proses	5	Rp 7.500.000	Rp 37.500.000
Karyawan Pengendalian Mutu dan Laboratorium	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5	Rp 7.300.000	Rp 36.500.000
Karyawan Utilitas	3	Rp 7.300.000	Rp 21.900.000
Karyawan K3	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Pengolahan Limbah	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
Karyawan Keamanan	15	Rp 4.200.000	Rp 63.000.000
Sekretaris	10	Rp 6.000.000	Rp 60.000.000
Dokter	3	Rp 14.000.000	Rp 42.000.000
Perawat	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
Supir	10	Rp 4.200.000	Rp 42.000.000
Cleaning Service	12	Rp 4.000.000	Rp 48.000.000
Total	138	Rp 630.000.000	Rp 1.199.100.000

b. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan pada tanggal 1 tiap bulannya.

Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji akan dilakukan sehari sebelumnya.

4.7.3.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Sebagai sarana kesejahteraan, seluruh karyawan pabrik selain menerima gaji setiap bulan, juga diberikan jaminan sosial berupa fasilitas-fasilitas dan tunjangan yang dapat memberikan kesejahteraan kepada karyawan. Tunjangan tersebut berupa :

- Tunjangan hari raya keagamaan
- Tunjangan jabatan
- Tunjangan istri dan anak
- Tunjangan rumah sakit dan kematian
- Jamsostek
- Uang makan

4.7.3.8 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.

- 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.

- Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk oleh perusahaan.

- Koperasi

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

- Tunjangan Hari Raya (THR)

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

- Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan. Bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

- Tempat ibadah

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

- Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan

beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersama dengan penerimaan gaji tiap bulan.

- Hak cuti
- Cuti tahunan

Diberikan pada karyawan selama 12 hari kerja dalam setaun.

- Cuti massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

- Cuti hamil

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

Adapun jenjang kepemimpinan dalam pabrik adalah sebagai berikut :

- Dewan komisaris/pemegang saham
- Direksi produksi
- Direktur umum
- Kepala bagian
- Kepala seksi
- Pegawai/operator

4.8. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) 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. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

- 1). Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2). Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3). Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga.

Tabel 4. 8 Harga Indeks

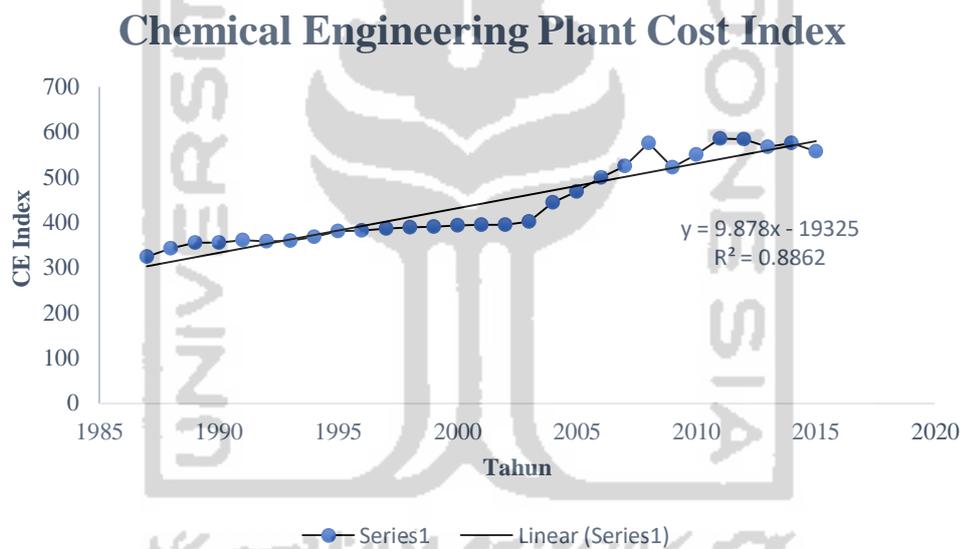
Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3

1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3

2014	576,1
2015	556,8

Sumber: www.chemengonline.com/pci

Berdasarkan data harga indeks tiap tahun tersebut, kemudian dilakukan regresi linear untuk mendapatkan harga indeks pada tahun perancangan pabrik yaitu tahun 2025. Regresi linear dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik Indeks Harga

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,878x - 19325$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah :

Tabel 4. 9 Harga Indeks Tahun Perancangan

Tahun	Indeks
2020	628,56
2021	638,438
2022	648,316
2023	658,194
2024	668,072
2025	677,95

Jadi, indeks pada tahun 2025 adalah 677,95

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries dan Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

(Aries dan Newton, 1955)

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx: Index harga pada tahun 2014

Ny: Index harga pada tahun referensi

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dimana : E_a = harga alat a

E_b = harga alat b

C_a = Kapasitas alat a

C_b = Kapasitas alat b

Tabel 4. 10 Harga Peralatan

NO	NAMA ALAT	KODE	JML	VARIABEL PENENTU	US\$
1	Tangki Acetone	T-01	1	Volume (gallon)	270.897,5699
2	Tangki Oksigen	T-02	1	Volume (gallon)	96.379,28311
3	Tangki Chloroform	T-03	1	Volume (gallon)	281.253,3414
4	Hopper Feeder	BIN	1	Volume (gallon)	7.626,555043
5	Kompresor	C	1	Power (HP)	84.964,39854
6	Mixer	MIX	1	Volume (gallon)	180.990,644
7	Reaktor	R-01	3	Volume (gallon)	356.215,0061
8	Decanter	DC	1	Volume (gallon)	47.542,40583
9	Menara Destilasi	MD	1	Volume (gallon)	69.430,74119

10	Condensor	CD	1	Luas (ft2)	82.140,09721
11	Accumulator	ACC	1	Volume (gallon)	2.157,083682
12	Cooler	CL-01	1	Luas (ft2)	7.116,203791
13	Cooler	CL-02	1	Luas (ft2)	8.189,473603
14	Cooler	CL-03	1	Luas (ft2)	1.891,893554
15	Heater	HE-01	1	Luas (ft2)	4.825,530656
16	Heater	HE-02	1	Luas (ft2)	2.614,820553
17	Heater	HE-03	1	Luas (ft2)	2.828,349502
18	Reboiler	RB	1	Luas (ft2)	145.451,5188
19	Bucket Elevator	BE	1	Luas (ft2)	18.240,27947
20	Screw Conveyor	SC	1	Luas (ft2)	49.778,31106
21	Pompa	P-01	1	Vol (gpm)	4.347,694174
22	Pompa	P-02	1	Vol (gpm)	14.542,7983
23	Pompa	P-03	1	Vol (gpm)	13.054,81514
24	Pompa	P-04	1	Vol (gpm)	5.759,244678
25	Pompa	P-05	1	Vol (gpm)	10.989,08584
26	Pompa	P-06	1	Vol (gpm)	4.790,67407
27	Pompa	P-07	1	Vol (gpm)	2.044,617649
Total					1.776.062,437

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi *Chloroform* = 50.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2025
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 14.818,-
Harga bahan baku (<i>Acetone</i>)	= Rp 115.000 /kg
Harga bahan baku (<i>Sodium Hypochlorite</i>)	= Rp 11.800 /kg
Harga produk (<i>Chloroform</i>)	= Rp 187.000 /kg
Harga produk samping (<i>Oxygen</i>)	= Rp 237.088 /kg

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 Capital Investment

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang

sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri yaitu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri investasi yang baik adalah:

- a. Investasi cepat kembali
- b. Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- c. Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

4.8.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

- a. Direct Cost

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

- b. Indirect Cost

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. Fixed Cost

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.8.3.3 General Expenses

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

a. Administrasi

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah *management salaries, legal fees and auditing*, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

b. Sales

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya *sales* diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu

diperkenalkan *sales expense* besar.

c. Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

4.8.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.8.4.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \%$$

4.8.4.2 *Pay Out Time (POT)*

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital*

Investment dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

4.8.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau

laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil-kecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.
- Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
- Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

Dimana

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.4 Shut Down Point (SDP)

Down Point merupakan Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena

keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

4.8.4.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash flow*' atau ' arus kas yang terdiskon', karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut* dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

Biasanya seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada suatu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu

(misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakan Persamaan

DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : Fixed capital

WC : Working capital

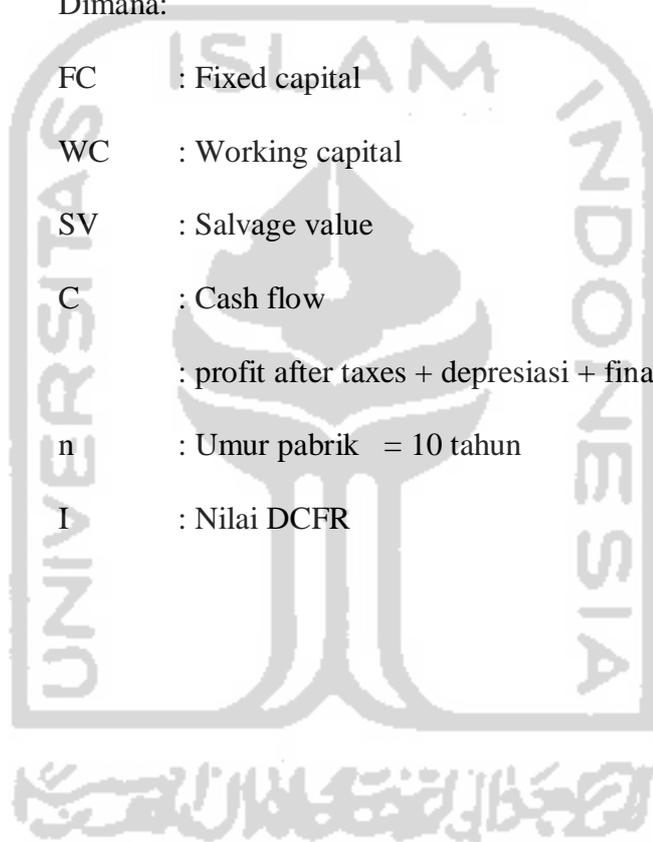
SV : Salvage value

C : Cash flow

: profit after taxes + depresiasi + finance

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR



4.8.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *Chloroform* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp 89.556.394.749	\$.043.757
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 22.389.098.687	\$.510.939
3	<i>Installation Cost</i>	Rp 15.877.361.239	\$.071.492
4	Pemipaan	Rp 50.850.378.403	\$.431.663
5	Instrumentasi	Rp 22.623.439.330	\$.526.754
6	Insulasi	Rp 3.628.279.001	\$ 44.856
7	Listrik	Rp 10.746.767.370	\$ 25.251
8	Bangunan	Rp 13.412.100.000	\$ 05.122
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 77.773.850.000	\$.248.606
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 306.857.668.780	\$ 0.708.440

Tabel 4. 12 Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 1.371.533.756	\$ 4.141.688
<i>(PPC) + (DPC)</i>		Rp 368.229.202.535	\$ 24.850.128

Tabel 4. 13 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	(PPC) + (DPC)	Rp 368.229.202.535	\$ 24.850.128
2	Kontraktor	Rp 18.411.460.127	\$ 1.242.506
3	Biaya tak terduga (<i>contingency</i>)	Rp 36.822.920.254	\$ 2.485.013
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp 423.463.582.916	\$ 28.577.648

Tabel 4. 14 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 2.243.743.420.813	\$ 151.420.126
2	<i>Labor</i>	Rp 16.297.200.000	\$ 1.099.825
3	<i>Supervision</i>	Rp 3.259.440.000	\$ 219.965
4	<i>Maintenance</i>	Rp 12.703.907.487	\$ 857.329
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.905.586.123	\$ 128.599
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 34.851.936.000	\$ 2.352.000
7	<i>Utilities</i>	Rp 75.073.399.229	\$ 5.066.365
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp 2.387.834.889.652	\$ 161.144.209

Tabel 4. 15 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.444.580.000	\$ 164.974
2	<i>Laboratory</i>	Rp 4.074.300.000	\$ 274.956

3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 9.778.320.000	\$ 659.895
4	<i>Packaging</i>	Rp 453.075.168.000	\$ 30.576.000
5	<i>Shipping</i>	Rp 34.851.936.000	\$ 2.352.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 504.224.304.000	\$ 34.027.825

Tabel 4. 16 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 33.877.086.633	\$ 2.286.212
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 4.234.635.829	\$ 285.776
3	<i>Insurance</i>	Rp 4.234.635.829	\$ 285.776
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 42.346.358.292	\$ 2.857.765

Tabel 4. 17 Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 2.387.834.889.652	\$ 161.144.209
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 504.224.304.000	\$ 34.027.825
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 42.346.358.292	\$ 2.857.765
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp2.934.405.551.944	\$ 198.029.798

Tabel 4. 18 Working Capital

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 47.594.557.411	\$ 3.211.942
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 4.446.069.018	\$ 300.045
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 62.244.966.253	\$ 4.200.632
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 73.928.3049.091	\$ 4.989.091
5	<i>Available Cash</i>	Rp 266.764.141.086	\$ 18.002.709
Working Capital (WC)		Rp 454.978.082.859	\$ 30.704.419

Tabel 4. 19 General Expense

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 108.573.005.422	\$ 7.327.103
2	<i>Sales expense</i>	Rp 152.589.088.701	\$ 10.297.550
3	<i>Research</i>	Rp 132.048.249.837	\$ 8.911.341
4	<i>Finance</i>	Rp 17.568.833.316	\$ 1.185.641
General Expense (GE)		Rp 410.779.177.276	\$ 27.721.634

Tabel 4. 20 Total Production Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 2.934.405.551.944	\$ 198.029.798

2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 410.779.177.276	\$ 27.721.634
Total Production Cost (TPC)		Rp 3.345.184.729.220	\$ 225.751.433

Tabel 4. 21 Fixed Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 33.877.086.633	\$ 2.286.212
2	<i>Property taxes</i>	Rp 4.234.635.829	\$ 285.776
3	<i>Insurance</i>	Rp 4.234.635.829	\$ 285.776
Fixed Cost (Fa)		Rp 42.346.358.292	\$ 2.857.765

Tabel 4. 22 Variabel Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 2.243.743.420.813	\$ 151.420.126
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 487.927.104.000	\$ 32.928.000
3	<i>Utilities</i>	Rp 75.073.399.229	\$ 5.066.365
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 34.851.936.000	\$ 2.352.000
Variable Cost (Va)		Rp 2.841.595.860.042	\$ 191.766.491

Tabel 4. 23 Ragulated Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 16.297.200.000	\$ 1.099.825

2	<i>Plant overhead</i>	Rp 9.778.320.000	\$ 659.895
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.444.580.000	\$ 164.974
4	<i>Supervision</i>	Rp 3.259.440.000	\$ 219.965
5	<i>Laboratory</i>	Rp 4.074.300.000	\$ 274.956
6	<i>General expense</i>	Rp 410.779.177.276	\$ 27.721.634
7	<i>Maintenance</i>	Rp 12.703.907.487	\$ 857.329
8	<i>Plant supplies</i>	Rp 1.905.586.123	\$ 128.599
Regulated Cost (Ra)		Rp 461.242.510.887	\$ 31.127.177

4.8.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Chloroform* = Rp 3.485.193.600.000 /Ton

Annual Sales (Sa) = Rp 3.485.193.600.000

Total Cost = Rp 3.485.193.600.000

Keuntungan sebelum pajak = Rp 139.918.877.980

Pajak Pendapatan = 25%

Keuntungan setelah pajak = Rp 104.939.158.485

4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.8.7.1 Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \%$$

ROI sebelum pajak = 33,04 %

ROI sesudah pajak = 24,78 %

4.8.7.2 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 2,3 tahun

POT sesudah pajak = 2,9 tahun

4.8.7.3 Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

$$BEP = 56,37 \%$$

4.8.7.4 Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \%$$

$$SDP = 40,26 \%$$

4.8.7.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 423.463.582.915,8220

Working Capital = Rp 454.978.082.859

Salvage Value (SV) = Rp 33.877.086.633

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*

CF = Rp 156.452.573.034

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

R= Rp4.431.672.974.758

S= Rp4.431.672.974.758

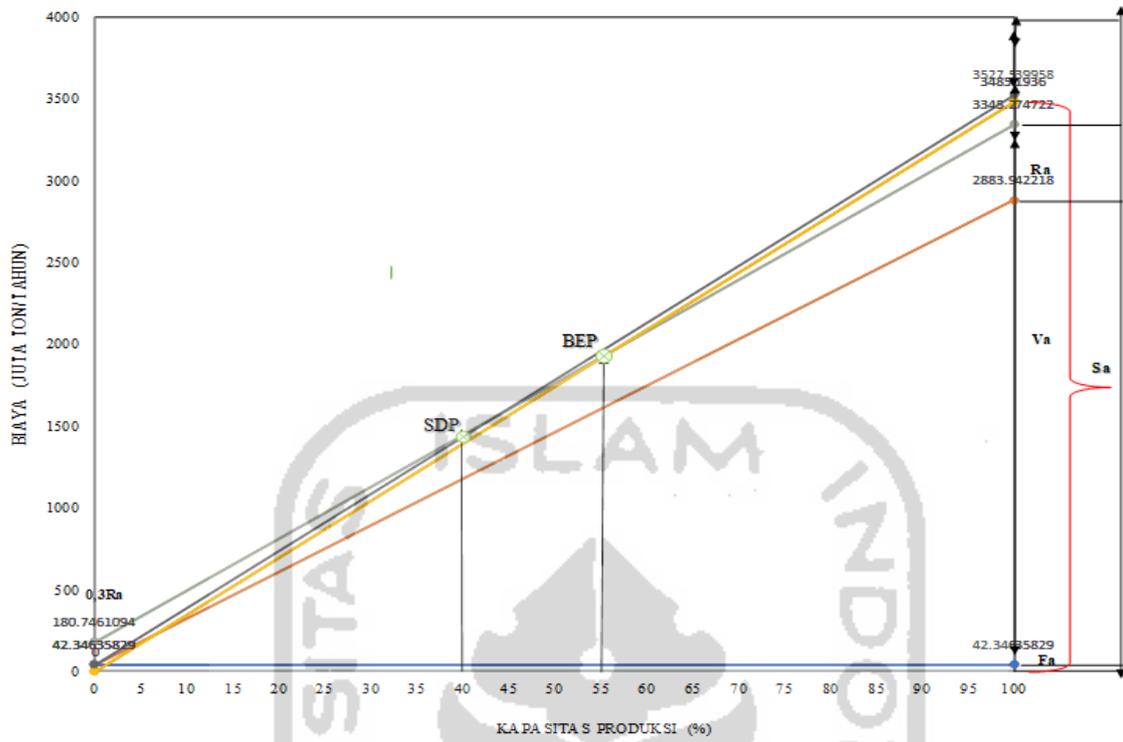
Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 17,57 \%$



Tabel 4. 24 Tolak Ukur Standar Kelayakan

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	33,04 %	ROI <i>before taxes</i>
ROI setelah pajak	24,78 %	minimum <i>low</i> 11 %, <i>high</i> 44%
POT sebelum pajak	2,32 th	POT <i>before taxes</i>
POT setelah pajak	2,88 th	maksimum, <i>low</i> 2 yr, <i>high</i> 5 yr
BEP	56,37 %	Berkisar 40 - 60%
SDP	40,26 %	
DCF	17,57 %	>1,5x bunga bank minimum = 6%

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 natrium hipoklorit dengan kapasitas 50.000 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 139.918.877.980

Sesudah pajak Rp 104.939.158.485

(Aries & Newton, 1955).

b. *Return of Investment* (ROI) :

Sebelum pajak 33,04 %

Sesudah pajak 24,78 %

(Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time* :

Sebelum pajak 2,3 Tahun

Sesudah pajak 2,9 Tahun

(Aries & Newton, 1955).

d. *Break Event Point* (BEP) pada 56,37 % kapasitas produksi dan *Shut*

Down Point (SDP) pada 40,26 % kapasitas produksi.

(Aries & Newton, 1955).

- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 17,57 % Suku bunga pinjaman dan suku bunga bank saat ini sebesar 6 % (BI)

(Aries & Newton, 1955).

Dari data hasil analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik kloroform dari aseton dan natirum hipoklorit dengan kapasitas 50.000 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 Nostrond, 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 (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 Plants*", 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

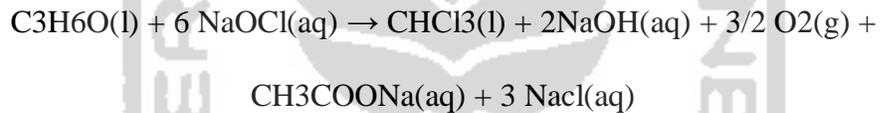
PERHITUNGAN REAKTOR

Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan aseton sebanyak 3099,2474 kg/jam dengan natrium hipoklorit sebanyak 23858,1154 kg/jam untuk menghasilkan kloroform sebanyak 6245,5901 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 ₃ H ₆ O	3099,2474		265,2552	
NaOCl		23858,1154	2041,9438	
CHCl ₃			5831,1270	
NaOH			3907,3142	
NaCl			8563,5214	
CH ₃ COONa			4006,9729	
O ₂				2341,2300
H ₂ O	9,7204	8660,8823	8670,6009	
Total	35627,9655		35627,9655	

Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	6	7	9
C ₃ H ₆ O	265,2552	69,6816	
NaOCl	2041,9438	536,4116	
CHCl ₃	5831,1270	6233,5326	
NaOH	3907,3142	4176,9577	

NaCl	8563,5214	9154,4893	
CH ₃ COONa	4006,9729	4283,4937	
O ₂			161,5680
H ₂ O	8670,6009	8670,6009	
Total	33286,7355	33286,7355	

Reaktor 3 (R-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	7	12	10
C ₃ H ₆ O	69,6816	30,9958	
NaOCl	536,4116	238,6066	
CHCl ₃	6233,5326	6313,1313	
NaOH	4176,9577	4230,2951	
NaCl	9154,4893	9271,3870	
CH ₃ COONa	4283,4937	4338,1916	
O ₂			31,9593
H ₂ O	8670,6009	8670,6009	
Total	33125,1675	33125,1675	

2. Neraca Panas

Reaktor 1 (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	4	5	6	8
C ₃ H ₆ O	280.756,21		24029,07	
NaOCl		2.122.880,47	181690,91	
CHCl ₃			225429,54	
NaOH			340210,15	
NaCl			500612,48	
CH ₃ COONa			202313,24	
O ₂				2186406,15
H ₂ O		1.448.531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan			-27776738,07	
Pendingin			26519683,19	
Total	3852167,74		3852167,74	

Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	6	7	9
C ₃ H ₆ O	24029,07	6312,35	

NaOCl	181690,91	47729,57	
CHCl ₃	225429,54	240986,41	
NaOH	340210,15	363688,03	
NaCl	500612,48	535159,71	
CH ₃ COONa	202313,24	216274,86	
O ₂	2186406,15		2337289,86
H ₂ O	1448531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan			-1916870,44
Pendingin			1830121,18
Total	5109222,6	5109222,6	

Reaktor 3 (R-03)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	7	10	12
C ₃ H ₆ O	6312,35	2807,86	
NaOCl	47729,57	21231,06	
CHCl ₃	240986,41	244063,67	
NaOH	363688,03	368332,12	
NaCl	535159,71	541993,40	
CH ₃ COONa	216274,86	219036,57	
O ₂	2337289,86		2367135,74

H ₂ O	1448531,06	1448531,06	
Reaksi pembentukan		-379170,70	
Pendingin		362011,07	
Total	5.195.971,85	5.195.971,85	

3. Entalpi pembentukan masing-masing komponen

Komponen	Hfo 298 K (kJ/mol)
C ₃ H ₆ O	-217,57
NaOCl	-347,3
CHCl ₃	-101,25
NaOH	-425,6
NaCl	-411,2
CH ₃ COONa	-683,99
O ₂	
H ₂ O	-241,8

4. Kapasitas panas masing-masing komponen

Komponen	CP @65°C (Joule/mol,K)
C ₃ H ₆ O	9,2618E+02
NaOCl	4,5409E+02

CHCl ₃	1,4839E+03
NaOH	5,7549E+02
NaCl	8,2223E+02
CH ₃ COONa	1,12E+02
O ₂	1,0578E+04
H ₂ O	0,0000E+00

5. Densitas dan viskositas masing-masing komponen

Komponen	Densitas @65°C (g/cm ³)	Viskositas @65°C (cp)
C ₃ H ₆ O	0,3176	2,2288E-01
NaOCl	1,0620	1,0220E+00
CHCl ₃	0,5766	3,8037E-01
NaOH	0,3357	5,6087E+02
NaCl	0,4726	1,7808E+02
CH ₃ COONa	1,5300	6,1800E-01
O ₂	0,2826	1,3456E-08
H ₂ O	0,4142	4,3369E-01

B. Uraian Proses

Reaksi antara acetone (C₃H₆O) 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 (O₂) 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 ₃	119.38	56.61	-3.24E+03	-1.87E+01	9.51E-03	1.15E-12
<i>Acetone</i>	C ₃ H ₆ O	58.02	28.58	-2.46E+03	-7.35E+00	2.80E-10	2.73E-06
air	H ₂ O	18	29.86	-3.15E+03	-7.30E+00	2.42E-09	1.80E-06

(yaws)

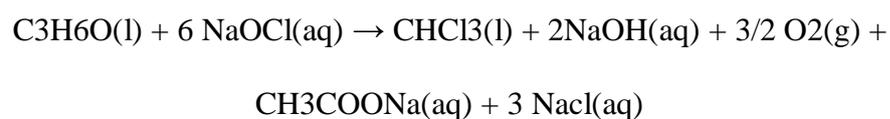
$$P_i = 10^{(A+B/T+C\log T+DT+E7^2)} \quad (\text{Pi dalam mmHg dan T dalam K})$$

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 (ΔH_r).

Adapun reaksi pembentukan kloroform ini adalah sebagai berikut :



Tabel 2 Data entalpi pembentukan masing-masing komponen

Komponen	ΔH_f 298 K (kJ/mol)
C ₃ H ₆ O	-217,57
NaOCl	-347,3
CHCl ₃	-101,25
NaOH	-425,6
NaCl	-411,2
CH ₃ COONa	-683,99
O ₂	
H ₂ O	-241,8

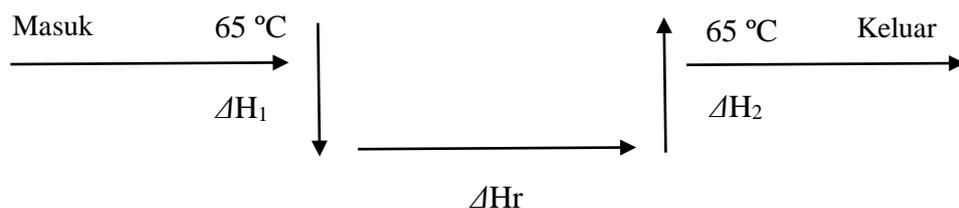
Berdasarkan data ΔH_f tersebut dapat dihitung besarnya panas reaksi standar (ΔH_r) pembentukan kloroform :

$$\Delta H_r = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_r = (\Delta H_f \text{ CHCl}_3 + 2, \Delta H_f \text{ NaOH} + \Delta H_f \text{ CH}_3\text{COONa} + 3, \Delta H_f \text{ NaCl}) - (6, \Delta H_f \text{ NaOCl} + \Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_6\text{O})$$

Diperoleh nilai ΔH_r -383374,089 kJ/jam, Karena harga ΔH_r bernilai negatif, maka reaksi pembentukan kloroform tersebut bersifat eksotermis.

Untuk menentukan panas yg diambil dari reaktor untuk pendingin sebesar



ΔH_1 = laju panas masuk reaktor, kJ/jam

$$= \int_T^T n c_i d$$

ΔH_2 = laju panas keluar reaktor, kJ/jam

$$= \int_T^T n c_i d$$

ΔH_r = laju panas reaksi, kJ/jam

$$\Delta H_r = -383374,089 \text{ kJ/jam}$$

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 :

$$T_1 = T_2 = T_{\text{reaktor}} = 65 \text{ }^\circ\text{C} = 149 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C} = 122 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Didapatkan } \Delta T \text{ LMTD} = 42,488 \text{ }^\circ\text{F}$$

Dari tabel 8 Kern didapat nilai UD untuk water-medium organik yaitu antara 50-125 Btu/ft, Ft², F dan dipilih UD sebesar 75, Maka:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

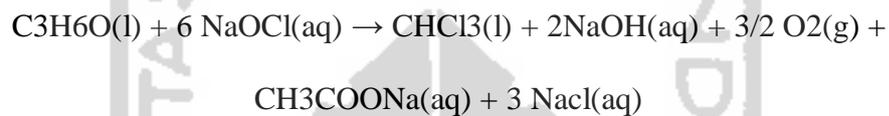
$$Q_c = 366024,238 \text{ kJ/jam}$$

$$A = 108,891 \text{ ft}^2$$

D. Kinetika Reaksi

Menghitung Konstanta Reaksi

Reaksi yang terjadi :



Reaksi orde 2

$$(-r_A) = k, C_A, C_B$$

$$C_A = C_{A0}, (1-X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - 1/6, C_{A0}, X_A$$

Asumsi

$$C_{B0} = 1/6 C_{A0} \quad (\text{dari pers, Stokiometri})$$

$$C_B = 1/6 C_{A0} - 1/6, C_{A0}, X_A$$

$$= 1/6 C_{A0} (1-X_A)$$

Sehingga

$$(-r_A) = k, C_{A0} (1-X_A) 1/6 C_{A0} (1-X_A)$$

$$= 1/6, k, C_{A0}^2 (1-X_A) (1-X_A)$$

$$= 1/6, k, C_{A0}^2 (1-X_A)^2$$

$$-d C_A/dT = (-r_A)$$

$$C_{A0}, (dX_A/dT) = 1/6, k, C_{A0}^2 (1-X_A)^2$$

$$dX_A/dT = 1/6, k, C_{AO} (1-X_A)^2$$

$$dX_A/(1-X_A)^2 = 1/6, k, C_{AO} dT$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = 1/6, k, C_{AO} \int_0^t dT$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = 1/6, k, C_{AO}, t$$

Jika :

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2}$$

Dimana $(1-X_A)^2 = U$

$$dU = 2x (1-X_A), dX$$

$$dX = \frac{1}{2x(X_A-1)} dU$$

Maka

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = \int \frac{1}{U} x \frac{1}{2x(X_A-1)} dU$$

$$= \frac{1}{2x(X_A-1)} x \ln U$$

$$= \frac{1}{2x(X_A-1)} x \ln (1-X_A)^2$$

Sehingga :

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^2} = 1/3 k, C_{AO}, t$$

$$1/3 k, C_{AO}, t = \frac{1}{2x(X_A-1)} x \ln (1-X_A)^2$$

$$k = \frac{\frac{1}{2x(X_A-1)} x \ln (1-X_A)^2}{1/3 k, C_{AO}, t}$$

$$k = \frac{3 \ln(1-X_A)^L}{(X_A-1)C_{AO}t}$$

Tabel A. 1 Hubungan antara Suhu Reaktor dan Jumlah Produk Pada Konsentrasi Umpan Yang Berbeda-beda

Konsentrasi Larutan, NaOCL (g/l)	Suhu (°C)	Produk CHCl ₃
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
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 aceton (C_{AO}) = 0,002949092 kgmol/l

Konsentrasi awal kaporit (C_{BO}) = 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 reactor

Neraca massa komponen A :

$$R \text{ input} - R \text{ output} - R \text{ reaksi} = \text{Accumulation}$$

$$Fv C_{Ai-1} - Fv C_{Ai} - r_A V = 0$$

$$Fv (C_{Ai} - C_{Ai-1}) = -r_A V$$

$$\frac{(C_{Ai-1}) - (C_{Ai})}{r_A} = \frac{V}{Fv}$$

Dimana :

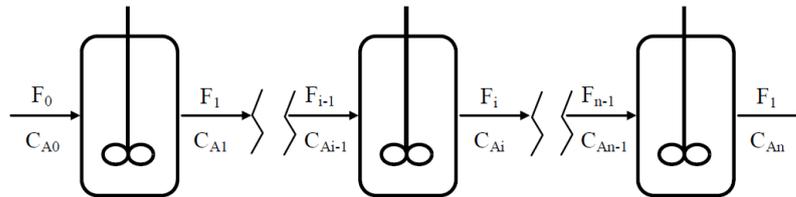
$$\frac{V}{Fv} = \theta$$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{(C_{Ai-1}) - (C_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(1 - X_{Ai-1}) - C_{AO}(1 - X_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{(C_{AO} - C_{AO} \cdot X_{Ai-1}) - (C_{AO} + C_{AO} \cdot X_{Ai})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO} \cdot X_{Ai} - C_{AO} \cdot X_{Ai-1}}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{r_A} \\ &= \frac{C_{AO}(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{k \cdot C_{AO}^2 ((1 - X_{Ai})(m - X_{Ai}))} \\ &= \frac{C_{AO}(X_{Ai} - X_{Ai-1})}{k[X_{Ai}^2 - (m+1)X_{Ai} + m]C_{AO}} \end{aligned}$$

Volume cairan dalam reactor :

$$V = \frac{6 \cdot Fv \cdot C_{AO} \cdot X_A}{K \cdot C_{AO}^2 (1 - X_{Ai})^2}$$

Optimasi Reaktor



Gambar 1 Penentuan jumlah reaktor

1 buah reaktor

$$V_1 = \frac{6 \cdot F_v \cdot C_{A0} \cdot X_{A1}}{K \cdot C_{A0}^2 (1 - X_{A2})^2}$$

2 buah reaktor

$$V_2 = \frac{6 \cdot F_v \cdot (X_{A2} - X_{A1})}{K \cdot C_{A0}^2 (1 - X_{A2})^2}$$

3 buah reaktor

$$V_3 = \frac{6 \cdot F_v \cdot (X_{A3} - X_{A2})}{K \cdot C_{A0}^2 (1 - X_{A3})^2}$$

Dst,

Hasil Optimasi Jumlah Reaktor

n	X _{a1}	X _{a2}	X _{a3}	X _{a4}	X _{a5}	V (m ³)	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	082

Menentukan Jumlah Reaktor

Optimasi Harga Reaktor

Metode *Six-Tenths Factor*

$$Cost A = Cost B \left(\frac{Size A}{Size B} \right)^{0,6} \quad (\text{Brownell \& Young, page17})$$

Kondisi Operasi :

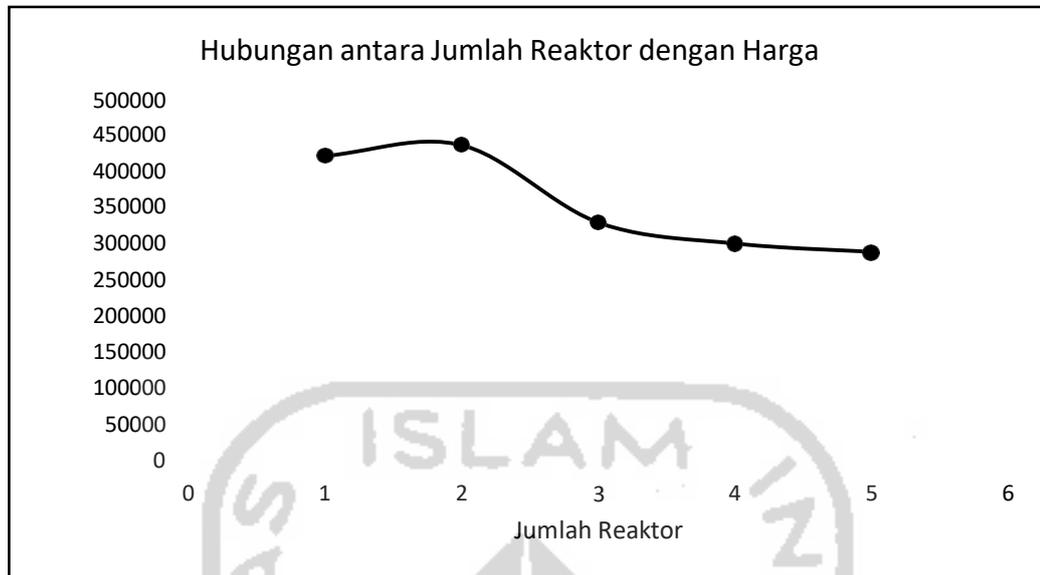
Tekanan operasi = 2 atm = 29,4 lb/in²

Dipilih Bahan Stainless Steel, 50 lb/in² (Timmerhaus, page 538)

Basis Harga pada volume 3000 gallon = 40000 \$ (Timmerhaus, page 731)

Diperoleh optimasi harga reactor

Vshell (ft ³)	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
719,57	5,382,77	3	356,215
381,71	2,855,36	4	300,273,09
246,30	1,842,48	5	288,583,44



Gambar 2 Grafik hubungan jumlah reaktor dengan harga

Diperoleh kesimpulan bahwa :

Pertimbangan Volume

$$V_1 > V_2 > V_3 > V_4 > V_5$$

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.

Menghitung 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

Menentukan Tinggi dan Diameter Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1,5 (D:H = 1:1,5)

$$V_{over\ design} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$V_{over\ design} = D^3 \cdot \frac{1,5}{4} \pi$$

Volume shell dihitung berdasarkan persamaan :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 V_{shell}}{\pi}}$$

$$= 2,5865 \text{ m}$$

$$= 101,8323 \text{ in} \quad (1 \text{ in} = 0,024 \text{ m})$$

$$= 8,4860 \text{ ft} \quad (1 \text{ m} = 3,280 \text{ ft})$$

$$H : D = 1 : 1,5$$

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 3,879 \text{ m}$$

$$= 152,7485 \text{ in}$$

$$= 12,7290 \text{ ft}$$

(Brownell, hal 88)

Bentuk reaktor dipilih vertical vessel dengan torispherical dished head.

(Brownell.88)

dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 1 atm

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 \times (611,1018 \text{ ft})^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,02994399 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,00912693 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{\text{sf}}{144}$$

Dipilih sf : 2 in

$$V_{\text{sf}} = \frac{3,14}{4} \times (2,5865 \text{ m})^2 \times \frac{2 \text{ in}}{144}$$

$$V_{\text{sf}} = 0,2668 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{h}} = V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}$$

$$V_{\text{Head}} = 0,00912693 \text{ m}^3 + 0,2668 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 0,2759 \text{ m}^3 \quad (1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3)$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + 2V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{Reaktor}} = 20,3760 \text{ m}^3 + (2 \times 0,2759) \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Reaktor}} = 20,9278 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0.5 V_{\text{Head}}$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 \times 0,2759 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,00456346 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Cairan}} = V_{\text{Shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{Cairan}} = 20,3760 \text{ m}^3 - 0,00456346 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Cairan}} = 20,3714 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4 \times 20,3714 \text{ m}^3}{3,14 \times (2,5865 \text{ m})^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = 3,8789 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter shell : 2,5865m

Tinggi shell : 3,8798 m

Volume shell : 20,3760m³

Volume head : 0,2759 m³

Volume reaktor : 20,9278 m³

Volume cairan : 16,4373 m³

Volume bottom : 0,00456346m³

Tinggi cairan dalam sheel : 3,8789 m

Menentukan tebal dinding (shell)

Digunakan persamaan :

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

(Brownell & Young Eq, 13.1, P, 254)

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk *torispherical*. Bahan untuk reaktor adalah *Stainless Steel SA 283, Grade C*

Diketahui :

t_s	Tebal dinding shell, in	= 0,2456 in
r_i	jari-jari, in	= 84 in
E	Effisiensi pengelasan	= 0,80 (tabel 13.2 brownell 1959:254)
f	<i>max. allowable stress</i>	= 18750 psia (Coulson hal 812)
C	faktor korosi	= 0,125 (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)

Menghitung tekanan hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho g h}{g_c}$$

Diketahui :

Tekanan operasi = 1 atm = 14,696 psi

Dimana g/g_c = 1

ρ campuran = 1106,9593 kg/m³

$P_{\text{Hidrostatik}}$ = 6,103129665 psia

Menghitung tekanan total

$$P_{Tot} = P_{Hidrostatik} + P_{Operasi}$$

$$P_{Tot} = 6,103129665 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{Tot} = 20,80312967 \text{ psi}$$

Karena tekana *over design* 20% maka, P desain menjadi 24,963 psi.

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *shell* (ts) = 0,245 in

Dari tabel Brownell hal. 350 tentang tebal *shell*,dipilih:

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

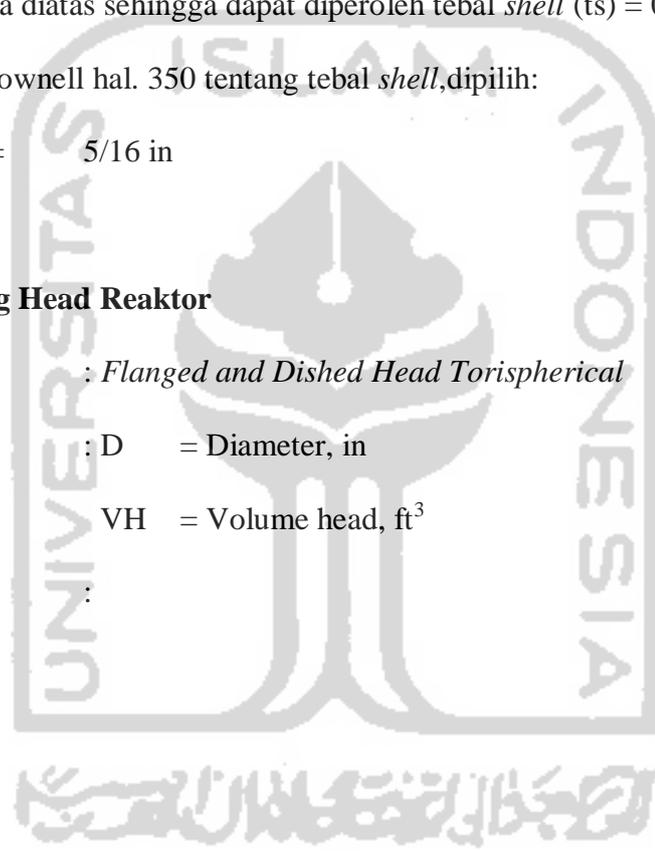
Menghitung Head Reaktor

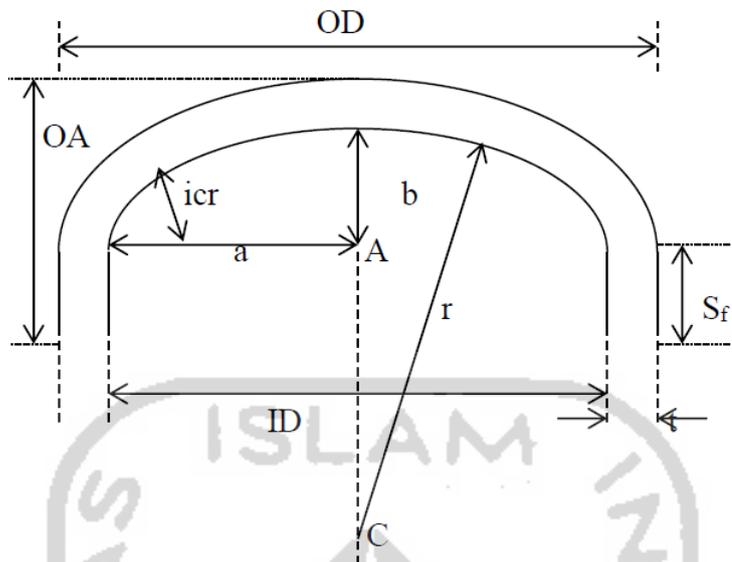
Jenis head : *Flanged and Dished Head Torispherical*

Dimana : D = Diameter, in

VH = Volume head, ft³

Gambar :





Gambar 3 Head reactor

1. Menghitung tebal head minimum

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right) \quad (\text{Brownell and Young, 1959, hal, 258})$$

diketahui ukuran tangki standar

rc =

irc =

maka diperoleh, w =

2. Membentuk 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

$$th = \frac{P, rc, w}{2, f, E - 0, 2 P} + C \quad (\text{Brownell and Young, 1959, p. 258})$$

Dimana:

th = tebal head , m

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 18.750 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = corrosion allowance, = 0,125 in

$$P = P_{\text{Design}} - P_{\text{Lingkungan}}$$

P = 24,963 psi - 14,696 psi

P = 10,267 psi

$$OD = ID_{\text{shell}} + 2 ts$$

OD = 101,8323 in + (2 x 0,3125 in)

OD = 102,4573482 in

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

OD	84	in
icr = 5 1/8	5,125	in
r	42	in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

w = 1,762121655 in

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *head* (th) = 0,231 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal *head* ,dipilih:

Th standart = 3/16 in (Brownell and Young, 1959)

3. Menentukan Tinggi Dish (b)

Dengan th sebesar 3/16 in maka nilai sf adalah 1 1/2 – 2, sehingga dipilih

nilah sf sebesar 2 in

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = 83,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 83,625 \text{ in} / 2$$

$$a = 41,8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 41,8125 \text{ in} - 5,125 \text{ in}$$

$$AB = 36,6875 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 78,875 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(78,875 \text{ in})^2 - (36,6875 \text{ in})^2}$$

$$AC = 69,82329818 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 14,17670182 \text{ in}$$

4. Tinggi Head (OA)

$$h_{\text{Head}} = th + b + sf$$

Maka diperoleh,

$$OA = 16,3642 \text{ in}$$

$$= 0,4156 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Total Tangki

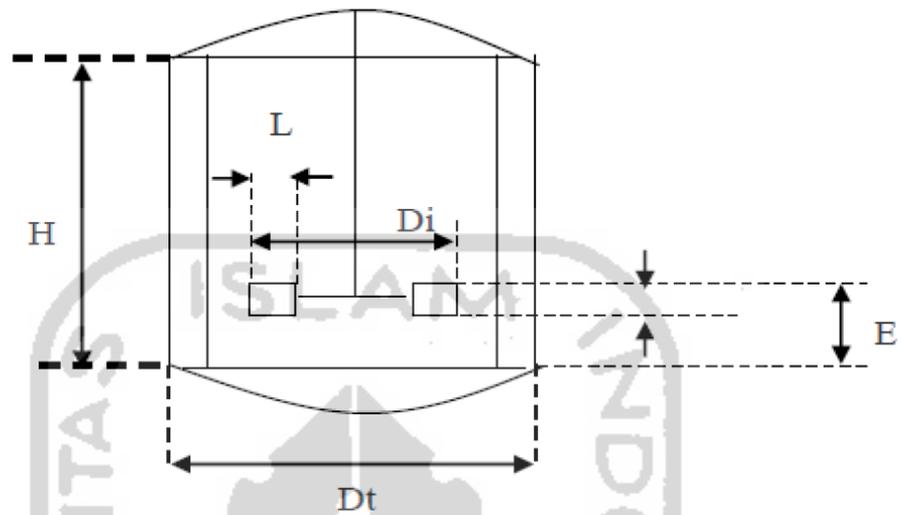
$$h_{\text{total}} = h_{\text{shell}} + 2h_{\text{head}}$$

$$h_{\text{total}} = (2 \times 0,4156 \text{ m}) + 3,8798 \text{ m}$$

$$= 4,711113919 \text{ m}$$

Maka tinggi total reaktor adalah 4,711113919 m

PENGADUK REAKTOR



Gambar 4 Pengaduk reaktor

Keterangan

- ID : diameter dalam pengaduk
- Di : diameter pengaduk
- L : panjang sudut pengaduk
- W : lebar sudut pengaduk
- E : jarak pengaduk dengan dasar tangki
- J : lebar *baffle*
- H : tinggi cairan

Data pengaduk :

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p,507

$$D_i / ID = 1/3$$

$$W / D_i = 1/5$$

$$L / D_i = 1/4$$

$$B / ID = 1/12$$

$$E / D_i = 1$$

Ukuran pengaduk :

$$\text{Diameter pengaduk (D}_i\text{)} = ID/3 = 0,862 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = D_i/5 = 3,363 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = D_i/4 = 0,215 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = ID/12 = 0,146 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = D_i (0,75 - 1,3) \text{ dipilih } 1 \\ = 0,556 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan (ZL)} = \frac{4 V r}{\pi D_i^2} = 3,8789 \text{ m}$$

Dimana:

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

d = diameter pengaduk, ft

Sg = specific gravity

WELH = *water equivalent liquid height*

Menentukan jumlah pengaduk, kecepatan putaran dan power pengadukan

1. Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 D_i}}, WELH = Z_L \times Sg \quad \text{Eq, 8-8, P345}$$

Rase, 1977

$$Sg \text{ (specific gravity)} = \rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}}$$

$$Sg = 1,421$$

WELH (water equivalent liquid height)

$$WELH = h_{\text{cairan}} \times Sg$$

$$WELH = 5,510 \text{ m}$$

$$= 18,078 \text{ ft}$$

Maka diperoleh :

$$N = 120,757 \text{ rpm}$$

$$= 2,013 \text{ rps}$$

2. Jumlah pengaduk

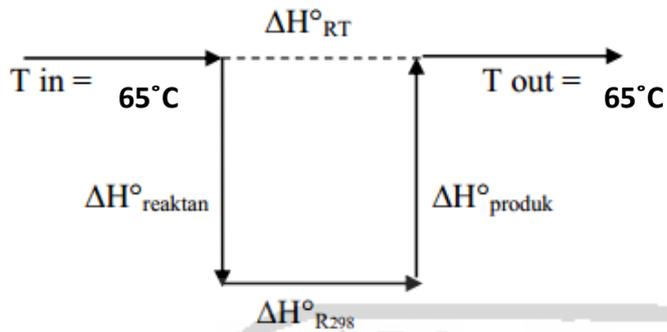
$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{WELH}{ID}$$

(Wallas, P288)

$$\text{Jumlah pengaduk} = 2,130$$

Maka, dipakai 2 buah pengaduk

Neraca Panas Reaktor



Keterangan	Q _{input} (kJ/jam)	Q _{output} (kJ/jam)
Input	5195971,895	
Output		5213131,519
Reaksi	379170,7031	
Pendingin		362011,0790
Total	5575142,599	5575142,599

Menghitung dimensi pendingin

Suhu fluida panas reaktor = 65°C = 149 °F

Suhu fluida dingin masuk = 25°C = 77°F

Suhu fluida dingin keluar = 45°C = 113°F

Inisial	Fluida panas (°F)		Fluida dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT ₂	149	Lower Temp	77	72
ΔT ₁	149	Higher Temp	113	36

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

Didapatkan ΔT LMTD = 51,937 °F

Dari tabel 8 Kern didapat nilai UD untuk *water-medium organic* yaitu antara 50-125 Btu/fr, Ft²,F, dan dipilih UD sebesar 75, Maka:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 8,185$$

Menghitung Kebutuhan Air Pendingin

Beban pendingin (Q_w) = $Q_{keluar} - Q_{masuk}$

Beban pendingin (Q_w) = 362011,0790 KJ/jam

C_p air = 4,148 KJ/Kg °C

ΔT = 20 °C

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

$$m = 4363,682 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida panas medium organics (viskositasnya 0,5-1 cP) dan fluida dingin air, nilai UD = 50-125 Btu/ft².°F.jam (*Kern table 8 pg 840*).

Diambil UD = 75 Btu/ft².°F.jam

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 8,185$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = (\pi \cdot OD \cdot Hs) + \frac{\pi \cdot OD^2}{4}$$

$$A = 13,87909032 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas kurang dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

Menghitung Volume Air Pendingin

$$V \text{ air pendingin} = \frac{m \text{ air pendingin}}{r \text{ air pendingin}}$$

$$V \text{ air pendingin} = \frac{4363,682}{1000} = 4,364 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung Jaket Pendingin

Menghitung diameter dalam jaket (D1)

$$DI = DR + (2 \times ts)$$

$$DI = 2,5865 \text{ m} + (2 \times 0,00587 \text{ m})$$

$$DI = 2,598 \text{ m} = 102,295 \text{ in}$$

Tinggi jaket = tinggi *shell*

Tinggi jaket = 2,587 m = 101,832 in

Asumsi jarak jaket = 5 in = 0,127 m

Menghitung diameter luar jaket (D2)

D2 = D1 + (2 x jarak jaket)

D2 = 2,598 m + (2 x 0,127 m)

D2 = 2,852 m = 112,295 in

Menghitung kecepatan air pendingin (v)

Luas yang dilalui air pendingin (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

A = 1684,524 in = 1,087 m²

$$v = \frac{V}{A}$$

v = 4,016 m/jam

Menentukan tebal jaket

H jaket = 2,587 m = 8,486 ft

$$Phidrostatic = \frac{H - 1}{144} * \rho_{air}$$

Diketahui :

ρ_{air} = 62,4 lb/ft²

Didapat :

$$P \text{ hidrostatik} = 3,244 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = P \text{ desain reaktor} + P \text{ hidrostatik}$$

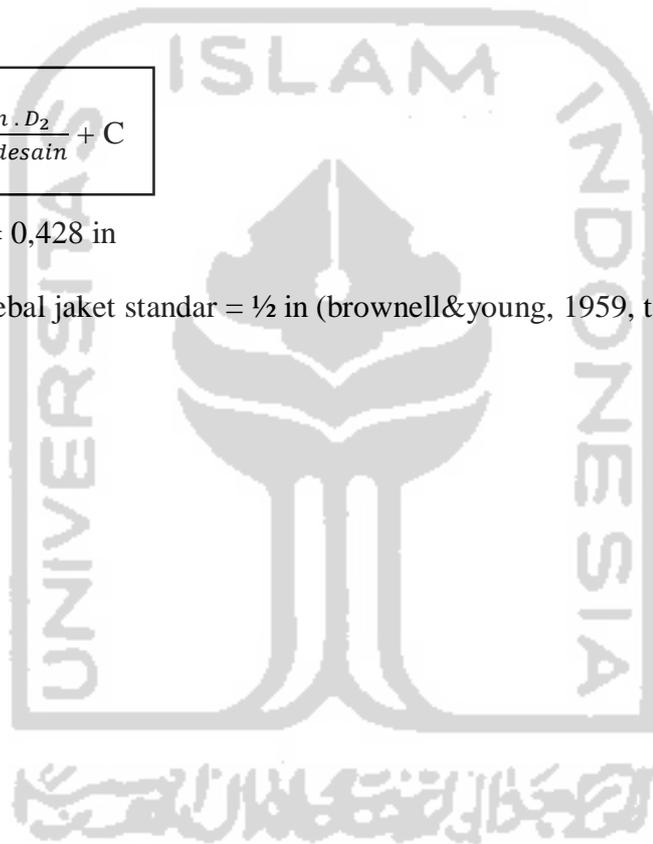
$$P \text{ desain} = 37,1175 \text{ psia} + 3,244 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = 40,361 \text{ psia}$$

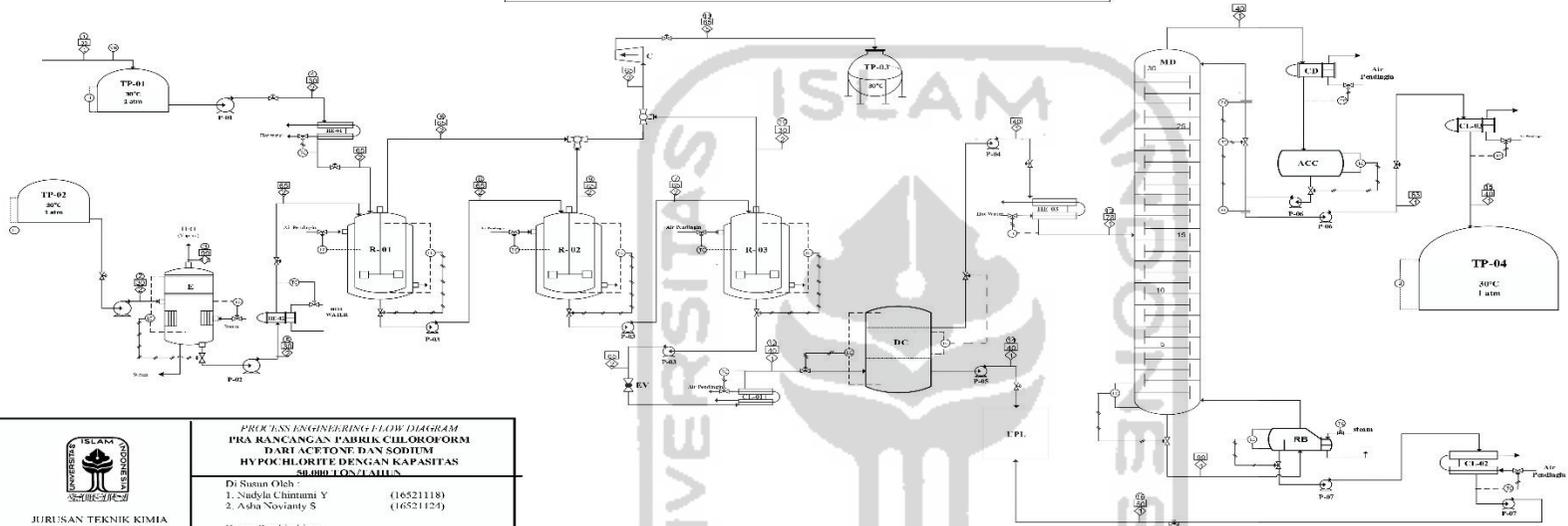
$$t_j = \frac{P_{\text{desain}} \cdot D_2}{fE - 0,6P_{\text{desain}}} + C$$

$$t_j = 0,428 \text{ in}$$

Maka, dipakai tebal jaket standar = ½ in (brownell&young, 1959, tabel 5.2 hal 83)



PRA PERANCANGAN PABRIK CHLOROFORM DARI ASETON DAN SODIUM HYPOCHLORITE DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI
 INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM
 INDONESIA 2020

**PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA RANCANGAN PABRIK CHLOROFORM
 DARI ACETONE DAN SODIUM
 HYPOCHLORITE DENGAN KAPASITAS
 50.000 TON/TAHUN**

Di Susun Oleh
 1. Nadya Chintami Y (165211118)
 2. Asha Novianty S (165211234)

Dosen Pembimbing:
 1. Ir. Sukirman M M
 2. Achmad Chariz Mas Sabid, S.T.,M.Sc.

KOMPONEN	Nomor Arus Massa Overall (kg/jam)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C ₂ H ₆ O	3099,25			3099,25		265,26	69,68					31,00	4,24	26,76	4,24	
NaOCl		23858,12			23858,12	2041,94	536,41					238,61		238,61		
CHCl ₃						5831,13	6233,53					6313,13	6245,59	67,54	6186,87	58,72
NaOH						3907,31	4176,96					4230,30		4230,30		
NaCl						8563,52	9154,49					9271,39		9271,39		
CH ₃ COONa						4006,97	4283,49					4338,19		4338,19		
O ₂									2341,23	161,57	31,96	2534,76				
H ₂ O	9,72		15905,41	9,72	15905,41	15915,13	15915,13					15915,13	1186,03	14729,10	122,02	1064,01
TOTAL	3108,97	23858,12	15905,41	3108,97	39763,53	40531,27	40369,70	2341,23	161,57	31,96	2534,76	40337,74	7435,86	32901,87	6313,13	1122,73

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
AC	Accumulator	—	Nomor Arus
C	Kompresor	—	Tekanan, atm
BE	Bucket Elevator	—	Temperature, °C
CD	Condenser	—	Gate Valve
SC	Screw Conveyor	—	Piping
CI	Cooler	—	Elektrik Connection
DC	Decanter	—	Udara Tekan
HE	Heater	—	Vent
FI	Hopar Feeder	—	Flow Control
M	Mixer	—	Level Control
MD	Menara Destilasi	—	Level Indikator
P	Pompa	—	Temperatur Control
R	Reaktor	—	Pressure Control
RB	Reboiler	—	Volume Recorder
UPL	Unit Pengolahan Limbah	—	Weight Indikator
TP	Tangki	—	Weight Recorder

Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun, dengan proses produksi selama 24 jam/hari dan luas tanah yang diperlukan adalah 2,89 hektar. Bahan baku natrium hipoklorit dengan kemurnian 60% dialirkan secara kontinu dari PT. Asahimas Chemical dengan tekanan 1 atm suhu 30oC, bahan baku lainnya aseton dengan kemurnian 99% disimpan pada tangki dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm.