PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia

Oleh:

Nama	**: Nisrina Qurrotu Ain**	**Nama**	**: Rizky Ayu Nurmansyah**
No. Mahasiswa	**: 12521189**	**No. Mahasiswa**	**: 12521205**

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

2016

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

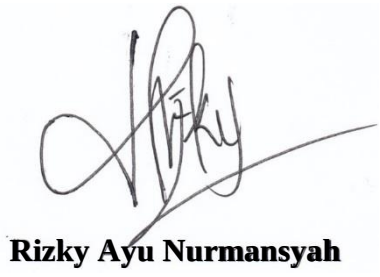
Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	**: Nisrina Qurrotu Ain**	**Nama**	**: Rizky Ayu Nurmansyah**
No. Mahasiswa	**: 12521189**	**No. Mahasiswa**	**: 12521205**

Yogyakarta, 16 Agustus 2016

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

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

Td. Tangan	**Td. Tangan**
	
Nisrina Qurrotu Ain	**Rizky Ayu Nurmansyah**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama	**: Nisrina Qurrotu Ain**	**Nama**	**: Rizky Ayu Nurmansyah**
No. Mahasiswa	**: 12521189**	**No. Mahasiswa**	**: 12521205**

Yogyakarta, 16 Agustus 2016

Pembimbing I,	**Pembimbing II,**
Dra. Kamariah Anwar, MS	**Dyah Retno Sawitri, ST, M.Eng**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Rizky Ayu Nurmansyah

No. Mahasiswa :12521205

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 23 Agustus 2016

Tim Penguji,

Dra. Kamariah Anwar, MS
Ketua

Dr. Arif Hidayat, ST, MT
Anggota I

Nur Indah, ST, M.Eng
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Faisal R. M., Ir., M.SIE., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORITE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Nisrina Qurrotu Ain

No. Mahasiswa :12521189

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 23 Agustus 2016

Tim Penguji,

Dra. Kamariah Anwar, MS
Ketua

Dr. Arif Hidayat, ST, MT
Anggota I

Nur Indah, ST, M.Eng
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Faisal R. M., Ir., M.SIE., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadirat 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 SAW, para sahabat, serta para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir yang berjudul "PRA RANCANGAN PABRIK *CHLOROFORM* DARI *ACETONE* DAN *SODIUM HYPOCHLORYTE* KAPASITAS 20.000 TON PER TAHUN", disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama duduk di bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulisan hasil tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan semua kemudahan yang dihadapi.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan tauladan dari ajaran-ajaran yang menjadi pedoman dalam setiap langkah kehidupan.
3. Keluarga besar penulis yang selalu mendukung baik dalam bentuk do'a ataupun semangat.
4. Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ir. Faisal R. M., M.SIE., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Dra. Kamariah Anwar, M.S dan Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan dan arahannya selama penulis melaksanakan tugas Pra Rancangan Pabrik Kimia.
7. Seluruh staff akademik Jurusan Teknik Kimia.

8. Teman-teman Teknik Kimia 2012 yang selalu memberikan dukungan semangat serta do'a.
9. Kakak angkatan yang banyak memberi masukan-masukan yang sangat bermanfaat.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan pengalaman dan kemampuan penulis, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis demi hasil yang lebih baik di masa mendatang.

Yogyakarta, 16 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar judul tugas akhir pra rancangan pabrik i
Lembar pernyataan keaslian pra rancangan pabrik ii
Lembar pengesahan dosen pembimbing iii
Lembar pengesahan penguji iv
Kata pengantar vi
Daftar isi viii
Daftar tabel xii
Daftar gambar xiv
Abstrak xv
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tinjauan Pustaka 4
1.2.1 Macam – Macam Proses Pembuatan *Chloroform*..... 4
1.2.2 Pemilihan Proses 5
BAB II PERANCANGAN PRODUK
2.1 Spesifikasi Produk 7
2.1.1 *Chloroform* 7
2.1.2 Sodium Hidroksida 7
2.1.3 Sodium Asetat 8
2.1.4 Sodium *Chloride* 8
2.1.5 Oksigen 8
2.2 Spesifikasi Bahan Baku 9
2.2.1 *Acetone* 9
2.2.2 *Sodium Hypochlorite* 9
2.3 Pengendalian Kualitas 9
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku 9
2.3.2 Pengendalian Proses Produksi 10
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk 11
BAB III PERANCANGAN PROSES
3.1 Uraian Proses 12

3.2 Spesifikasi Alat Proses 14
3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan *Acetone* (T-01) 14
3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan *Sodium Hypochlorite* (T-02) 14
3.2.3 Tangki Penyimpanan Bahan *Chloroform* (T-03) 15
3.2.4 Reaktor (R) 15
3.2.5 Evaporator (EV) 16
3.2.6 Menara Distilasi (MD) 17
3.2.7 Condensor (CD)..... 18
3.2.8 Reboiler (RB) 19
3.2.9 Accumulator (ACC) 20
3.2.10 Heater (HE-01) 20
3.2.11 Heater (HE-02) 21
3.2.12 Heater (HE-03) 22
3.2.13 Cooler (CL-01) 22
3.2.14 Cooler (CL-02) 23
3.2.15 Cooler (CL-03) 24
3.2.16 Pompa (P-01)..... 25
3.2.17 Pompa (P-02)..... 25
3.2.18 Pompa (P-03)..... 26
3.2.19 Pompa (P-04)..... 27
3.2.20 Pompa (P-05)..... 27
3.2.21 Pompa (P-06)..... 28
3.2.22 Pompa (P-07)..... 29
3.2.23 Pompa (P-08)..... 29
3.2.24 Pompa (P-09)..... 30
3.3 Perencanaan Produksi 31
3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku 31
3.3.2 Analisa Kebutuhan Peralatan Proses 31
BAB IV PERANCANGAN PABRIK
4.1 Lokasi Pabrik 32
4.1.1 Faktor-faktor utama..... 32
4.1.2 Faktor-Faktor Khusus..... 34

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*) 37
4.3 Tata Letak Alat Proses (*Machines Layout*) 38
4.4 Aliran Proses dan Material 41
4.4.1 Neraca Massa 41
4.4.2 Neraca Panas 42
4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas) 48
4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air 48
4.5.1.1 Unit Penyediaan Air 48
4.5.1.2 Unit Pengolahan Air 50
4.5.1.3 Kebutuhan Air 52
4.5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 53
4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*) 53
4.5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar 55
4.5.5 Unit Pengolahan Limbah/Air Buangan 55
4.5.6 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas 56
4.6 Organisasi Perusahaan 67
4.6.1 Badan Hukum Badan Usaha 67
4.6.2 Bentuk Organisasi Perusahaan 68
4.6.3 Tugas dan Wewenang 70
4.6.3.1 Pemegang Saham 70
4.6.3.2 Dewan Komisaris 70
4.6.3.3 Direktur Utama 70
4.6.3.4 Kepala Bagian 71
4.6.3.5 Kepala Seksi 72
4.6.4 Pembagian Jam Kerja 74
4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji 75
4.6.5.1 Penggolongan Jabatan 75
4.6.5.2 Perincian Jumlah Karyawan 76
4.6.5.3 Sistem Gaji Karyawan 77
4.6.5.4 Kesejahteraan Karyawan 78
4.7 Evaluasi Ekonomi 81
4.7.1 Harga Peralatan 82

4.7.2 Dasar Perhitungan 91
4.7.3 Perhitungan Biaya 91
4.7.3.1 *Capital Investment* 91
4.7.3.2 *Manufacturing Cost* 92
4.7.3.3 *General Expense* 92
4.7.4 Analisa Kelayakan 92
4.7.4.1 *Percent Return On Investment* (ROI) 93
4.7.4.2 *Pay Out Time* (POT) 93
4.7.4.3 *Break Even Point* (BEP) 93
4.7.4.4 *Shut Down Point* (SDP) 94
4.7.4.5 *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 95
4.7.5 Hasil Perhitungan 96
4.7.5.1 Penentuan *Fix Capital Investmen* (FCI) 96
4.7.5.2 Penentuan Total *Production Cost* (TPC) 97
4.7.5.3 Harga Jual Produk 100
4.7.5.4 Analisa Keuntungan 101
4.7.5.5 Analisa Kelayakan 101
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 106
5.2 Saran 107
DAFTAR PUSTAKA 108
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Konsumsi *Chloroform* di Dunia 2
Tabel 1.2 Data Kapasitas Produksi Pabrik *Chloroform* di Luar Negeri 3
Tabel 3.1 Data Kebutuhan Bahan Baku..... 31
Tabel 4.1 Neraca Massa pada Reaktor..... 41
Tabel 4.2 Neraca Massa pada Evaporator..... 41
Tabel 4.3 Neraca Massa pada Menara Distilasi..... 42
Tabel 4.4 Neraca Panas pada Reaktor..... 42
Tabel 4.5 Neraca Panas pada Evaporator..... 42
Tabel 4.6 Neraca Panas pada Menara Distilasi..... 43
Tabel 4.7 Neraca Panas pada Heater-01 43
Tabel 4.8 Neraca Panas pada Heater-02 43
Tabel.4 9 Neraca Panas pada Heater-03 44
Tabel 4.10 Neraca Panas pada Cooler-01 44
Tabel 4.11 Neraca Panas pada Cooler-02 44
Tabel 4.12 Neraca Panas pada Cooler-03 45
Tabel 4.13 Jumlah Kebutuhan Air Pendingin..... 52
Tabel 4.14 Jumlah Kebutuhan *Steam*..... 52
Tabel 4.15 Jadwal Karyawan *Shift*..... 75
Tabel 4.16 Penggolongan Jabatan..... 75
Tabel 4.17 Perincian Jumlah Karyawan 77
Tabel 4.18 Perincian Gaji 78
Tabel 4.19 Harga Alat-Alat Proses 83
Tabel 4.20 Luas Masing-Masing Bangunan 86
Tabel 4.21 Harga Alat Utilitas dalam Dollar 87
Tabel 4.22 Harga Alat Lokal..... 88
Tabel 4.23 *Physical Plant Cost*..... 96
Tabel 4.24 *Direct Plant Cost* 96
Tabel 4.25 *Fixed Plant Cost* 96
Tabel 4.26 Kebutuhan Gaji Karyawan..... 97
Tabel 4.27 *Direct Manufacturing Cost*..... 99

Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost* 99
Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost* 99
Tabel 4.30 *Working Capital* 100
Tabel 4.31 *General Expense* 100
Tabel 4.32 *Fixed Cost* 102
Tabel 4.33 *Variable Cost* 102
Tabel 4.34 *Regulated Cost* 103
Tabel 4.35 *Trial and Error* Harga I 104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik Skala 1:940 37
Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Skala 1:105 39
Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif 45
Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif 46
Gambar 4.5 Skema Proses Pengolahan Air 65
Gambar 4.6 Struktur Organisasi 78
Gambar 4.7 Grafik Nilai SDP dan BEP 103

ABSTRAK

Pra rancangan pabrik *choloroform* dari bahan baku *acetone* sebanyak 1244,2785 kg/jam dan *sodium hypochlorite* sebanyak 9589,5256 kg/jam kapasitas 20.000 ton/tahun ini, memberikan prospek yang baik dan diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pasar Indonesia. Pabrik kimia yang akan dioperasikan selama 330 hari atau 24 jam sehari ini direncanakan didirikan di kawasan industri yang terletak di daerah Cilegon, di provinsi Banten di atas tanah seluas 20616 m^2 untuk memberikan kemudahan terhadap transportasi bahan baku. Umpan *acetone* dan *sodium hypochlorite* bereaksi pada fase cair dengan menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara kontinyu pada tekanan 1 atm dan pada suhu 40^oC serta dilengkapi dengan koil pendingin. Pada reaksi ini, konversi yang dihasilkan adalah sebesar 99%.

Kelayakan pendirian pabrik ditinjau dari berbagai aspek salah satu diantaranya adalah studi ekonomi. Dari studi ekonomi, diperoleh total *capital investment* sebesar Rp. 849.658.104.359,12; total biaya produksi sebesar Rp. 930.523.495.474,22; keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 135.581.203.620,62; dengan parameter persentase *Return On Investment* (ROI) 40,8%; *Pay Out Time* (POT) setelah pajak sebesar 2,3449 tahun; *Break Event Point* (BEP) 40,67%; *Shut Down Point* (SDP) 20,33%; dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 24,49%. Dari hasil analisis ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik *chloroform* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak secara ekonomi dan beresiko tinggi.

Kata-kata kunci: *Chloroform, acetone, sodium hypochlorite,* pengolahan dari *chloroform*

ABSTRACT

Manufacture choloroform factory plant of raw materials are acetone 1244.2785 kg/hour and sodium hypochlorite 9589.5256 kg/hour with a capacity of 20,000 tons/year provides a good prospect and is expected to meet the needs of the Indonesian market. The chemical plant will be operated for 330 days or 24 hours a day is planned to set up in the industrial estate in Cilegon, at provine Banten on a land of 20,616 m^2 to provide convenience to the transportation of raw materials. Feed acetone and sodium hypochlorite to react in the liquid phase using a continuous stirred tank reactor (RATB) that operates continuously at a pressure of 1 atm and a temperature of 40°C and equipped with a cooling coil. In this reaction, the resulting conversion is 99%.

The feasibility of establishing a factory in terms of various aspects one of which is the study of economics. From the study of economics, obtained a capital investment of Rp. 849,658,104,359.12; the production cost of Rp. 930,523,495,474.22; profit after tax of Rp. 135,581,203,620.62; with the parameter percentage of Return On Investment (ROI) 40.8%; Pay Out Time (POT) 2.3449 year after taxes; Break Event Point (BEP) 40.67%; Shut Down Point (SDP) 20.33%; and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) 24.49%. From the results of the economic analysis, it can be concluded that the chloroform plant with a capacity of 20,000 tonnes/year to be economically viable and high risk.

Key words: Chloroform, acetone, sodium hypochlorite, preparation of chloroform

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem perdagangan dunia yang mengarah pada era globalisasi, perdagangan di sektor industri sebagai lokomotif pembangunan ekonomi semakin berkembang. Di masa mendatang seiring dengan perkembangan industri tersebut maka akan terjadi peningkatan permintaan akan bahan baku dan penunjang termasuk untuk industri kimia. Hal ini disebabkan oleh semakin terbukanya peluang pasar bagi produk-produk kimia dasar di Indonesia maupun ke pasar internasional sebagai komoditas ekspor untuk memenuhi permintaan industri tersebut.

Chloroform merupakan salah satu bahan kimia yang sangat dibutuhkan baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan penunjang. Dalam dunia kesehatan *chloroform* lebih dikenal kegunaannya sebagai bahan pembius, walaupun pada kenyataannya *chloroform* lebih banyak digunakan sebagai pelarut nonpolar di laboratorium atau industri.

Di bidang industri, sekitar 95% *chloroform* yang dihasilkan digunakan sebagai bahan baku pembuatan *chlorodifluoromethane* [75-45-6] (HCFC-22). 70% dari 95% tersebut, digunakan sebagai *refrigerants* untuk keperluan domestik air *conditioner* dan sekitar 30% sebagai *strarting* material pada pembuatan *polytetra fluoro ethylene* (PTFE). Beberapa penggunaan lainnya, sekitar 5% dari produksi *chloroform* digunakan untuk reagen laboratorium dan pelarut ekstraktif untuk obat-obatan. *Chloroform* atau triklorometana mempunyai rumus molekul $CHCl_3$, dimana pada suhu dan tekanan atmosferik normal berbentuk cairan bening, *volatile*, dan berbau khas. Pada kondisi tersebut *chloroform* tidak mudah terbakar. *(Amonette dkk., 2009)*

Chloroform adalah salah satu produk yang pertumbuhannya semakin meningkat dari waktu ke waktu. Kebutuhan Indonesia akan *chloroform* tidak cukup besar, karena kebutuhan *chloroform* di Indonesia hanya sebagai pelarut ekstraktif, namun kebutuhan *chloroform* di dunia mengalami peningkatan yang

cukup signifikan dari waktu ke waktu dan untuk Indonesia sepenuhnya masih mengimpor dari luar negeri.

Di bawah ini disajikan table konsumsi *chloroform* di dunia pada kurun waktu 1998 sampai dengan tahun 2003.

Tabel 1.1. Data Konsumsi *Chloroform* di Dunia

No.	Tahun	Kebutuhan (kg)
1	1998	260.814.250
2	1999	274.487.554
3	2000	280.545.415
4	2001	286.215.290
5	2002	291.885.165
6	2003	297.555.040

Sumber: Chemical Profile, 2005

Seiring dengan perkembangan pembangunan, belum adanya produsen *chloroform* di Indonesia membuka peluang yang sangat besar terhadap pasar *chloroform* di Indonesia untuk mengekspor *chloroform* keluar negeri, karena dapat dilihat pada tabel di atas kebutuhan dunia akan *chloroform* terus meningkat.

Selama ini kebutuhan nasional terhadap *chloroform* masih diimpor dari Jepang, USA, Inggris, dan Perancis. Oleh karena itu prospek pembangunan pabrik *chloroform* di Indonesia akan menguntungkan. Selain itu juga dapat memasarkan produk-produk yang berasal dari bahan baku *chloroform* dengan harga yang lebih murah dan dapat mengurangi ketergantungan impor *chloroform*, serta melakukan diverifikasi produk yang bernilai ekonomi tinggi untuk menambah pendapatan negara sekaligus membuka lapangan pekerjaan baru.

Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik, pabrik yang didirikan harus mempunyai kapasitas yang optimal yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya minimal.

Faktor-faktor lainnya yang dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik *chloroform* adalah:

a. Ketersediaan Bahan Baku

   Tersedianya bahan baku yang cukup sehingga akan memudahkan tercapainya produksi *chloroform* di dalam negeri.

b. Kapasitas Rancangan Minimum

   Beberapa pabrik yang memproduksi *chloroform* mempunyai kapasitas minimum 18.000 ton/tahun (*Hanlin Group Inc., Moundsville, West Virginia*) dan kapasitas maksimum 90.000 ton/tahun *(Dow Chemical Co., Plaquemine, Louisinia).*

   Kapasitas rancangan minimum pabrik *chloroform* dapat diketahui dari beberapa data kapasitas pabrik *chloroform* yang telah berdiri di luar negeri pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Kapasitas Produksi Pabrik *Chloroform* di Luar Negeri

Pabrik Chloroform	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1. Dow Chemical Company, Freeport, Texas	60.750
2. Dow Chemical Company, Plaquemine, Louisinia	90.000
3. Hanlin Group Inc., Moundsville, West Virginia	18.000
4. Vulcan Materials Company, Geismar, Louisinia	40.500
5. Vulcan Materials Company, Wichita, Kansas	72.000

(Amonette, 2009)

Dengan memperhatikan faktor-faktor diatas, maka dipilih kapasitas rancangan produksi pada tahun 2022 sebesar 20.000 ton/tahun dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *chloroform* dalam negeri
2. Dapat mengurangi ketergantungan impor *chloroform*
3. Dapat mengekspor *chloroform* karena mengingat kebutuhan *chloroform* yang cukup besar di dunia.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Macam-Macam Proses Pembuatan *Chloroform*

Proses pembuatan chloroform dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

a. Pembuatan *chloroform* dari reduksi karbon tetraklorida

Karbon tetraklorida direduksi dengan hidrogen dibantu dengan katalis besi dan *hydrochloric acid*. Reaksi ini berjalan sangat lambat yaitu 25 jam. Dan suhu reaksi dijaga tetap 160 ^{o}C dan tekanan 500 kPa.

Reaksi yang terjadi:

$CCl_4 + 2(H) \longrightarrow CHCl_3\ (g) + HCl\ (g)$

Konversi reaksi yang terjadi adalah 70 % sampai 80 % terhadap H_2, dan produk *chloroform* yang dihasilkan mempunyai kemurnian 80 %. Radiasi ultraviolet pada karbon tetraklorida dengan alkohol menghasilkan *chloroform* dengan konversi tinggi, tetapi reaksi berjalan sangat lambat.

b. Pembuatan *chloroform* dari klorinasi gas metan

Chloroform sangat mungkin diproduksi dengan proses klorinasi gas metan dengan cara yang serupa dengan proses pembuatan metal klorid. Sebenarnya proses klorinasi gas metan ada beberapa metode salah satunya adalah dalam proses pembuatan *chloroform* yaitu dengan meningkatkan kadar klor.

Proses klorinasi gas metan ini berlangsung pada suhu 400 sampai 500 ^{o}C pada fase. Hal ini dengan mencampurkan bahan organik dengan gas klorin dan pemanasan untuk memulai reaksi. Adapun reaktor yang digunakan adalah *reactor fixed bed* katalitik dengan kemurnian yang

dihasilkan 15-30 %. Penggunaan reaktor *fixed bed* trsebut harus mempunyai konstruksi penyangga yang cukup kuat untuk menyangga katalis dan terbuat dari bahan yang tahan terhadap pembebas panas, mengingat reaksi klorinasi adalah reaksi eksotermis tinggi, sehingga reaktor tersebut biayanya cukup mahal. Proses ini juga sensitif dengan adanya impuritis. *(Ketta & Cunningham., 1992)*

c. Pembuatan *chloroform* dari *acetone* dan *bleaching powder*

Pada pembuatan *chloroform* dari *acetone* dan *bleaching powder*, mula-mula dibuat terlebih dahulu suspensi *bleaching powder* dengan konsentrasi 34 % yaitu dengan mencampurkan *bleaching powder* dengan air. Suspensi *bleaching powder* tersebut kemudian direaksikan dengan *acetone* dengan suhu mula-mula 110 ^{o}F dengan koil pendingin.

Reaksi yang terjadi:

$$2\ CH_3COCH_3 + 6\ CaOCl_2.H_2O \longrightarrow 2\ CHCl_3 + (CH_3COO)_2Ca + 3\ CaCl_2 + 6\ H_2O$$

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah reaksi eksotermis dimana reaksi tersebut menghasilkan panas dan konversi reaksinya hanya 88 %. *Chloroform* yang dihasilkan mempunyai kemurnian 86-91 % dengan *acetone* sebagai pengotor.

d. Pembuatan *chloroform* dari *acetone* dan *sodium hypochlorite*

Pembuatan *chloroform* dari *acetone* dan *sodium hypochlorite* terjadi pada suhu antara 30 - 85 ^{o}C dan reaksi berjalan eksotermis dimana reaksi menghasilkan panas dengan koversi 99%

Reaksi yang terjadi di reaktor:

$$CH_3COCH_3 + 6\ NaOCl \longrightarrow CHCl_3 + 2\ NaOH + 3/2\ O_2 + NaCH3COO + 3NaCl$$

1.2.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan empat macam uraian proses pembuatan *chloroform* tersebut, maka dipilih proses pembuatan *chloroform* dari *aceton*e dan *sodium hypochlorite* dengan pertimbangan:

1. Proses ini menghasilkan konversi reaksi yang sangat tinggi.
2. Kondisi operasi mudah dicapai dan tidak memerlukan perlakuan yang rumit serta tidak memerlukan enegi yang besar.
3. Produk yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang paling tinggi.

BAB II
PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Chloroform

Rumus Molekul	: $CHCl_3$
Bentuk	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat Molekul	: 119,5 kg/kmol
Titik didih	: 61,3 °C
Densitas	: 1,489 gr/ml (pada 20 °C)
Vapour Pressure	: 54 kPa (25^oC)
Suhu Kritis	: 263,4°C
Kelarutan	: 0,82 gr/ 100 H_2O, 20°C
Sifat	: Tidak mudah terbakar

2.1.2 Sodium Hidroksida

Rumus Molekul	: NaOH
Bentuk	: Cair
Berat Molekul	: 40 gr/gmol
Warna	: Bening agak keruh
Titik didih	: 1388 °C
Densitas	: 2,13 gr/ml (at 20 °C)
Sifat	: Tidak mudah terbakar
Kelarutan	: 50 gr/L H_2O
Solubility in Water	: larut dalam air dingin

2.1.3 Sodium Asetat

Rumus molekul	: CH_3COONa
Bentuk	: Cair
Berat Molekul	: 82 gr/gmol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Titik didih	: 328,3 ^oC (1 atm)
Densitas	: 1,45 gr/cm^3
Kelarutan	: 500 gr/ l (20 ^0C)

2.1.4 Sodium

Rumus Molekul	: NaCl
Bentuk	: Cair
Berat Molekul	: 58,5 gr/gmol
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Titik didih	: 1413 ^oC (1 atm)
Densitas	: 2,16 gr/cm^3

2.1.5 Oksigen

Rumus Molekul	: O_2
Bentuk	: Gas
Berat Molekul	: 32 gr/gmol
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Titik didih	: -183 ^oC (1 atm)
Densitas	: 0,612 gr/cm^3

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Acetone

Rumus Molekul	: CH_3COCH_3
Bentuk	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat Molekul	: 58 kg/kmol
Titik didih	: 56,5 °C
Titik kritis	: 235,1 °C
Densitas	: 0,792 gr/ml
Solubility in Water	: *Miscible*

2.2.2 Sodium Hypochlorite

Rumus Molekul	: NaOCl
Bentuk	: Cair
Warna	: Putih
Berat Molekul	: 74,5 kg/kmol
Densitas	: 1,07 – 1,14 (gr/ml)
Kelarutan	: 53gr/100 gr air
Sifat	: Korosif
Titik didih	: 111 ^oC

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Chloroform* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku.

Standarisasi yang digunakan untuk kualitas bahan baku adalah ASTM (*American Standard Testing and Material*) 1972 yang bertujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Pengujian yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

2.3.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol yang dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Mulai dari pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan aliran dan alat sistem kontrol.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembaikan pada kondisi semula baik secara manual atau otomatis.

Alat sistem kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
b. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

Aliran sistem kontrol yang meliputi pengendalian proses produksi adalah:

a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator*.

b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan *chloroform* menggunakan bahan baku *acetone* dengan kemurnian 99% dan *sodium hypochlorite* dengan kemurnian 40%. Reaksi ini berlangsung pada suhu 40 ^{o}C dan pada tekanan 1 atm secara kontiniyu.

Acetone yang berasal dari tangki penyimpanan yang berbentuk silinder vertikal (T-01) pada suhu 30 ^{o}C dengan tekanan 1 atm dialirkan menuju reaktor dengan menggunakan pompa jenis pompa sentrifugal (P-03) dan kemudian menaikkan suhunya menjadi 40 ^{o}C menggunakan *Heater* (HE-01) jenis *double pipe heat Exchanger* untuk diproses lebih lanjut.

Larutan *sodium hypochlorite* yang berasal dari tangki penyimpanan berbentuk silinder vertikal (T-02) pada suhu penyimpanan 30 ^{o}C dan tekanan 1 atm kemudian dialirkan menuju reaktor dengan menggunakan pompa jenis *centrifugal pump* (P-04) dan suhunya dinaikkan menjadi 40 ^{o}C menggunakan *Heater* (HE-02) jenis *double pipe heat exchanger* agar memenuhi kondisi operasi di reaktor (R) untuk diproses.

Komposisi reaktan yaitu *acetone* dan *sodium hypochlorite* dengan perbandingan 1:6. Reaktan yang telah memenuhi kondisi operasi tersebut, diumpankan ke dalam reaktor (R) dengan kondisi *isothermal* yang merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada keadaan *steady state*. Reaksi pembentukan *chloroform* merupakan reaksi *irreversible* eksotermis dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

$C_3H6O + 6\ NaOCl \rightarrow CHCl_3 + 2\ NaOH + 3/2\ O_2 + NaCH3COO + 3\ NaCl$

Akibat panas yang ditimbulkan, suhu reaksi dijaga konstan menggunakan pendingin. Dalam hal ini digunakan *coil* dengan pendinginnya adalah air untuk mencegah reaksi melewati range suhu yang diizinkan.

Setelah reaktan tersebut selesai diproses, kemudian dikeluarkan dari reaktor. Larutan yang keluar dari reaktor terdiri dari produk dan sebagian bahan

baku yang belum bereaksi. Produk yangkeluar dari reaktor terdiri dari *acetone* (0,05%), *sodium hypochlorite* (0,38%), *chloroform* (10,06%), sodium hidroksida (6,73%), oksigen (4,04%), sodium klorida (14,77%), sodium asetat (6,90%), dan air (57,06%). Larutan keluaran reaktor kemudian dialirkan menuju Evaporator (EV) jenis *horizontal tube evaporator* menggunakan pompa (P-05) dengan jenis pompa sentrifugal. Sebelum masuk tangki evaporator, dilakukan pemanasan suhu dari 40 ^{o}C menjadi suhu 92,28 ^{o}C dengan menggunakan pemanas steam jenuh (HE-03) jenis *shell and tube heat exchanger* pada suhu 120 ^{o}C. Sedangkan gas keluaran reaktor yang berupa O_2 langsung dibuang ke flare.

Di dalam evaporator, larutan ini dipisahkan antara produk yang diinginkan dengan bahan-bahan lainnya. Evaporator digunakan untuk mengubah sebagian larutan dari bentuk cair, menjadi uap. Karena sifat *chloroform* yang gampang menguap (*volatile*), maka di dalam evaporator bahan yang akan diuapkan adalah *chloroform. Chloroform* yang dihasilkan mempunyai kemurnian 86,54% dengan pengotor *acetone* dengan sedikit air. Produk *chloroform* kemudian dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) *jenis packed distillation tower* sedangkan produk yang berupa bahan-bahan lainnya dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) untuk diproses kembali menggunakan pompa (P-06) jenis *centrifugal pump*. Sebelum masuk ke Unit Pengolahan Lanjut (UPL), produk didinginkan terlebih dahulu dari suhu 92,28 ^{o}C menjadi suhu 35 ^{o}C menggunakan cooler (CL-01) jenis *shell and tube*.

Larutan diumpankan ke dalam sebuah menara distilasi (MD) di antara plate 25 dan plate 26, karena pada plate tersebut adalah kesetimbangan komposisi, antara komposisi bahan yang masuk dan komposisi di plate tersebut. Dalam Menara distilasi (MD) campuran dimurnikan dengan kemurnian hasil atas 99,5% berupa *chloroform* dengan impuritis air dengan suhu 61,94 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Setelah itu *chloroform* hasil atas Menara distilasi (MD) dialirkan menuju tangki penyimpanan *chloroform* (T-03) menggunakan pompa (P-07). Suhu yang akan masuk tangki penyimpanan (T-03) diubah menggunakan *cooler* (CL-3) jenis *double pipe* dari suhu 61,94 ^{o}C menjadi suhu 35 ^{o}C. Produk chloroform kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan (T-03) dengan suhu 35 ^{o}C dan tekanan 1 atm. Sedangkan hasil bawah Menara distilasi (MD) dengan tekanan 1,2

atm dan suhu 104,81 ^{o}C yang berupa sedikit *chloroform*, *acetone*, dan air diturunkan suhunya menjadi 30 ^{o}C menggunakan *cooler* (CL-02) jenis *double pipe heat exchanger* dan dialirkan menggunakan pompa (P-09) menuju Unit Pengolahan Lanjut (UPL) untuk diproses kembali.

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Spesifikasi pada pabrik *chloroform* dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah spesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik *chloroform* dari *acetone* dan *sodium hypochlorite*:

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan *Acetone* (T-01)

Fungsi	: Menyimpan *acetone* (C_3H_6O) dengan Waktu tinggal 4 minggu	
Jenis	: Tangki silinder vertikal	
Jumlah	: 1 tangki	
Kondisi operasi	: suhu	= 30 ^{o}C
	: tekanan	=1 atm
Bahan	: Baja *stainless steel SA 167 grade 3*	
Dimensi	: Diameter	= 15,168 m
	: Tinggi	= 7,584 m
Volume cairan	: 1142,444 m^3	
Kapasitas	: 904929,81 kg	
Harga	: $ 550.725	

3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan *Sodium Hypochlorite* (T-02)

Fungsi	: Menyimpan *sodium hypochlorite* (NaOCl) dengan waktu tinggal 4 minggu	
Jenis	: Tangki silinder vertikal	
Jumlah	: 6 tangki	
Kondisi operasi	: suhu	= 30 ^{o}C
	: tekanan	=1 atm
Bahan	: Baja *stainless steel SA 167 grade 3*	

Dimensi	: Diameter	= 20,342 m
	: Tinggi	= 10,171 m
Volume cairan	: 2755,611 m^3	
Kapasitas	: 17261144,00 kg	
Harga	: $ 686.706	

3.2.3 Tangki Penyimpanan *Chloroform* (T-03)

Fungsi	: Menyimpan *chloroform* ($CHCl_3$) dengan waktu tinggal 4 minggu	
Jenis	: Tangki silinder vertikal	
Jumlah	: 1 tangki	
Kondisi operasi	: suhu	= 30 ^oC
	: tekanan	=1 atm
Bahan	: Baja *stainless steel SA 167 grade 3*	
Dimensi	: Diameter	= 15,520 m
	: Tinggi	= 7,760 m
Volume cairan	: 1223,749 m^3	
Kapasitas	: 1817982,13 kg	
Harga	: $ 564.323	

3.2.4 Reaktor (R)

Fungsi	: Mereaksikan NaOCl dengan C_3H_6O menjadi $CHCl_3$ dengan kecepatan umpan C_3H_6O 1244,2785 kg/jam dan NaOCl 9589,5256 kg/jam	
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	
Kondisi Operasi	: Eksotermis	
	: Tekanan	= 1 atm
	: Suhu	= 40 ^oC
Spesifikasi	: Diameter	= 3,15 m
	: Tinggi	= 4,72
	: Tebal *shell*	= ¼ in

: Tebal *Head* = ¼ in

Volume cairan dalam *head* : 4,088 m^3

Volume dibadan RATB : 33,383 m^3

Tinggi cairan dibadan RATB : 4,287 m

Type pengaduk : *type Marine* dengan 3 *blade*

Jumlah *buffle* : 4 buah

Diameter impeler :104,99 cm

Tinggi impeler : 104,99 cm

Lebar *buffle* : 10,50 cm

Digunakan motor, daya : 7,50 Hp

Luas perpindahan panas, Ao : 657,4561 sqft

Coil Pendingin :

Diameter	= 6,544 ft
Luas perpindahan panas percoil	= 21,87 sqft
jumlah *coil*	= 30 lilitan
tinggi lilitan *coil* minimum	= 3,436 m
jarak antar *coil*	= 1,0 in
tinggi *coil* total	= 4,175 m

Tebal isolasi : 3 in

Jenis bahan isolasi : asbes

Jumlah : 1

Bahan : Baja *Stainless steel*

Harga : $ 166.577

3.2.5 Evaporator (EV)

Fungsi : Menguapkan sebagian hasil reaksi dari reaktor dengan kecepatan umpan 24211,211 kg/jam

Jenis : *horizontal tube evaporator*

Jumlah : 1

Kondisi operasi : suhu = 92,28 ^oC

: tekanan = 1,15 atm

Beban panas : 1421570,125 Btu/j

Luas transfer panas, A: 189,9377 sqft

jumlah pipa : 60 pipa

Overall heat transfer : Dari tabel 8 Kern hal.840 dipilih Ud untuk:

: *hot fluid* = *Light Organic*

: *cold fluid* = *Steam*

: *Range Ud* = 100 - 200 BTU/j ft^2 F

: dipilh Ud = 150 BTU/j ft^2 F

Pemilihan pipa : dari tabel 10. Kern dipilih pipa:

: OD = 0,75 in

: ID = 0,482 in = 0,0355 ft

: BWG = 10

: at'' = 0,182 in^2

: at' = 0,1963 ft^2/ft

Jarak *buffle* : 12 in

Luas *Flow area* : 0,125 ft^2

Harga : $ 53.713

3.2.6 Menara Distilasi (MD)

Fungsi : memisahkan *chloroform* sebagai produk menara atas dengan kecepatan umpan 2932,7429 kg/jam

Jenis : *packed distillation tower*

Kondisi operasi di Puncak Menara

: suhu = 61,94 ^oC

: tekanan = 1 atm

Kondisi operasi di Dasar Menara

: suhu = 104,81 ^oC

: tekanan = 1,20 atm

Kondisi operasi di Umpan Menara

: suhu = 92,28 ^oC

: tekanan = 1,15 atm

Jumlah *plate*	: seksi *rectifiying*	= 25 plate
	: seksi *stripping*	=16 plate
Dimensi	: tinggi menara	= 25,12 m
	: diameter puncak	= 1,707 m
	: diameter dasar	= 0,959 m
Tebal Menara	: *shell* = 3/16 in	
	: *head* = 3/16 in	
Ukuran pipa	: pemasukan umpan	= 1,50 in
	: pemasukan *reflux*	= 1,50 in
	: pemasukan uap reboiler	= 8,00 in
	: pengeluaran uap puncak	= 10,00 in
	: pengeluaran dasar	= 1,00 in
Bahan isian	: *raschig's ring*	
Harga	: $ 4.657	

3.2.7 Condensor (CD)

Fungsi	: mengembunkan uap yang keluar dari Menara Distilasi pada suhu 61,94 ^{o}C dengan pending air pada suhu 30 ^{o}C keluar pada suhu 50 ^{o}C dengan kecepatan umpan 15851,5830 kg/j	
Jenis	: *shell and tube condenser*	
Beban panas (Qc)	: 298575,8750 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 239,88 sqft	
Umpan dan pendingin	:	
	kecepatan umpan pendingin	= 11021,01 lb/j
	kecepatan air pendingin	= 32843,35 lb/j
Lay Out HE1-2	: *Shell* : ID *shell*	= 13,25
	: Jumlah pipa	= 82
	: *Pass*	= 1

: *tube* : OD pipa; BWG = 0,75; 16
: ID pipa = 0,62
: *Pitch* = 1,0 Sq *Pitch*
: Panjang = 16
: Pass = 4

Jumlah : 1 buah
Bahan : *stainless steel*
Harga : $ 45.554

3.2.8 Reboiler (RB)

Fungsi : menguapkan sebagian hasil bawah MD pada suhu 158,66 ^{o}C dengan pemanas jenuh pada suhu 168 ^{o}C
Jenis : *shell and tube kettle reboiler*
Beban panas reboiler : 273363,7813 Kcal/jam
Luas transfer panas : 322,56 sqft
Umpan dan pendingin :
kecepatan umpan masuk = 2660,005 lb/j
kecepatan steam jenuh = 1209,339 lb/j
Lay Out HE1-2 : *shell* : ID *shell* = 15,25
: jumlah pipa = 124
: *pass* = 1
: *tube* : OD pipa; BWG = 0,75; 16
: ID pipa = 0,62
: *pitch* = 1,00 sq *pitch*
: pass = 2
Jumlah : 1 buah
Bahan : *stainless steel*
Harga : $ 47.593

3.2.9 Accumulator (ACC)

Fungsi : menampung sementara hasil atas menara distilasi dengan waktu tinggal 20 menit

Jenis : tangki silinder horizontal

Bahan : *stainless steel*

Spesifikasi : diameter = 61,94 ^{o}C

: panjang = 1,00 atm

: tebal *shell* = 3/16 in

: tebal *head* = 3/16 in

Harga : $ 12.918

3.2.10 Heater (HE-01)

Fungsi : memanaskan umpan C_3H_6O masuk reaktor dari suhu 30 ^{o}C menjadi suhu 40 ^{o}C dengan pemanas steam pada suhu 120 ^{o}C dengan kecepatan umpan = 1256,847 kg/j

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Beban panas : 26224,8633 Kcal/jam

Luas transfer panas : 1,63 ft^2

Umpan & pemanas :

kecepatan umpan masuk : 13,56131 kg/j

kecepatan steam jenuh : 1256,847 kg/j

jumlah hairpin : 1

Inner pipe : OD pipa; BWG = 0,54; 40

: ID pipa = 0,36

: *Flow Area* = 0,104 in^2

: *Surface Area* = 0,141 ft^2/ft

: *Pressure drop* = 0,17400 psi

: Panjang = 6,00 ft

Annulus : OD pipa, BWG = 1,90, 40

: ID pipa = 1,61

: *Pressure drop* = 0,17277 psi

: Panjang = 6,00 ft

Jumlah : 1 buah

Bahan : *stainless steel*

Harga : $ 3.943

3.2.11 Heater (HE-02)

Fungsi : memanaskan umpan NaOCl masuk reaktor dari suhu 30 ^{o}C Menjadi suhu 40 ^{o}C dengan pemanas steam suhu 120 ^{o}C dengan kecepatan umpan = 23973,813 kg/j

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Beban panas : 664360,1250 Kcal/jam

Luas transfer panas : 29,98 ft^2

Umpan & pemanas :

kecepatan umpan masuk : 343,5516 kg/j

kecepatan steam jenuh : 23973,81 kg/j

jumlah hairpin : 4

Inner pipe : OD pipa; BWG = 1,50; 40

: ID pipa = 0,84

: *Flow Area* = 0,557 in^2

: *Surface Area* = 0,257 ft^2/ft

: *Pressure drop* = 1,71628 psi

: Panjang = 12,00 ft

Annulus : OD pipa; BWG = 3,50; 40

: ID pipa = 3,05

: *Pressure drop* = 4,52430 psi

: Panjang = 12,00 ft

Jumlah : 1 buah

Bahan : *stainless steel*

Harga : $ 4.079

3.2.12 Heater (HE-03)

Fungsi	: memanaskan umpan evaporator dari suhu 40 ^{o}C menjadi suhu 92,28 ^{o}C dengan pemanas steam suhu 120 ^{o}C dengan kecepatan umpan = 24211,211 Kg/j	
Jenis	: *Shell and Tube Heat Exchanger*	
Beban panas	: 3873866,2500 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 300,90 ft^2	
Umpan & pemanas	: kecepatan umpan masuk: 24211,211 kg/j	
	: kecepatan steam jenuh: 2003,24 lb/j	
Shell	: ID *shell*	= 13,24
	: Jumlah pipa	= 90
	: Pipa	= 1
Tube	: OD pipa; BWG	= 0,75; 16
	: ID pipa	= 0,62
	: *pitch*	= 1,00 *sq pitch*
	: Panjang	= 16
	: *pass*	= 2
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 18.357	

3.2.13 Cooler (CL-01)

Fungsi	: mendinginkan hasil evaporator dari suhu 92,29 ^{o}C menjadi suhu 35 ^{o}C dengan pendingin masuk pada suhu 30 ^{o}C keluar suhu 50 ^{o}C dengan kecepatan umpan 21299,701 Kg/j
Jenis	: *Shell & tube heat exchanger*
Beban panas	: 938781,125 Kcal/j
Luas transfer panas	: 949,6718 ft^2
Umpan & pemanas	: kecepatan umpan masuk: 21299,7 Kg/j

	: kecepatan pendingin: 46939,05 Kg/j	
Shell	: ID *shell*	= 23,25
	: Jumlah pipa	= 308
	: Pipa	= 2
Tube	: OD pipa; BWG	= 0,75 in; 10
	: ID pipa	= 0,482 in
	: *pitch*	= 1,00 *sq pitch*
	: Panjang	= 16
	: *pass*	= 4
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 5.439	

3.2.14 Cooler (CL-02)

Fungsi	: mendinginkan hasil menara distilasi dari suhu 104 ^{o}C menjadi suhu 35 ^{o}C dengan pending masuk pada suhu 30 ^{o}C keluar pada suhu 50 ^{o}C dengan kecepatan umpan 407,489 kg/j	
Jenis	: *Double Pipe Heat Exchanger*	
Beban panas	: 108462,469 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 23,213 ft^2	
Umpan & pemanas	: kecepatan umpan masuk: 407,4888 kg/j	
	: kecepatan air pendingin: 1366,627 kg/j	
	: jumlah hairpin	: 3
Inner pipe	: OD pipa; BWG	= 1,32; 40
	: ID pipa	= 1,07
	: *Flow Area*	= 0,895 in^2
	: *Surface Area*	= 0,345 ft^2/ft
	: *Pressure drop*	= 0,77349 psi
	: Panjang	= 12,00 ft
Annulus	: OD pipa; BWG	= 2,38; 40

	: ID pipa	= 2,07
	: *Pressure drop*	= 0,64844 psi
	: Panjang	= 12,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 4.419	

3.2.15 Cooler (CL-03)

Fungsi	: mendinginkan hasil atas menara distilasi dari suhu 61,94 ^{o}C menjadi suhu 35 ^{o}C dengan pendingin masuk suhu 30 ^{o}C keluar pada suhu 50 ^{o}C dengan kecepatan umpan 17001,799 Kg/j	
Jenis	: *Double Pipe Heat Exchanger*	
Beban panas	: 106118,430 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 59,250 ft^2	
Umpan & pemanas	: kecepatan umpan masuk: 17001,799 kg/j	
	: kecepatan air pendingin: 1337,092 kg/j	
	: jumlah hairpin	: 2
Inner pipe	: OD pipa; BWG	= 3,50; 40
	: ID pipa	= 3,07
	: *Flow Area*	= 7,389 in^2
	: *Surface Area*	= 0,916 ft^2/ft
	: *Pressure drop*	= 5,59328 psi
	: Panjang	= 16,00 ft
Annulus	: OD pipa; BWG	= 4,50; 40
	: ID pipa	= 4,03
	: Pressure drop	= 0,66055 psi
	: Panjang	= 16,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 20.397	

3.2.16 Pompa (P-01)

Fungsi	: mengalirkan *acetone* dari mobil tangki menuju tangki penyimpanan dengan kecepatan = 1256,846 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 423,098 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 4,0
	: Sch. No	= 40
	: ID	= 4,026 in
Head pompa	: *friction head*	= 4,71 m
	: *pressure head*	= -2,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 7,71 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 5,00 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 6.799	

3.2.17 Pompa (P-02)

Fungsi	: mengalirkan *sodium hypochlorite* dari Mobil tangki menuju tangki penyimpanan dengan kecepatan = 23973,81 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 423,098 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 4,0
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 4,500 in
	: ID	= 4,026 in
Head pompa	: *friction head*	= 4,55 m
	: *pressure head*	= -2,00 m

	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 7,71 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 5,00 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 6.799	

3.2.18 Pompa (P-03)

Fungsi	: mengalirkan *acetone* dari tangki penyimpanan menuju reaktor dengan kecepatan = 1256.847 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 6,986 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 0,5
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 0,840 in
	: ID	= 0,622 in
Head pompa	: *friction head*	= 16,38 m
	: *pressure head*	= -1,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 5,00 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 1.972	

3.2.19 Pompa (P-04)

Fungsi	: mengalirkan *sodium hypochlorite* dari tangki penyimpanan menuju reaktor dengan kecepatan = 23973,813 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 101,221 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 2,0
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 2,380 in
	: ID	= 2,067 in
Head pompa	: *friction head*	= 7.82 m
	: *pressure head*	= -1,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 1,50 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 5.235	

3.2.20 Pompa (P-05)

Fungsi	: mengalirkan hasil reaksi reaktor menuju evaporator kecepatan = 24211,211 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 79,513 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 2,0
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 2,380 in
	: ID	= 2,067 in
Head pompa	: *friction head*	= 4,82 m
	: *pressure head*	= -1,00 m

	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 1,00 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 4.895	

3.2.21 Pompa (P-06)

Fungsi	: mengalirkan hasil bawah evaporator (EV) menuju Unit Pengolahan Limbah dengan kecepatan = 23973,81 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 70,471 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 2,0
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 2,380 in
	: ID	= 2,067 in
Head pompa	: *friction head*	= 3,85 m
	: *pressure head*	= -1,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 0,75 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 4.623	

3.2.22 Pompa (P-07)

Fungsi	: mengalirkan hasil atas menara distilasi dari *accumulator* menuju tangki penyimpanan dengan kecepatan umpan = 5009,552 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 14,847 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 0,8
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 1,050 in
	: ID	= 0,824 in
Head pompa	: *friction head*	= 16,15 m
	: *pressure head*	= -1,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: static head	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 0,75 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 2.040	

3.2.23 Pompa (P-08)

Fungsi	: mengalirkan hasil bawah menara distilasi dari reboiler menuju UPL dengan kecepatan = 407,490 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 1,744 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 0,5
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 0,840 in
	: ID	= 0,622 in
Head pompa	: *friction head*	= 1,17 m

	: *pressure head*	= -1,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: static head	= 1,45 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 0,50 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 1.632	

3.2.24 Pompa (P-09)

Fungsi	: mengalirkan *chloroform* dari tangki penyimpanan menuju mobil tangki konsumen dengan kecepatan 2525,252 kg/j	
Jenis	: pompa *centrifugal*	
Kapasitas	: 423,098 gpm	
Pemilihan pipa	: IPS	= 4,0
	: Sch. No	= 40
	: OD	= 4,500 in
	: ID	= 4,026 in
Head pompa	: *friction head*	= 4,36 m
	: *pressure head*	= -2,00 m
	: *velocity head*	= 0,00 m
	: *static head*	= 7,71 m
Putaran pompa	: kecepatan putar	= 1750 rpm
	: efisiensi motor	= 0,88
	: motor *standard*	= 10,00 Hp
Jumlah pompa	: 2 pompa	
Bahan	: *stainless steel*	
Harga	: $ 6.799	

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku pembuatan *chloroform* ($CHCl_3$) yang berupa *acetone* (C_3H_6O) diperoleh dari PT Smartlab di Serpong, Tangerang sedangkan bahan baku yang berupa *sodium hypochlorite* (NaOCl) diperoleh dari PT Asahimas Chemical di Cilegon, Banten. Berikut adalah tabel kebutuhan bahan baku pembuatan *chloroform*.

Tabel 3.1 Data Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)
C_3H_6O	9854,6857
NaOCl	75949,0429

3.3.2 Analisa Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses, maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses. Baik pembelian, maupun perawatannya.

BAB IV
PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Dalam pendirian suatu pabrik penentuan lokasi sebuah pabrik merupakan hal yang sangat penting, hal ini karena berkaitan erat dengan efisiensi perusahaan. Untuk menentukan lokasi pabrik yang tepat sebaiknya perlu ditinjau faktor-faktor yang mempengaruhi letak pabrik tersebut. Daerah lokasinya ditentukan oleh beberapa faktor utama sedangkan dimana tepatnya lokasi pabrik tersebut ditentukan oleh beberapa khusus (spesifik), karena hal ini menentukan lancar atau tidaknya operasi yang bersangkutan.

4.1.1 Faktor-Faktor Utama

a. Ketersediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan serta transportasi. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku yaitu:

- Jarak sumber bahan baku dengan pabrik.
- Kapasitas bahan baku.
- Kualitas bahan baku.
- Cara penanganan bahan baku.
- Kemungkinan adanya sumber bahan baku yang lain.

b. Pemasaran

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi pemasaran, sebab berhasil tidaknya pemasaran inilah yang akan menentukan suatu industri. Hal-hal berikut perlu diperhatikan mengenai pemasaran:

- Dimana produk akan dipasarkan.
- Jumlah pesaing dan pengaruhnya.
- Kebutuhan dan kemampuan dari daya serap pasar.
- Jarak daerah pemasaran dari lokasi pabrik.
- Cara pemasaran yang digunakan

c. Sumber Air

Air merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting pada suatu indusri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air dapat diperoleh dari:

- Sumber langsung yaitu sungai atau air tanah.
- Instalasi penyediaan air.

Berikut hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air:

- Kapasitas dan kualitas dari sumber air.
- Jarak sumber air dari lokasi pabrik.
- Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air untuk menyediakan air sesuai dengan kebutuhan rutin pabrik.

d. Kondisi Iklim

Berikut ini adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim:

- Keadaan alam sekitar yang sulit akan menambah biaya konstruksi pembangunan pabrik.
- Kecepatan dan arah angin.
- Kemungkinan terjadinya bencana alam.
- Pengaruh alam sekitar dalam perkembangan yang akandating.

e. Sumber Listrik

Pendirian suatu pabrik membutuhkan tenaga listrik dan bahan bakar sebagai faktor penunjang yang sangat penting. Hal-hal berikut perlu diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar

- Kemungkinan pengadaan tenaga listik dan bahan bakar dari daerah sekitar serta PLN.
- Harga bahan bakar yang digunakan.

4.1.2 Faktor-faktor Khusus

a. Transportasi

Pengadaan transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran dari suplai bahan baku dan pemasaran produk dapat terjamin dengan biaya operasi yang rendah dan dalam waktu yang singkat. Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Jalan raya yang dapat dilewati mobil, truk, dan angkutan darat lainnya.
- Jalan kereta api.
- Sungai atau laut yang dapat dilalui perahu atau kapal.
- Pelabuhan laut dan lapangan udara yang dekat dengan lokasi pabrik.

b. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses industri. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Kemudahan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan.
- Pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang tersedia.
- Penghasilan tenaga kerja disekitar pabrik.
- Adanya ikatan buruh dan peraturan buruh.

c. Undang-undang dan Peraturan Pemerintah

Hal-hal berikut perlu diperhatikan mengenai undang-undang dan peraturan pemerintah:

- Ketentuan mengenai daerah industri.
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri yang ada didaerah tersebut.
- Ketentuan mengenai perpajakan dan asuransi.

d. Lingkungan dan Masyarakat

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai lingkungan dan masyarakat:

- Biaya perumahan.

- Lokasi pabrik tersebut berada di daerah pedesaan atau perkotaan.
- Aspek-aspek kebudayaan, tempat ibadah, perpustakaan, bioskop.
- Fasilitas kesehatan/rumah sakit, sekolah, tempat rekreasi.

e. Limbah Pabrik

Buangan dari pabrik perlu diperhatikan dengan cermat, terutama dampaknya pada kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran.
- Biaya yang diperlukan untuk menangani polusi terhadap lingkungan.

f. Pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran adalah:

- Bahaya-bahaya kebakaran di sekitar lokasi pabrik.
- Lokasi pabrik harus jauh dari lokasi perumahan penduduk.
- Lokasi pabrik diusahakan tidak berada pada lokasi rawan banjir.

g. Karakteristik dari lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan yakni:

- Susunan tanah, daya dukung terhadap pondasi pabrik, kondisi jalan, dan pengaruh air.
- Penyediaan fasilitas tanah untuk perluasan atau pembangunan unit baru.
- Harga tanah dan fasilitas-fasilitas lainnya.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka rencana pembangunan Pabrik *Chloroform* berlokasi di daerah Cilegon, Banten dengan pertimbangan sebagai berikut:

a. Persediaan bahan baku

   Bahan baku yang digunakan dalam Pabrik *Chloroform* ini adalah acetone dari PT. Smartlab Indonesia di Serpong, sedangkan bahan baku Sodium Hypochlorite diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon.

b. Pemasaran Produk

   Pemasaran produk *choloroform* ini diutamakan untuk bahan baku pembuatan polimer dimana pabrik polimer sedang berkembang di Indonesia terutama di Cilegon. *Chloroform* digunakan juga 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.

c. Sarana Transportasi

   Fasilitas transportasi didaerah ini cukup memadai. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan yang dekat dengan pelabuhan dan jalan raya sehingga pembelian bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan.

d. Kebutuhan Air dan Tenaga Listrik

   Kebutuhan pabrik akan air dan listrik sangatlah besar, maka dari itu diperlukan lokasi yang bisa memadai keperluan tersebut. Kawasan industri Cilegon sendiri dekat dengan sungai-sungai besar salah satunya Sungai Cidanau yang airnya dapat diolah untuk memenuhi kebutuhan air, steam, listrik, dan lain-lain. Kebutuhan listrik juga dapat terpenuhi melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN).

e. Tenaga Kerja

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

f. Kondisi Iklim dan Cuaca

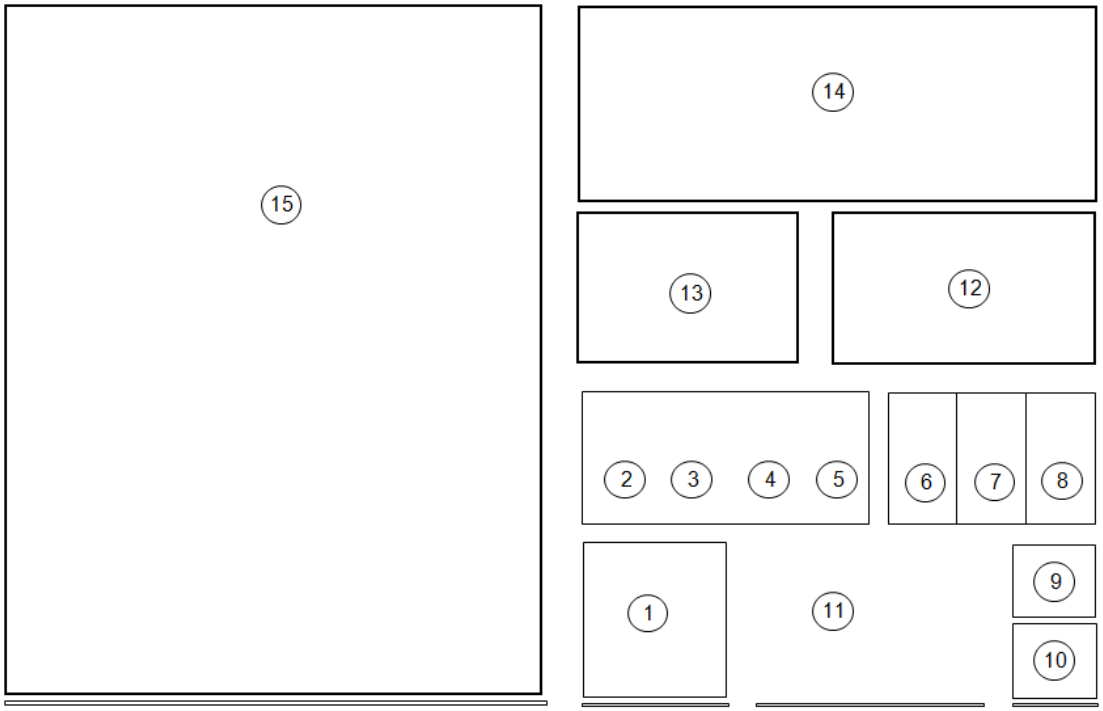
   Di daerah Cilegon memiliki iklim tropis, mengingat kondisi tersebut, maka kawasan industri Cilegon cocok dijadikan lokasi pabrik *chloroform* ini.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan suatu tata cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik guna melancarkan proses produksi. Tata letak pabrik meliputi rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik meliputi kantor, gudang, kamar serta semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Oleh karena itu tata letak pabrik perlu disusun secara cermat agar tidak terjadi kesulitan di kemudian hari. Berikut adalah faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik:

a. Persediaan tanah dan susunan pabrik memungkinkan adanya perluasan.
b. Terjaminnya kelancaran distribusi bahan baku, produk, air, steam, dan bahan lain secara tepat.
c. Kemungkinan terjadinya kebakaran, kecelakaan, dan sebagainya.
d. Cuaca atau iklim lingkungan
e. Penggunaan ruang kerja yang efisien.
f. Penyediaan pengolahan limbah yang memadai.
g. Penggunaan ruang kerja yang efisiensi.

Plant layout adalah bagaimana peralatan diletakkan di dalam area pabrik secara keseluruhan agar proses terjadi secara efektif dan efisien dengan memperhatikan hal-hal berikut ini:



- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lainnya agar memudahkan dalam pemeriksaan, perawatan, serta menjamin keselamatan kerja.
- Setiap alat harus tersusun secara berurutan sesuai tugasnya agar tidak menyulitkan dalam pengoperasian serta mendukung terciptanya keselamatan kerja karyawan.

Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik Skala 1:940

Keterangan:

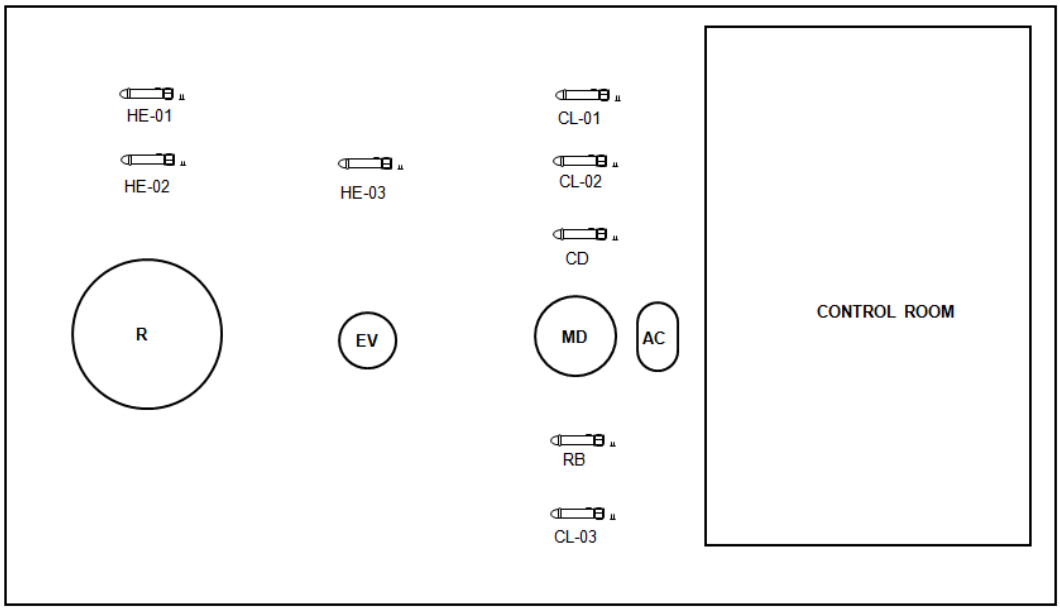
1. Gedung Pertemuan
2. Kantor Utama
3. Perpustakaan
4. Laboratorium
5. Poliklinik
6. Kantin
7. Gudang
8. Bengkel
9. Tempat Ibadah
10. Kantor Sekuriti
11. Area Parkir, taman, dan jalan
12. Area Proses
13. Area Utilitas dan UPL
14. Area Tangki
15. Area Perluasan

4.3 Tata Alat Proses (*Machines Layout*)

Pemasangan alat-alat proses produksi harus diperhatikan terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat dan jarak antar alat proses. Tujuaannya agar kelancaran produksi, keamanan, dan keselamatan terjaga sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan.

Dalam perencanaan tata letak alat proses ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan diantaranya:

- Kelancaran dan keamanan aliran bahan baku dan produk dapat dicapai dengan adanya aliran yang tetap.
- Perlu diperhatikannya aliran udara di sekitar proses untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada satu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.
- Adanya penerangan yang memadai di sekitar pabrik terutama pada daerah proses yang berbahaya agar tidak membahayakan pekerja.
- Jarak antar alat dan lebar jalan perlu juga untuk diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat produksi dengan cepat dan mudah untuk memperbaiki jika terjadi gangguan karena keselamatan pekerja menjadi prioritas utama.
- Untuk alat proses yang memiliki suhu dan tekanan yang tinggi diletakkan berjauhan dengan alat lainnya agar jika terjadi kebakaran atau ledakan tidak cepat merambat pada alat proses yang lain.



Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Skala 1:105

Keterangan:

R : Reaktor

EV : Evaporator

MD : Menara Distilasi

AC : Accumulator

HE : Heater

CL : Cooler

CD : Condenser

RB : Reboiler

4.4 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

1. Reaktor

Tabel 4.1 Neraca Massa pada Reaktor

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
			Fase Cair	Fase Gas
1	CH_3COCH_3	1244,2785	12,4428	-
2	NaOCl	9589,5256	95,8953	-
3	$CHCl_3$	-	2538,0063	-
4	NaOH	-	1699,0837	-
5	O_2	-	-	1019,4502
6	$NaCH_3COO$	-	1741,5608	-
7	NaCl	-	3727,3649	-
8	H_2O	14396,8569	14396,8569	-
	Total	25230,6610	24211,2108	1019,4502
			25230,6610	

2. Evaporator

Tabel 4.2 Neraca Massa pada Evaporator

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
			Fase Uap	Fase Cair
1	CH_3COCH_3	12,4428	12,4428	-
2	NaOCl	95,8953	-	95,8953
3	$CHCl_3$	2538,0063	2538,0063	-
4	NaOH	1699,0837	-	1699,0837
5	$NaCH_3COO$	1741,5608	-	1741,5608
6	NaCl	3727,3649	-	3727,3649
7	H_2O	14396,8569	382,2938	14014,5630
	Total	24211,2108	2932,7430	21278,4678
			24211,2108	

3. Menara Distilasi

Tabel 4.3 Necara Massa pada Menara Distilasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
			Hasil Atas	Hasil Bawah
1	CH_3COCH_3	12,4428	12,3183	0,1244
2	$CHCl_3$	2538,0063	2512,6263	25,3801
3	H_2O	382,2938	0,3079	381,9859
	Total	2932,7429	2525,2525	407,4904
			2932,7429	

4.4.2 Neraca Panas

1. Reaktor

Tabel 4.4 Necara Panas pada Reaktor

Panas Masuk Reaktor (kcal/jam)		Panas Keluar Reaktor (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk I	9912,9976	Entalpi hasil reaksi	269969,1078
Entalpi umpan masuk II	251128,1155	Panas dibawa pendingin	2838431,9780
Panas reaksi pada 0 ^oC	2996751,1290	Panas hilang ke lingkungan	149391,1567
Jumlah	3257792,2420	Jumlah	3257792,2420

2. Evaporator

Tabel 4.5 Necara Panas pada Evaporator

Panas Masuk Evaporator (kcal/jam)		Panas Keluar Evaporator (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk	1195805,5620	Entalpi keluar fase uap	1554041,2500
Beban panas evaporator	358235,6880		
Jumlah	1554041,2500	Jumlah	1554041,2500

3. Menara Distilasi

Tabel 4.6 Necara Panas pada Menara Distilasi

Panas Masuk Menara Distilasi (kcal/jam)		Panas Keluar Menara Distilasi (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk	9912,9976	Entalpi hasil atas	269969,1078
Beban panas Boiler	251128,1155	Entalpi hasil bawah	2838431,9771
		Beban panas Condenser	149391,1567
Jumlah	3257792,2420	Jumlah	3257792,2420

4. Heater-01

Tabel 4.7 Necara Panas pada Heater-01

Panas Masuk Heater 01 (kcal/jam)		Panas Keluar Heater-01 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	3304,3325	Entalpi hasil pemanasan	9912,9980
Beban panas heater	6608,6655		
Jumlah	9912,9980	Jumlah	9912,9980

5. Heater-02

Tabel 4.8 Necara Panas pada Heater-02

Panas Masuk Heater 02 (kcal/jam)		Panas Keluar Heater-02 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	83709,3672	Entalpi hasil pemanasan	251128,1094
Beban panas heater	167418,7422		
Jumlah	251128,1094	Jumlah	251128,1094

6. Heater-03

Tabel 4.9 Necara Panas pada Heater-03

Panas Masuk Heater 03 (kcal/jam)		Panas Keluar Heater-03 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	280092,0625	Entalpi hasil pemanasan	1256306,3750
Beban panas heater	976214,3125		
Jumlah	1256306,3750	Jumlah	1256306,3750

7. Cooler-01

Tabel 4.10 Necara Panas pada Cooler-01

Panas Masuk Cooler 01 (kcal/jam)		Panas Keluar Cooler-01 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	1102674,5000	Entalpi hasil pemanasan	163893,3438
		Beban panas heater	938781,1562
Jumlah	1102674,5000	Jumlah	1102674,5000

8. Cooler-02

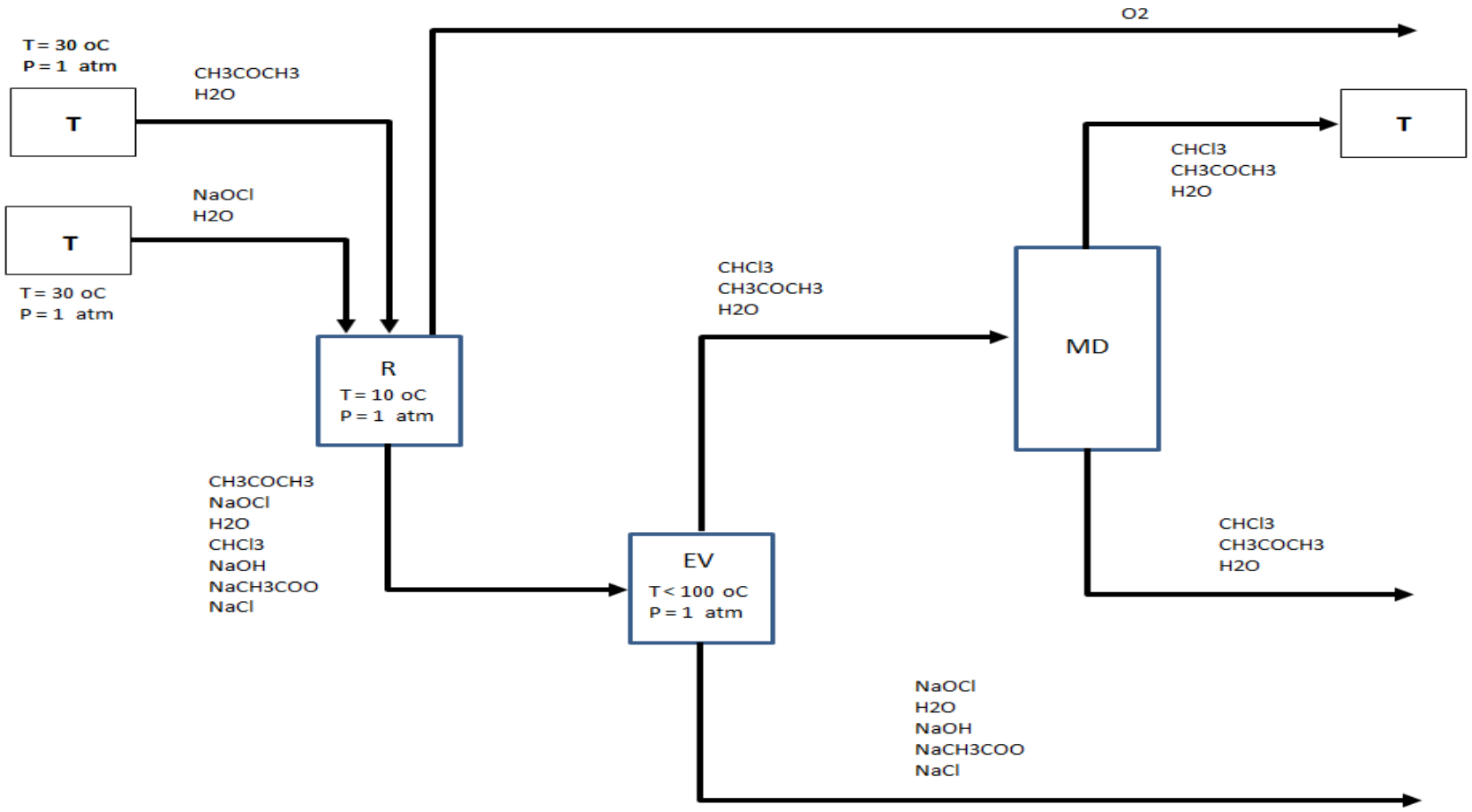
Tabel 4.11 Necara Panas pada Cooler-02

Panas Masuk Cooler 02 (kcal/jam)		Panas Keluar Cooler-02 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	31248,3789	Entalpi hasil pemanasan	3915,8364
		Beban panas heater	27332,5425
Jumlah	31248,3789	Jumlah	31248,3789

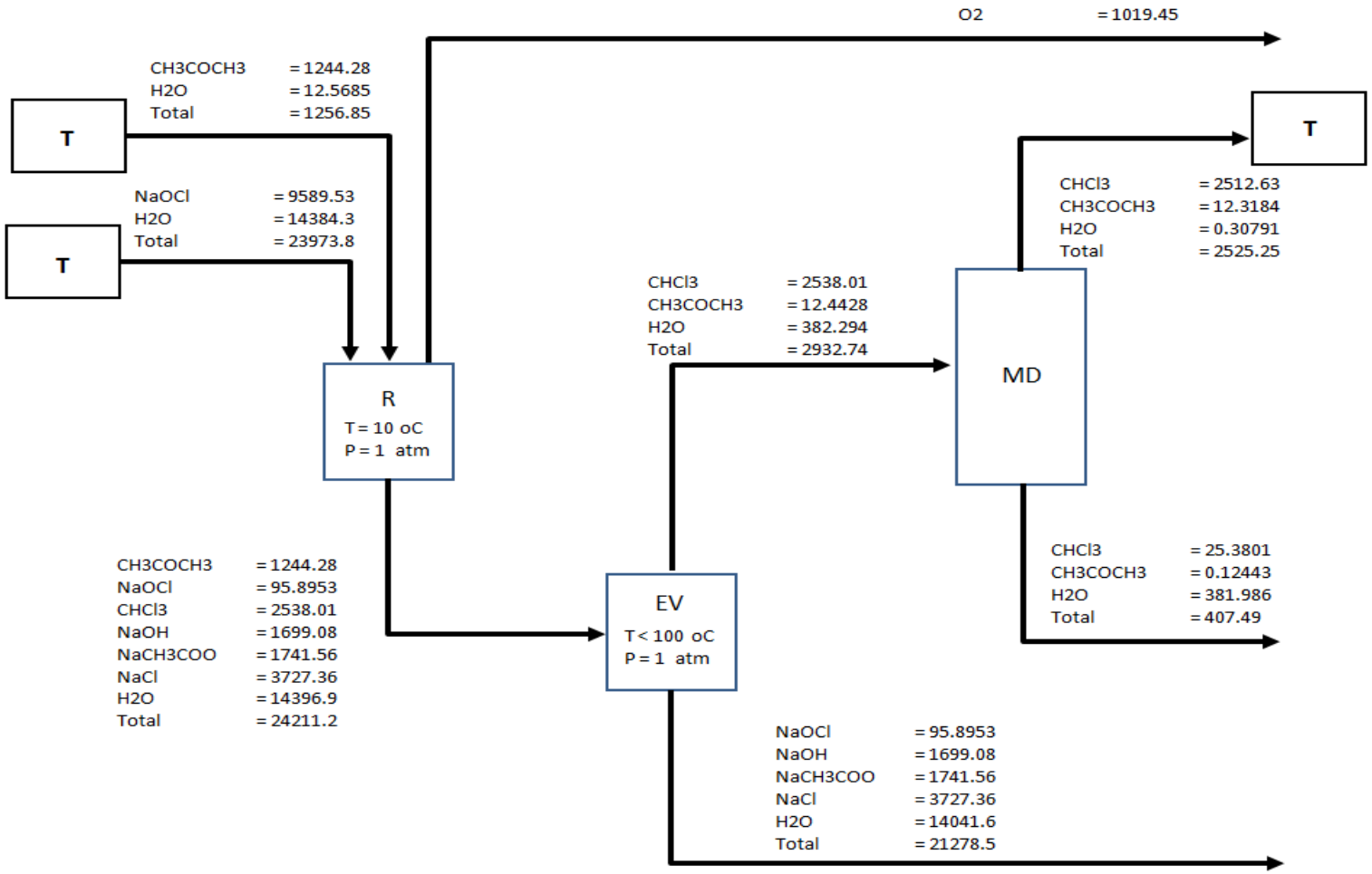
9. Cooler-03

Tabel 4.12 Necara Panas pada Cooler-03

Panas Masuk Cooler 03 (kcal/jam)		Panas Keluar Cooler-03 (kcal/jam)	
Entalpi umpan masuk heater	36668,2891	Entalpi hasil pemanasan	9926,4463
		Beban panas heater	26741,8428
Jumlah	36668,2891	Jumlah	36668,2891



Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika tidak terdapat utilitas, sebab utilitas memegang peranan penting dalam pabrik.

4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik digunakan air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut sebagai sumbernya. Air sungai akan digunakan untuk keperluan dilingkungan pabrik sebagai:

1. Air Pendingin

   Air pendingin berfungsi sebagai fluida pendingin pada alat penukar panas atau heat exchanger. Penggunaan air sebagai fluida pendingin berdaasarkan faktor berikut:

   a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
   b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
   c. Dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume.
   d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
   e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler

   Uap atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Berikut adalah prasyarat air umpan boiler:

   a. Tidak membuih (berbusa)

      Adanya busa akan membuat kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam boiler dan buih dapat meyebabkan percikan yang kuat sehingga dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi jika terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal tersebut

maka diperlukannya control terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan boiler.

b. Tidak membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menghambat proses perpindahan panas serta kerak yang terbentuk dapat pecah dan menimbulkan kebocoran.

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak, dan lemak, bikarbonat, dan bahan organic serta gas-gas yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

3. Air sanitasi

Air sanitasi pada pabrik digunakan sebagai keperluan laboratorium, kantor, konsumsi, mandi, mencuci, taman, dan lainnya. Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan sebagai air sanitasi:

a. Syarat Fisika

- Tidak berwarna dan berbau.
- Tidak berbusa.
- pH netral.

b. Syarat Kimia

- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung zat-zat organic maupun anorganik yang tidak larut dalam air.

c. Syarat Bakteriologis

Tidak mengandung bakteri terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat fisis air.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut merupakan tahapan-tahapan 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 untuk digunakan. Pengolahan tersbut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, dan penggunaan *ion exchanger*.

Pada clarifier lumpur dan partikel padat lain diendapkan, kemudian air 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 untuk memisahkan dengan partikel-partikel padatan yang terbawa. Air 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

Resin yang berada didalam cation exchanger berupa H+ berfungsi sebagai pengganti kation yang dikandung dalam air. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *cation exchanger*:

$2NaCl + RH_2 \rightarrow RNa_2 + 2\,HCl$

$CaCO_3 + RH_2 \rightarrow RCa + H_2CO_3$

$BaCl_2 + RH_2 \rightarrow RBa + 2\,HCl$

Apabila resin sudah jenuh pencucian dilakukan denganmenggunakan larutan H_2SO_4 2 %. Reaksi yang terjadi padawaktu regenerasi adalah:

$RNa_2 + H_2SO_4 \rightarrow RH_2 + Na_2SO_4$

$RCa + H_2SO_4 \rightarrow RH_2 + CaSO_4$

$RBa + H_2SO_4 \rightarrow RH_2 + BaSO_4$

b. Anion Exchanger

Anion Exchanger memiliki fungsi mengikat ion-ion negatif yang terlarut dalam air menggunakan resin bersifat basa. Berikut reaksi yang terjadi dalam *anion exchanger*:

$R(OH)_2 + 2\ HCl \rightarrow RCl_2 + 2\ H_2O$

$R(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow RSO_4 + 2\ H_2O$

$R(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow RCO_3 + 2\ H_2O$

Apabila resin sudah jenuh dilakukan dengan pencucianmenggunakan larutan NaOH 4 %. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:

$RCl_2 + 2\ NaOH \rightarrow R(OH)_2 + 2\ NaCl$

$RSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow R(OH)_2 + 2\ Na_2SO_4$

$RCO_3 + 2\ NaOH \rightarrow R(OH)_2 + 2\ Na_2CO_3$

c. Deaerasi

Deaerasi merupakan proses pengambilan oksigen dari umpan boiler. Air yang telah dimineralisasi dialirkan menuju deaerator kemudian air yang keluar dari deaerator akan dipompa menuju boiler sebagai air umpan. Pengikatan oksigen pada air umpan boiler bertujuan untuk mencegah terbentuknya kerak.

4.5.1.3 Kebutuhan Air

1. Air pendingin.

   Tabel 4.13 Jumlah Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
1	Cooler-01	CL-01	46939,055
2	Cooler-02	CL-02	1366,627
3	Cooler-03	CL-03	1337,092
4	Condenser	CD-01	14928,790
5	Reaktor	R-01	283843,188
Jumlah			333485,969

2. *Steam.*

   Tabel 4.14 Jumlah Kebutuhan *Steam*

No	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
1	Reboiler	RB-01	529,700
2	Heater-01	HE-01	13,561
3	Heater-02	HE-02	343,522
4	Heater-03	HE-03	2003,240
Jumlah			2360,354

3. Air rumah tangga dan kantor.

   Dianggap 1 orang membutuhkan 10 kg/j air

   Jumlah karyawan + keluarga = ± 460 orang

   kebutuhan air untuk keluarga dan karyawan = 4600,00 kg/j

   Kebutuhan lain - lain:

   - Laboratorium = 460 kg/j (10 %)
   - Bengkel = 460 kg/j (10 %)

   Total kebutuhan air rumah tangga dan kantor 5520,00 Kg/j

   Kebutuhan air total keseluruhan:

   (333485,97 + 2360,35 + 5520,00) kg/j = 341366,31 kg/j

4.5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit pembangkit *steam* berfungsi untuk memenuhi ketuhan *steam* pada produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk boiler dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas : 2360.354 kg/jam
Jenis : *Water Tube* Boiler
Jumlah : 1

Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan boiler, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen, dan bahan terlarut lainnya dengan caramenambahkan bahan kimia kedalam boiler *feed water tank*. Air kemudian dialirkan ke dalam ekonomizer 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 ekonomizer sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul, kemudian dialirkan menuju steam header untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan chloroform diperoleh melalui 2 sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel. Generator diesel berfingsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk mnggrakkan alat-alat seperti boiler, pengaduk reaktor, dan sejumlah pompa. Generator diesel menggunakan solar dan udara yang ditekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik dari generator diesel tersebut digunakan sebagai sumber energi utama untuk penerangan dan menggerakkan alat proses ketika listrik padam. Generator diesel yang digunakan berkekuatan 250 Hp sebanyak 1 buah.

Berikut adalah rincian kebutuhan listrik:

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Pompa (P - 01)	= 5,00 Hp
Pompa (P - 02)	= 5,00 Hp
Pompa (P - 03)	= 0,50 Hp
Pompa (P - 04)	= 1,50 Hp
Pompa (P - 05)	= 1,00 Hp
Pompa (P - 06)	= 0,75 Hp
Pompa (P - 07)	= 0,75 Hp
Pompa (P - 08)	= 0,50 Hp
Pompa (P - 09)	= 10,00 Hp
Reaktor (P - 07)	= 7,50 Hp

b. Kebutuhan Listik Utilitas

Pompa (PU - 01)	= 5,00 Hp
Pompa (PU - 02)	= 10,00 Hp
Pompa (PU - 03)	= 2,00 Hp
Pompa (PU - 04)	= 2,00 Hp
Pompa (PU – 05)	= 40,00 Hp
Pompa (PU - 06)	= 40,00 Hp
Pompa (PU - 07)	= 0,50 Hp
Pompa (PU - 08)	= 0,50 Hp
Pompa (PU - 09)	= 5,00 Hp
Blower Cooling Tower	= 5,00 Hp
Total	= 137,50 Hp

Kebutuhan listrik utilitas dan keperluan lain = 100 hp

Total kebutuhan listrik	= 137,50 + 100.0 Hp
	= 237,50 Hp
	= 237,50 Hp x 0,7457 Kwatt/Hp
	= 177,10 Kwatt

4.5.4 Unit Penyedia Bahan Bakar

Apabila terjadi pemadaman digunakan generator cadangan berkekuatan 250 Hp dengan bahan bakar diesel oil. Digunakan 1 buah generator. Kebutuhan bahan bakar minyak diesel oil dihitung sebagai berikut:

Dianggap listrik padam 1x dalam satu bulan selama 3 jam

Effisiensi motor diesel = 80 %

Effisiensi bahan bakar = 70 %

Tenaga yang harus disediakan diesel = 250 Hp / 0,8

= 312,500 Hp

Tenaga yang harus disediakan bahan bakar

= (312,50 Hp / 0,7) x (0,7457 Kwatt/Hp) x (0,9478 Btu/dt / kVA)

= 315,524 Btu/dt

Bahan bakar yang digunakan yaitu minyak diesel oil dengan spesifikasi:

Heating Value : 144,00 Btu/gal

API : 22 – 28 API

Densitas : 0,9 kg/lt

Viskositas : 1,2 cp

Kebutuhan Minyak Diesel $= \frac{315{,}52\ Btu/dt}{144000\ Btu/gal}$

= 0,002191 gal/dt

Kebutuhan Minyak diesel selama 1 tahun untuk generator

= 0,002191 gal/dt x 3600 dt/j x 3 j x 12 bulan

= 283,97 gallon/th

4.5.5 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan pabrik *chloroform* ini berupa limbah cair dan limbah gas. Kedua limbah diproses menggunakan metode yang berbeda-beda sebelum dibuang ke lingkungan.

a. Limbah cair hasil air sanitasi dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan lumpur aktif, sedangkan air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pada pompa dan kompresor

dipisahkan menurut berat jenis. Minyak bagian atas dibuang, sisa air regenerasi dinetralkan dalam kolam penetralan.

b. Untuk menghindari pencemaran udara maka limbah gas dilakukan penanganan dengan cara membuat stack atau cerobong asap dengan ketinggian tertentu sebagai alat untuk pembuangan asap.

4.5.6 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

1. Pompa (PU-01)

Fungsi	: Mengalirkan air sungai menuju Bak pengendap awal (BU-01)
Bahan	: *Cast Iron*
Tipe	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 17626,949 kg/jam
Kapasitas pompa	: 77,609 gpm
Head pompa	: 27,44 m
Tenaga pompa	: 2,71 Hp
Tenaga motor	: 5,00 Hp
Putaran standar	: 1250 rpm
Putaran spesifik	: 376,77
Jumlah	: 2 buah
Harga	: $ 4.487

2. Bak Pengendap awal (BU-01)

Fungsi	: Mengendapkan kotoran kasar dalam air	
Jenis	: Bak penampung	
Kapasitas	: 507,656 m^3	
Dimensi	: Panjang	: 18,397 m
	: Lebar	: 9,198 m
	: Dalam	: 3 m
Harga	: Rp 50.400.000,00	

3. Pompa (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air dari Bak Penampung awal (BU-02)
Bahan	: *Cast Iron*
Tipe	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 17626,949 kg/jam
Kapasitas pompa	: 77,609 gpm
Head pompa	: 77,84 m
Tenaga pompa	: 7,70 Hp
Tenaga motor	: 10,00 Hp
Putaran standar	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 241,3
Jumlah	: 2 buah
Harga	: $ 4.487

4. Bak Penampung awal (BU-02)

Fungsi	: Menampung air yang berasal dari Bak pengendap awal (BU-01) sekaligus mengendapkan kotoran lembut secara gravitasi
Jenis	: Bak Penampung
Volume	: 507,656 m^3
Dimensi	: Panjang : 18,397 m
	: Lebar : 9,198 m
	: Dalam : 3 m
Harga	: Rp 50.400.000,00

5. Pompa (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air dari Tangki Flokulator (TF-01) menuju *Clarifier*
Bahan	: *Cast Iron*
Tipe	: Sentrifugal

Kecepatan massa : 17626,9492 kg/jam
Kapasitas pompa : 77,609 gpm
Head pompa : 13,41 m
Tenaga pompa : 1,33 Hp
Tenaga motor : 2,00 Hp
Putaran standar : 1750 rpm
Putaran spesifik : 902,24
Jumlah : 2 buah
Harga : $ 4.487

6. Tangki Flokulator (TF-01)
   Fungsi : Melarutkan dan membuat campuran yang akan diumpankan kedalam Clarifier
   Jenis : Tangki silinder vertikal
   Volume : 3,518 m^3
   Dimensi
      Tinggi : 2,617 m
      Diameter : 1,309 m
   Harga : $ 88.259

7. *Clarifier* (CL-01)
   Fungsi : Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang berasal dari Bak Penampung awal (BU-02)
   volume : 253,828 m^3
   Dimensi
      Tinggi : 2,054 m
      Diameter : 8,215 m
   Harga : $ 237.967

8. Tangki Tawas (TU-01)

Fungsi	: Melarutkan dan membuat larutan tawas 5 % yang akan diumpankan kedalam *Clarifier* (CL-01)
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Kapasitas	: 4657,05 gallon/jam
Dimensi	
Tinggi	: 3,161 m
Diameter	: 3,161 m
Harga	: $ 51.673

9. Tangki Air Kapur (TU-02)

Fungsi	: Melarutkan dan membuat larutan kapur 5 % yang akan diumpankan kedalam *Clarifier* (CL-01)
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Volume tangki	: 42,740 m^3
Dimensi	
Tinggi	: 3,790 m
Diameter	: 3,790 m
Harga	: $ 55.072

10. Tangki *Poly* Elektrolit (TU-03)

Fungsi	: Melarutkan dan membuat larutan *Poly* elektrolit 5 % yang akan diumpankan kedalam *Clarifier* (CL-01)
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Volume	: 0,433 m^3
Dimensi	
Tinggi	: 0,820 m
Diameter	: 0,820 m
Harga	: $ 8.159

11. Saringan Pasir (SPU-01)

Fungsi	: Menyaring kotoran-kotoran yang telah menggumpal yang ada dalam air
Volume	: 3,525 m^3
Dimensi	
Tinggi	: 5,133 m
Diameter	: 0,935 m
Harga	: $ 163.178

12. Bak Penampung Air bersih (BU-03)

Fungsi	: Menampung air bersih yang berasal dari Saringan pasir (SPU-01)
Jenis	: Bak empat persegi panjang
Volume	: 253,828 m^3
Dimensi	
Panjang	: 13,008 m
Lebar	: 6,504 m
Dalam	: 3 m
Harga	: Rp 42.200.000,00

13. Pompa (PU-04)

Fungsi	: Mengalirkan air dari Bak Penampunga Air Bersih (BU-03) menuju proses Demineralisasi dan kebutuhan Kantor dan Rumah Tangga dan air pendingin
Bahan	: *Cast Iron*
Tipe	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 17197,023 kg/jam
Kapasitas pompa	: 75,716 gpm
Head pompa	: 13,25 m
Tenaga pompa	: 1,28 Hp
Tenaga motor	: 2,00 Hp

Putaran standar : 1750 rpm
Putaran spesifik : 899,46
Jumlah : 2 buah
Harga : $ 4.419

14. Tangki Air Rumah Tangga dan Kantor (TU-04)
    Fungsi : Menampung air kebutuhan rumah tang dan kantor dari bak air bersih (BU-03)
    Jenis : Tangki silinder vertikal
    Volume : 158,659 m^3
    Dimensi
        Tinggi : 5,868 m
        Diameter : 5,868 m
    Harga : $ 76.150

15. Pompa (PU-05)
    Fungsi : Mengalirkan air dari Bak *Cooling Tower* (CT) menuju sistem pendinginan proses
    Jenis : Sentrifugal
    Kecepatan massa : 166742,984 kg/jam
    Kapasitas pompa : 734,147 gpm
    Head pompa : 17,13 m
    Tenaga pompa : 16,03 Hp
    Tenaga motor : 20,00 Hp
    Putaran standar : 1500 rpm
    Putaran spesifik : 1980,03
    Jumlah : 2 buah
    Harga : $ 12.238

16. Pompa (PU-06)

Fungsi	: Mengalirkan air dari alat proses menuju *Cooling Tower* (CT)
Jenis	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 166742 kg/jam
Kapasitas pompa	: 734,147 gpm
Head pompa	: 17,13 m
Tenaga pompa	: 16,03 Hp
Tenaga motor	: 20,00 Hp
Putaran standart	: 1500 rpm
Putaran spesifik	: 1980,03
Jumlah	: 2 buah
Harga	: $ 12.238

17. *Kation Exchanger* (KE-01)

Fungsi	: Mengikat ion-ion positif yang ada dalam air lunak
Jenis	: Silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion
Kapasitas resin	: 2 kg/cuft resin
Dimensi	
Tinggi	: 1,134 m
Diameter	: 0,202 m
Harga	: $ 16.998

18. Pompa (PU-07)

Fungsi	: Mengalirkan air dari *Kation Exchanger* (KE-01) menuju *Anion Exchanger* (AE-01)
Jenis	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 236,035 kg/jam
Kapasitas pompa	: 1,039 gpm
Head pompa	: 5,11 m

Tenaga pompa : 0,01 Hp
Tenaga motor : 0,05 Hp
Putaran standar : 1750 rpm
Putaran spesifik : 215,18
Jumlah : 2 buah
Harga : $ 33.315

19. *Anion Exchanger* (AE-01)
    Fungsi : Mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak
    Jenis : Silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion
    Kapasitas resin : 2 kg/cuft resin
    Dimensi
        Tinggi : 1,134 m
        Diameter : 0,202 m
    Harga : $ 20.397

20. Pompa (PU-08)
    Fungsi : Mengalirkan air dari *Anion Exchanger* (AE-01) menuju Deaerator (D-01)
    Jenis : Sentrifugal
    Kecepatan massa : 236,035 kg/jam
    Kapasitas pompa : 1,039 gpm
    Head pompa : 5,11 m
    Tenaga pompa : 0,01 Hp
    Tenaga motor : 0,05 Hp
    Putaran standar : 1750 rpm
    Putaran spesifik : 215,18
    Jumlah : 2 buah
    Harga : $ 33.315

21. Deaerator (D-01)

Fungsi	: Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O_2, CO_2, dan lain-lain
Tipe	: *Rascig Ring*
Jenis	: *Stone Ware*
Volume bahan isian	: 9,465 ft^3
Dimensi	
Tinggi	: 3,704 m
Diameter	: 0,304 m
Harga	: $ 2.788

22. Pompa (PU-09)

Fungsi	: Mengalirkan air dari Deaerator (D-01) menuju Boiler (BLU-01)
Jenis	: Sentrifugal
Kecepatan massa	: 2360,354 kg/jam
Kapasitas pompa	: 10,392 gpm
Head pompa	: 237,91 m
Tenaga pompa	: 3,15 Hp
Tenaga motor	: 5,00 Hp
Putaran standar	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 38,20
Jumlah	: 2 buah
Harga	: $ 33.315

23. Tangki Air Umpan Boiler (TU-05)

Fungsi	: Menampung air Umpan Boiler sebagai air pembuat steam didalam Boiler
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Volume	: 33,921 m^3

Dimensi

Tinggi : 3,509 m

Diameter : 3,509 m

Harga : $ 53.033

24. Boiler (BLU-01)

Fungsi : Membangkitkan steam jenuh

Jenis : Ketel uap *Water Tube* Boiler

Panas yang diberikan : 3828493,750 Btu/jam

Kebutuhan Bahan Bakar :832283,56 kg/th

Harga : $ 271.963

25. Tangki Bahan Bakar (TU-06)

Fungsi : Menyimpan bahan bakar untuk pesediaan ½ bulan sebagai bahan bakar Boiler

Jenis : Tangki silinder vertikal

Volume : 47,787 m^3

Dimensi

Tinggi : 3,933 m

Diameter : 3,933 m

Harga : $ 55.752

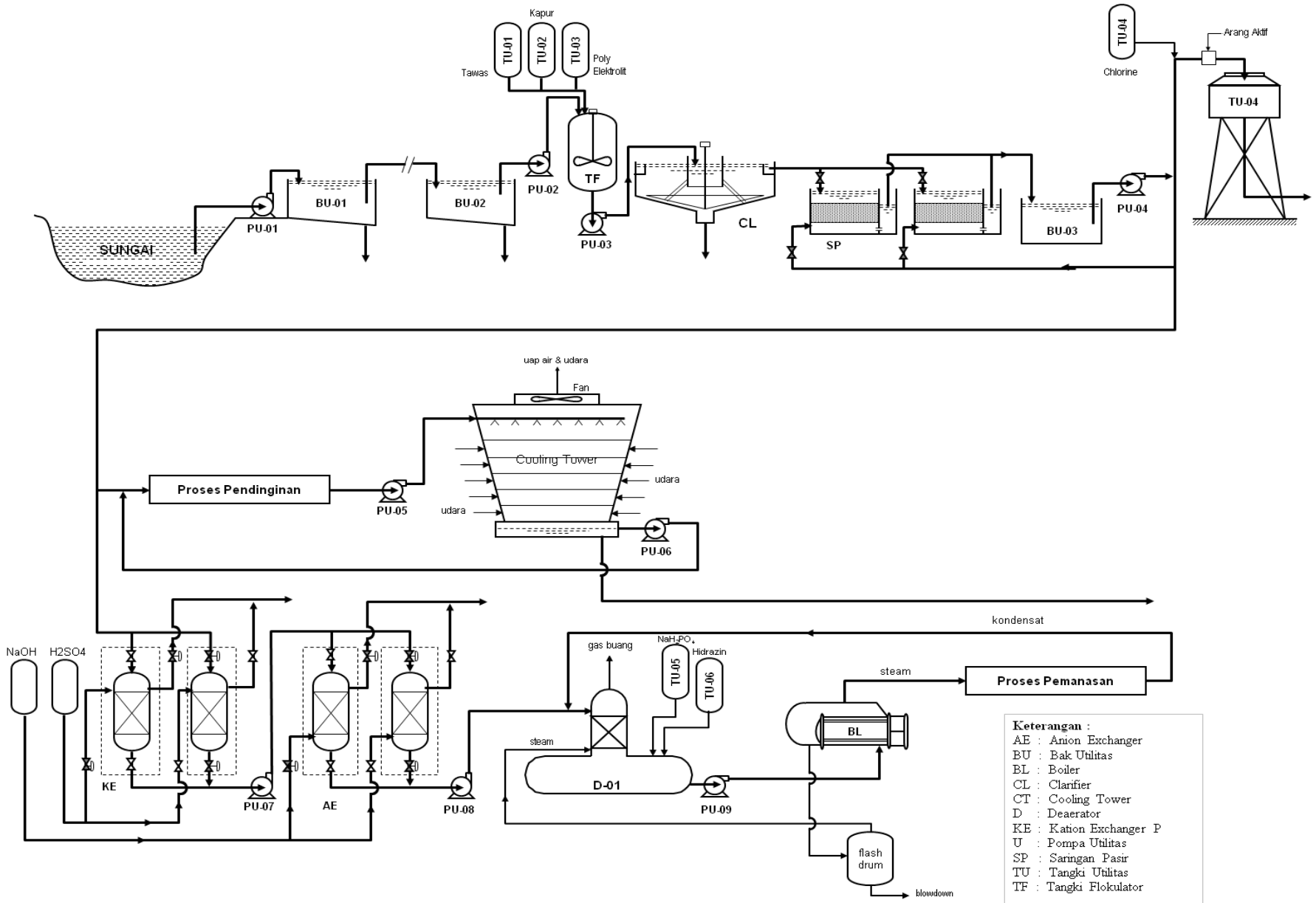
26. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin yang telah dipergunakan untuk disirkulasi kembali

Jenis : *Deck Tower*

Luas area : 604,658 ft^2

Harga : $ 95.187



Gambar 4.5 Skema Proses Pengolahan Air

4.6 Organisasi Perusahaan

Organisasi perusahaan merupakan hal yang penting karena berubungan dengan efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang telah diasilkan. Dengan adanya pengaturan organisasi perusahaan yang teratur dan baik maka akan tercipta sumber daya manusia yang baik pula.

4.6.1 Bentuk Hukum Badan Usaha

Dalam mendirikan suatu perusahaan yang dapata mencapai tujuan dari perusahaan itu secara terus menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tecapai. Bentuk-bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesi, antaraa lain adalah:

1. Perusahaan Perseorangan
2. Persekutuan dengan firma
3. Persekutuan Komanditer
4. Perseroan Terbatas
5. Koperasi
6. Perusahaan Negara
7. Perusahaan Daerah

(Sutarno,2002)

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada Prarancangan 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-tiap saham.

Berikut adalah syarat-syarat pendirian Perseroan Terbatas (PT):

1. Didirikan oleh dua perseorangan (badan hokum) atau lebih.
2. Didirikan dengan akta otentik yaitu dihadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan terendah adalah Rp 20.000.000,00 atau 25% dari modal pasar.

Pemilihan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berikut:

a. Kedudukan antar pemimpin perusahaan dengan pemegang saham terpisah satu sama lain.
b. Tanggung jawab para pemegang saham terbatas karena segala sesuatu mengenai perusahaan dipegang oleh pempinan perusahaan.
c. Modal lebih mudah didapatkan selain dari bank juga diperoleh dari penjualan saham.
d. Kelangsungan kehidupan PT lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur, atau karyawan.

4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan oleh perusahaan tersebut. Untuk mendapatkan suatu sistem yang baik maka prlu diperhatikan pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrolan atas pekerjaan yang telah dilaksanakan dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berdasarkan pada pedoman tersebut maka diperoleh struktur organisasi yang baik, yang salah satunya yaiut sistem line and staff. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdpat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk

mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang ahli di bidangnya.

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

a. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.
b. Sebagai garis dan line, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam menjalankan tugas sehari-hari diwakili oleh dewan komisaris yang dipimpin oleh Presiden Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan direktur. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya.

Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu dan masing-masing kepala regu bertanggung jawab kepada kepala seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi sebagai berikut:

- Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain-lain.
- Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
- Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- Penyusunan program pengembangan manajemen.
- Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pemegang saham berwenang untuk:

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.6.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas harian dari pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas dewan komisaris meliputi:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanna umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarah pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur.
3. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

4.6.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap kemajuan perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan.

Tugas direktur umum antara lain:

a. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
b. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
d. Mengkoordinir kerjasama dengan direktur produksi serta keuangan dan umum.

4.6.3.4 Kepala Bagian

Kepala bagian memiliki tugas mengkoodinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai kebijakan pimpinan perusahaan. Kepala bagian juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian betanggung jawab kepada direktur. Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya:

1. Kepala Bagian Produksi dan Teknik

   Kepala bagian produksi bertanggung jawab kepada direktur umum dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta dalam bidang peralatan, proses, dan utilitas.
2. Kepala Bagian Umum dan Administrasi

   Bertanggung jawab kepada direktur umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi, administrasi dan keuangan serta hubungan masyarakat dan personalia.

3. Kepala Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Litbang

   Bertanggung jawab kepada direktur umum dalam bidang K3 serta penelitian dan pengembangan produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi dibawahnya.

4.6.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai denga rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi.

1. Kepala Seksi Proses dan Pemeliharaan

   Bertanggung jawab menjalankan tindakan pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan dan memperbaiki kerusakan peralatan pabrik, serta melaksanakan pemeliharaan gedung dan fasilitasnya.
2. Kepala Seksi Pengendalian

   Bertanggung jawab menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
3. Kepala Seksi Laboratorium

   Bertanggung jawab mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu, mengawasi dan menganalisa produksi, serta mengawasi kualitas buangan produk.
4. Kepala Seksi Utilitas

   Bertanggung jawab melaksanakan dan mengatur sarana utilitas serta memenuhi kebutuhan proses air, steam, dan tenaga listrik.
5. Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran

   Bertanggung jawab melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan, mengetahui harga

pemasaran dan mutu bahan baku, mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang, merencanakan strategi pemasaran dan mengatur distribusi barang dari gudang.

6. Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan

   Bertanggung jawab menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak, mengadakan perhitungan tentang gaji dan intensif karyawan dan membuat prediksi keuangan masa depan.

7. Kepala Seksi Personalia

   Bertanggung jawab membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang baik, mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dan melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

8. Kepala Seksi Humas dan Keamanan

   Bertanggung jawab mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan, mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan karyawan, dan menjaga hubungan intern perusahaan.

9. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Unit Pengolahan Limbah

   Bertanggung jawab mengatur dan mengawasi kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan serta terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.6.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik *Chloroform* beroperasi 330 hari dalam setahun dan 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan shutdown. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu:

a. Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan yang termasuk non shift adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi, serta bagian administrasi. Karyawan non shift bekerja selama 8 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu dengan rincian sebagai berikut:

   Senin-Kamis : 07.00 – 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)
   Jumat : 07.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)
   Sabtu : 07.00 – 12.00
   Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

b. Karyawan shift adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, bagian keamanan. Dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Para karyawan shift berkerja secara bergantian dalam sehari semalam. Karyawan shift dibagi dalam tiga shift dengan pengaturan sebagai berikut:

   Shift I : 08.00 – 16.00
   Shift II : 16.00 – 24.00
   Shift III : 24.00 – 08.00

   Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift.

Berikut adalah jadwal karyawan shift:

Tabel 4.15 Jadwal Karyawan *Shift*

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

4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

4.6.5.1 Penggolongan Jabatan

Tabel 4.16 Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Kepala Bagian Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik Kimia
3	Kepala Bagian Umum, Pemasaran, Administrasi, dan Keuangan	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Litbang	Sarjana Teknik Kimia/Sarjana Teknik Lingkungan
5	Kepala Seksi Proses dan Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin/Sarjana Teknik Elektro
6	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Kimia
7	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Kimia

No	Jabatan	Jenjang Pendidikan
8	Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik Mesin/Sarjana Teknik Elektro
9	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
10	Kepala Seksi Administrasi dan Kas	Sarjana Ekonomi
11	Kepala Seksi Personalia	Sarjana Psikologi
12	Kepala Seksi Humas dan Keamanan	Sarjana Hukum
13	Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan UPL	Sarjana Teknik Kimia/Sarjana Teknik Lingkungan
14	Staff	Ahli Madya
15	Operator Lapangan	STM/SMU/Sederajat
16	Security	STM/SMU/Sederajat
17	Perawat	Ahli Madya Keperawatan
18	Dokter	Sarjana Dokter
19	Driver	STM/SMU/Sederajat

4.6.5.2 Perincian Jumlah Karyawan

Tabel 4.17 Perincian Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur	1
2	Kepala Bagian	3
3	Kepala Seksi	9
4	Staff	50
5	Operator Lapangan	148
6	Security	40
7	Perawat	4
8	Dokter	2
9	Driver	13
	Jumlah	270

4.6.5.3 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi tiga jenis yaitu:

a. Gaji Harian

   Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

b. Gaji Bulanan

   Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai dengan aturan perusahaan.

c. Gaji Lembur

   Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melibihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai denga jabatan

Tabel 4.18 Perincian Gaji

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)
1	Direktur	50.000.000
2	Kepala Bagian	35.000.000
3	Kepala Seksi	20.000.000
4	Staff	10.000.000
5	Operator Lapangan	9.000.000
6	Security	5.000.000
7	Perawat	7.000.000
8	Dokter	15.000.000
9	Driver	5.000.000
	Jumlah	156.000.000

4.6.5.4 Kesejahteraan Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

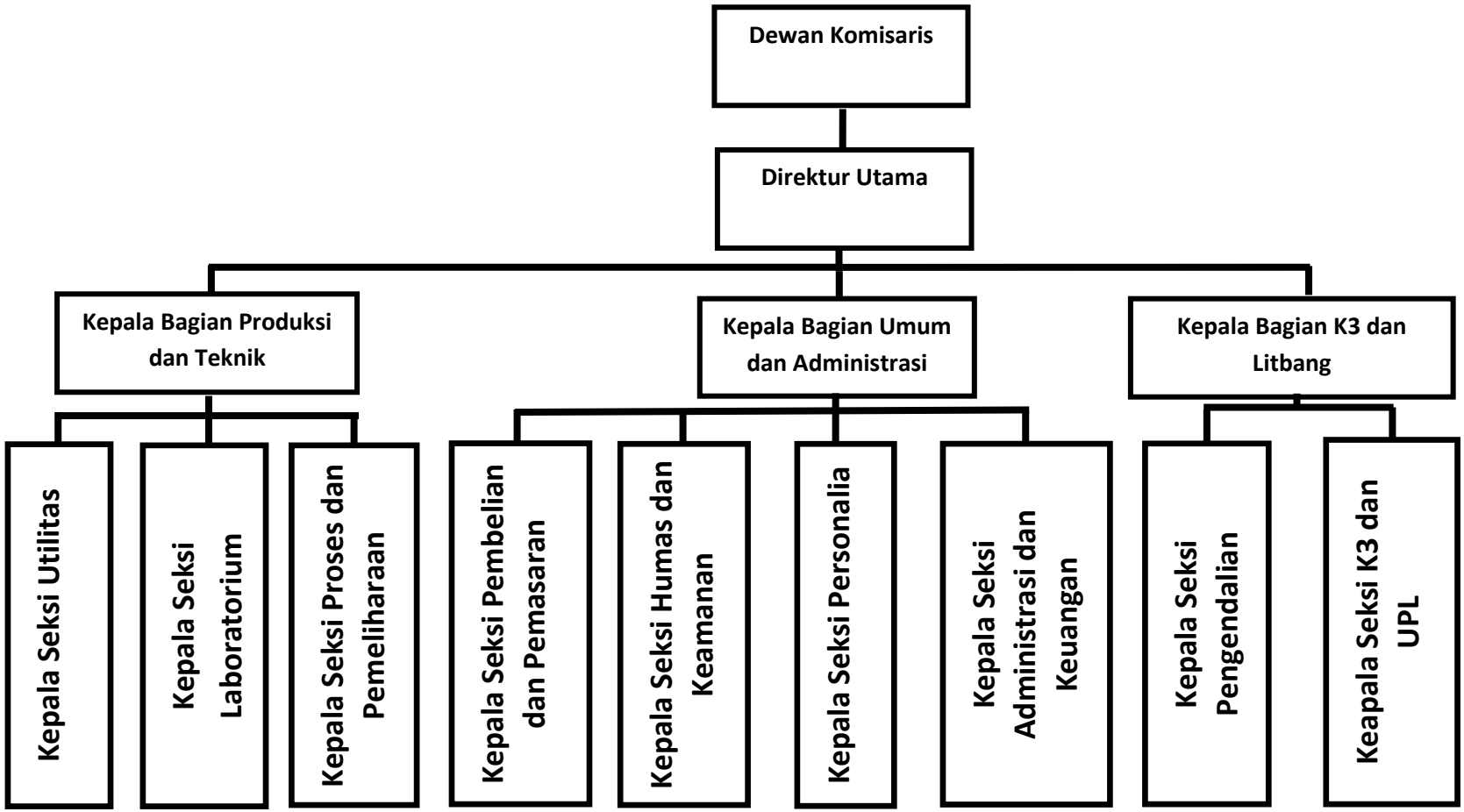
a. Tunjangan
   - Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
   - Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
   - Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

b. Cuti
   - Cuti tahunan dibeikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam setahun.
   - Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

c. Pakaian Kerja

   Pakaian kerja diberikan kepada karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

d. Pengobatan
   - Pelayanan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja.
   - Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja ynag meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja.



Gambar 4.6 Struktur Organisasi

4.7 Evaluasi Ekonomi

Dalam penentuan kelayakan dari suatu rancangan pabrik kimia diperlukan estimasi profitabilitas. Estimasi profitabilitas meliputi beberapa gaktor yang ditinju yaitu:

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

Terdapat beberapa analisa yang perlu dilakukan sebelum melakukan estimasi profitabilitas dari suatu rancangan pabrik kimia. Analisa tersebut terdiri dari penentuan modal industri (*Capital Invesment*) dan pendapatan modal. Penentuan modal industri terdiri dari:

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Invesment*)
2. Modal Kerja
3. Biaya Produksi Total

Meliputi:

a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Analisa pendapatan modal berfungsi untuk mengetahui titik impas atau Break Even Point dari suatu rancangan pabrik. Analisa pendapatan modal terdiri dari:

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

4.7.1 Harga Peralatan

Harga alat pabrik dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun yang lalu dikalikan dengan rasio index harga. Perkiraan harga ini sering digunakan

$$Ex = Ey\ Nx/Ny$$

Dimana: Ex = Harga alat pada tahun x
Ey = Harga alat pada tahun y
Nx = Index harga pada tahun x
Ny = Index harga pada tahun y

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

$$Eb = Ea\left(\frac{Cb}{Ca}\right)^{0.6}$$

Dimana: Ea = harga alat a
Eb = harga alat b
Ca = kapasitas alat a
Cb = kapasitas alat b

1. Harga alat diambil dari:
   a. CE index 1954 = 86,1 (Aries & Newton)
   b. CE index Mei 2010 = 550,8 (http://www.che.com)
   c. CE index Mei 2011 = 585,7 (http://www.che.com)
   d. CE index Mei 2012 = 584,6 (http://www.che.com)
   e. CE index Mei 2013 = 567,3 (http://www.che.com)
   f. CE index 2016 = 585,4
2. Harga dalam Rupiah dibulatkan ratusan ribu terdekat

Harga dalam Dollar dibulatkan dalam satuan terdekat

Kurs Dollar November 2015 $ 1 = Rp 13.700,00

3. Upah Buruh:
   a. Buruh Asing = $ 20,00 / man hour
   b. Buruh Lokal = Rp 10.000 / man hour
   c. Perbandingan Man hour asing = 2 man-hours lokal

Harga Alat-alat Proses:

Tabel 4.19 Harga Alat-Alat Proses

No	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan Tahun 1954	Harga Satuan Tahun 2016	Harga
1	Reaktor-01	1	$ 24.500	$ 166.577	$ 16.657.724
2	Evaporator-01	1	$ 7.900	$ 53.713	$ 53.713
3	Menara Distilasi-01	1	$ 685	$ 4.657	$ 4.657
4	Tangki-01	6	$ 101.000	$ 686.706	$ 4.120.237
5	Tangki-02	1	$ 83.000	$ 564.323	$ 564.323
6	Tangki-03	1	$ 81.000	$ 550.725	$ 550.725
7	Heater-01	1	$ 580	$ 3.943	$ 3.943
8	Heater-02	1	$ 600	$ 4.079	$ 4.079
9	Heater-03	1	$ 2.700	$ 18.357	$ 18.357
10	Cooler-01	1	$ 800	$ 5.439	$ 5.439
11	Cooler-02	1	$ 650	$ 4.419	$ 4.419
12	Cooler-03	1	$ 3.000	$ 20.397	$ 20.397
13	Condenser-01	1	$ 6.700	$ 45.554	$ 45.554
14	Acc-01	1	$ 1.900	$ 12.918	$ 12.918
15	Reboiler-01	1	$ 7.000	$ 47.593	$ 47.593
16	Pompa-01	2	$ 1.000	$ 6.799	$ 13.598
17	Pompa-02	2	$ 1.000	$ 6.799	$ 13.598
18	Pompa-03	2	$ 290	$ 1.972	$ 3.943
19	Pompa-04	2	$ 770	$ 5.235	$ 10.471
20	Pompa-05	2	$ 720	$ 4.895	$ 9.791
21	Pompa-06	2	$ 680	$ 4.623	$ 9.247
22	Pompa-07	2	$ 300	$ 2.040	$ 4.079
23	Pompa-08	2	$ 240	$ 1.632	$ 3.264
24	Pompa-09	2	$ 1.000	$ 6.799	$ 13.598
	Jumlah				$ 5.704.522

I. PHYSICAL PALNT COST

1. Harga alat sampai ditempat = 125% x PEC
   = 1,25 x $ 5.704.522,43
   = $ 7.130.653,03

2. Instalasi

   Material (11% PEC)

   = 0,11 x $ 5.704.522,43

   = $ 627.497,47

   Buruh

   = 0,32 x $5.704.522,43

   = $ 1.825.447,18

   Jumlah man-hours = $ 1.825.447,18 / $ 20,0
   = 91272,359

   - Buruh asing (5%0

     = 0,05 x 91272,36 man-hours ($ 20.00 / man-hours)

     = $ 91.272,36

   - Buruh lokal (95%0

     = 0,95 x 2 x 91272,36 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

     = Rp 1.734.174.817,93

3. Pemipaan

   Material (49% PEC)

   = 0,49 x $ 5.704.522,43

   = $ 2.795.215,99

   Buruh (37% PEC)

   = 0,37 x $ 5.704.522,43

   = $ 2.110.673,30

   Jumlah man-hours = $ 2.110.673,30 / $ 20,0 man-hours
   = 105533,7 man-hours

   - Buruh asing (5%)

     = 0,05 x 105533,7 man-hours ($ 20,0 / man-hours)

     = $ 105.533,66

- Buruh lokal (95%)

  = 0,95 x 2 x 105533,7 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 2.005.139.633,23

4. Instrumentasi

   Material (24% PEC)

   = 0,24 x $ 5.704.522,43

   = $ 1.369.085,38

   Buruh (6% PEC)

   = 0,06 x $ 5.704.522,43

   = $ 342.271,35

   Jumlah man-hours = $ 342.271,35/ $ 20,0 man-hours

   = 17113,57man-hours

   - Buruh asing (5%)

     = 0,05 x 17113,57 man-hours ($ 20,0 / man-hours)

     = $ 17.113,57

   - Buruh lokal (95%)

     = 0,95 x 2 x 17113,57 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

     = Rp 325.157.778,36

5. Isolasi

   Material (3% PEC)

   = 0,03 x $ 5.704.522,43

   = $ 171.135,67

   Buruh (5% PEC)

   = 0,05 x $ 5.704.522,43

   = $ 285.226,12

   Jumlah man-hours = $ 285.226,12/ $ 20,0 man-hours

   = 14261,31man-hours

   - Buruh asing (5%)

     = 0,05 x 14261,31 man-hours ($ 20,0 / man-hours)

     = $ 14.261,31

- Buruh lokal (95%)

  = 0,95 x 2 x 14261,31 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 270.964.815,30

6. Listrik

   Material (12% PEC)

   = 0,12 x $ 5.704.522,43

   = $ 684.542,69

   Buruh (3% PEC)

   = 0,03 x $ 5.704.522,43

   = $ 171.135,67

   Jumlah man-hours = $ 171.135,67/ $ 20,0 man-hours

   = 8556,784 man-hours

   - Buruh asing (5%)

     = 0,05 x 8556,784 man-hours ($ 20,0 / man-hours)

     = $ 8.556,78

   - Buruh lokal (95%)

     = 0,95 x 2 x 8556,784 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

     = Rp 162.578.889,18

7. Bangunan

   Tabel 4.20 Luas masing-masing bangunan

No	Bangunan	Luas (m2)
1	Gedung Pertemuan	800
2	Kantor Satpam	48
3	Kantor	300
4	Kantin	100
5	Perpustakaan	100
6	Poliklinik	60
7	Laboratorium	100
8	Gudang	200
9	Bengkel	100
10	Tempat Ibadah	100
11	Area Tangki	6400

No	Bangunan	Luas (m2)
12	Area Proses	200
13	Area Utilitas dan UPL	200
14	Area Parkir	1600
Jumlah		10308

Harga bangunan rata-rata = Rp 2.200.000,00 / m^2

Biaya bangunan = Rp 2.200.000,00 / m^2 x 10.308 m^2

= Rp 22.677.600.000,00

8. Tanah

   Luas Tanah = 20.616 m^2

   Harga Tanah = Rp 400.000,00

   Biayan Tanah = Rp 8.246.400.000,00

9. Utilitas

   Harga Alat Utilitas dalam Dollar:

Tabel 4.21 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan Tahun 1954	Harga Satuan Tahun 2016	Harga
1	Pompa(PU-01)	2	$ 660	$ 4.487	$ 8.975
2	Pompa (PU-02)	2	$ 660	$ 4.487	$ 8.975
3	Pompa (PU-03)	2	$ 660	$ 4.487	$ 8.975
4	Pompa (PU-04)	2	$ 650	$ 4.419	$ 8.839
5	Pompa(PU-05)	2	$ 1.800	$ 12.238	$ 24.477
6	Pompa (PU-06)	2	$ 1.800	$ 12.238	$ 24.477
7	Pompa (PU-07)	2	$ 4.900	$ 33.315	$ 66.631
8	Pompa (PU-08)	2	$ 4.900	$ 33.315	$ 66.631
9	Pompa (PU-09)	2	$ 4.900	$ 33.315	$ 66.631
10	Tangki (TU-01)	1	$ 7.600	$ 51.673	$ 51.673
11	Tangki (TU-02)	1	$ 8.100	$ 55.072	$ 55.072
12	Tangki (TU-03)	1	$ 1.200	$ 8.159	$ 8.159

No	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan Tahun 1954	Harga Satuan Tahun 2016	Harga
13	Tangki (TU-04)	1	$ 11.200	$ 76.150	$ 76.150
14	Tangki (TU-05)	1	$ 7.800	$ 53.033	$ 53.033
15	Tangki (TU-06)	1	$ 8.200	$ 55.752	$ 55.752
16	Clarifier (CLU-01)	1	$ 35.000	$ 237.967	$ 237.967
17	Saringan Pasir (SPU-01)	1	$ 24.000	$ 163.178	$ 163.178
18	Kation Exchanger (KE-01)	1	$ 2.500	$ 16.998	$ 16.998
19	Anion Exchanger (AE-01)	1	$ 3.000	$ 20.397	$ 20.397
20	Deaerator (D-01)	1	$ 410	$ 2.788	$ 2.788
21	Boiler (BLU-01)	1	$ 40.000	$ 271.963	$ 271.963
22	Cooling Tower (CT-01)	1	$ 14.000	$ 95.187	$ 95.187
23	Generator (G-01)	1	$ 80.000	$ 543.926	$ 543.926
24	Tangki Flokulator (TF-01)	1	$ 12.981	$ 88.259	$ 88.259
	Jumlah				$ 2.025.110

Harga Alat Lokal:

Tabel 4.22 Harga Alat Lokal

No	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan	Harga
1	Bak Utilitas (BU-01)	1	50400000	Rp 50.400.000
2	Bak Utilitas (BU-02)	1	50400000	Rp 50.400.000
3	Bak Utilitas (BU-03)	1	42200000	Rp 42.200.000

1. Harga alat sampai ditempat = 125% x PEC
   = 1,25 x $ 2.025.110,05
   = $ 2.531.387,56
2. Instalasi
   Material (11% PEC)
   = 0,11 x $ 2.025.110,05
   = $ 222.762,11

Buruh

= 0,32 x $2.025.110,05

= $ 648.035,22

Jumlah man-hours = $ 648.035,22 / $ 20,0

= 32401,76 man-hours

- Buruh asing (5%0

  = 0,05 x 32401,76 man-hours ($ 20.00 / man-hours)

  = $ 32.401,76

- Buruh lokal (95%0

  = 0,95 x 2 x 32401,76 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 615.633.455,54

3. Pemipaan

   Material (21% PEC)

   = 0,21 x $ 2.025.110,05

   = $ 425.273,11

   Buruh (15% PEC)

   = 0,15 x $ 2.025.110,05

   = $ 303.766,51

   Jumlah man-hours = $ 303.766,51 / $ 20,0man-hours

   = 15188,33man-hours

   - Buruh asing (5%)

     = 0,05 x 15188,33man-hours ($ 20,0 / man-hours)

     = $ 15.188,33

   - Buruh lokal (95%)

     = 0,95 x 2 x 15188,33man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

     = Rp 288.578.182,28

4. Instrumentasi

   Material (24% PEC)

   = 0,24 x $ 2.025.110,05

   = $ 486.026,41

Buruh (3% PEC)

= 0,03 x $ 2.025.110,05

= $ 60.753,30

Jumlah man-hours = $ 60.753,30/ $ 20,0 man-hours

= 3037.665man-hours

- Buruh asing (5%)

  = 0,05 x 3037.665man-hours ($ 20,0 / man-hours)

  = $ 3.037,67

- Buruh lokal (95%)

  = 0,95 x 2 x 3037.665man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 57.715.636,5

5. Isolasi

Material (3% PEC)

= 0,03 x $ 2.025.110,05

= $ 60.753,30

Buruh (5% PEC)

= 0,05 x $ 2.025.110,05

= $ 101.255,50

Jumlah man-hours = $ 101.255,50/ $ 20,0 man-hours

= 5062.775man-hours

- Buruh asing (5%)

  = 0,05 x 5062.775man-hours ($ 20,0 / man-hours)

  = $ 5.062,78

- Buruh lokal (95%)

  = 0,95 x 2 x 5062,775man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 96.192.727,43

6. Listrik

Material (12% PEC)

= 0,12 x $ 2.025.110,05

= $ 243.013,21

Buruh (3% PEC)

= 0,03 x $ 2.025.110,05

= $ 60.753,30

Jumlah man-hours = $ 60.753,30/ $ 20,0 man-hours

= 3037.665man-hours

- Buruh asing (5%)

  = 0,05 x 3037.665 man-hours ($ 20,0 / man-hours)

  = $ 3.307,67

- Buruh lokal (95%)

  = 0,95 x 2 x 3037.665 man-hours (Rp 10.000,00 / mh)

  = Rp 57.715.636,46

Physical plant Cost Utilitas = $ 4.517.007,97 + Rp 1.258.835.638,16

4.7.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	= 20.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Tahun pendirian pabrik	= 2022
Kurs mata uang	= 1 US$ = Rp 13.700

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 Capital Invesment

Capital Invesment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Invesment* terdiri dari:

1. *Fixed Capital Invesment*

   Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

2. *Working Capital Invesment*

   Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.7.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct Manufacturing Cost*, *Indirect Manufacturing Cost*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, atau biaya-biaya yang bersangkutan dalam pembuatan produk. *Manufacturing Cost* meliputi:

a. Direct Cost

Pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. Indirect Cost

Pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. Fixed Cost

Biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.7.3.3 General Expenses

Berupa biaya pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.7.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikatagorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

4.7.4.1 *Percent Return On Investment* (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Cost} \times 100\%$$

4.7.4.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time (POT) adalah:

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

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Cost}{Profit + (0.1 \times Fixed\ Capital\ Cost)} \times 100\%$$

4.7.4.3 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan:

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP dapat ditentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapatkan keuntungn.

3. Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$BEP = \frac{(Fa + 0.3Ra)}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

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

4.7.4.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan:

1. 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).
2. 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.
3. Level produksi dimana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar Fixed Cost.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0.3Ra}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

4.7.4.5 *Discounted Cash Flow Rate ofReturn* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) merupakan:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

   Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR

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

Keterangan:

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

4.7.5 Hasil Perhitungan

4.7.5.1 Penentuan Fixed Capital Investmen (FCI)

Tabel 4.23 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	Harga Alat sampai di tempat	$ 7.130.653,03	
2	Instalasi	$ 718.769,83	Rp 1.734.174.818
3	Pemipaan	$ 2.900.749,65	Rp 2.005.139.633
4	Instrumentasi	$ 1.386.198,95	Rp 325.157.778
5	Insulasi	$ 185.396,98	Rp 270.964.815
6	Listrik	$ 693.099,47	Rp 162.578.889
7	Banguanan		Rp 22.677.600.000
8	Tanah		Rp 8.246.400.000
9	Utilitas	$ 4.517.007,97	Rp 1.258.835.638
Physical Plant Cost		$17.531.875,89	Rp 36.680.851.572

Tabel 4.24 *Direct Plant Cost*

No	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	Physical plant cost	$ 17.531.875,89	Rp 36.680.851.572,17
2	Engineering & Construction	$ 4.382.968,97	Rp 9.170.212.893,04
Direct Plant Cost		$ 21.914.844,86	Rp 45.851.064.465,21

Tabel 4.25 *Fixed Plant Cost*

No	Komponen	Harga ($)	Harga (Rp)
1	Direct Plant Cost	$ 21.914.844,86	Rp 45.851.064.465,21
2	Contractor fee		Rp 17.304.221.951,61
3	Contingency	$ 3.287.226,73	Rp 6.877.659.669,78
Fixed Capital Investment		$ 25.202.071,59	Rp 70.032.946.086,60

Fixed Capital Investment = Rp 415.301.326.838,61

4.7.5.2 *Penentuan Total Production Cost* (TPC)

A. Direct Manufacturing Cost

1. Bahan baku dan pembantu

a. Actone

Harga = Rp 6.240,00 / kg

Kebutuhan = 9954228,24 / kg

Biaya = Rp 62.114.384.218

b. Sodium Hypoclorite

Harga = Rp 3.120 / kg

Kebutuhan = 189872575,20 / kg

Biaya = Rp 592.402.434.624

Biaya bahan total = Rp 654.516.818.841,60

Table 4.26 Kebutuhan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji Per orang	Gaji per Bulan
1	Direktur	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
2	Kepala Bagian	3	Rp 35.000.000	Rp 105.000.000
3	Kepala Seksi	9	Rp 20.000.000	Rp 180.000.000
4	Staff	50	Rp 10.000.000	Rp 500.000.000
5	Operator lapangan	148	Rp 9.000.000	Rp 1.332.000.000
6	Security	40	Rp 5.000.000	Rp 200.000.000
7	Perawat	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
8	Dokter	2	Rp 15.000.000	Rp 30.000.000
9	Driver	13	Rp 5.000.000	Rp 65.000.000
		270		Rp 2.490.000.000

2. Gaji Karyawan = Rp 29.880.000.000
3. Supervisi (10% Karyawan) = Rp 2.988.000.000
4. Maintenance (2% FCI) = Rp 8.306.026.537
5. Plant Supplies (15% Manintenace) = Rp 1.245.903.981
6. Royal dan Patt (1% Sales) = Rp 11.000.000.000

7. Utilitas dan Unit Pengolahan Limbah:

a. Tawas

Harga	= Rp 1.982,295 / kg
Kebutuhan	= 11.987,26 kg
Biaya	= Rp 23.762.285,56

b. Kapur

Harga	= Rp 820,26 / kg
Kebutuhan	= 20.661,6055 kg
Biaya	= Rp 16.947.88,53

c. Polyelektrolyt

Harga	= Rp 8202,6 / kg
Kebutuhan	= 69,803 kg
Biaya	= Rp 572.566,09

d. Asam Sulfat

Harga	= Rp 6000 / kg
Kebutuhan	= 7901,57 kg
Biaya	= Rp 47.409.420

e. Sodium hidroksida

Harga	= Rp 6000 / kg
Kebutuhan	= 6450,26 kg
Biaya	= Rp 38.701.560

f. Bahan Bakar

Harga	= Rp 7000 / kg
Kebutuhan	= 37831,07 kg
Biaya	= Rp 264.817.490,00

g. Listrik

Harga	= Rp 5353 / Kwh
Kebutuhan	= 1404632 Kwh
Biaya	= Rp 7.508.289.096,00

Utilitas	= Rp 7.900.500.306,18
Total Direct Manufacturing Cost	= Rp 715.837.249.665,07

Tabel 4.27 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Bahan baku dan pembantu	Rp 654.516.818.841,60
2	Gaji Karyawan	Rp 29.880.000.000
3	Supervisi	Rp 2.988.000.000
4	Maintenance	Rp 8.306.026.537
5	Plant Supplies	Rp 1.245.903.981
6	Royal dan Patt	Rp 11.000.000.000
7	Utilitas dan Unit Pengolahan Limbah	Rp 7.900.500.306,18
Direct Manufacturing Cost		Rp 715.837.249.665,07

Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Payroll Overhead	Rp 4.482.000.000
2	Laboratorium	Rp 2.988.000.000
3	Packeging dan Shipping	Rp 5.500.000.000
4	Plant Overhead	Rp 14.940.000.000
Indirect Manufacturing Cost		Rp 27.910.000.000

Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Depresiasi	Rp 41.530.132.684
2	Property tax	Rp 8.306.026.537
3	Asuransi	Rp 8.306.026.537
Fixed Manufacturing Cost		Rp 58.142.185.757

Total *Manufacturing Cost* = Rp 801.889.435.422

Tabel 4.30 *Working Capital*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Row materual inventory	Rp 66.824.119.619
2	In process inventory	Rp 100.236.179.428
3	Product inventory	Rp 66.824.119.619
4	Available cash	Rp 66.824.119.619
5	Extended credit	Rp 133.648.239.237
Working Capital		Rp 434.356.777.521

Tabel 4.31 *General Expense*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Administrasi	Rp 24.056.683.062,67
2	Sales	Rp 40.094.471.771,12
3	Finance	Rp 42.482.905.217,96
4	Riset	Rp 22.000.000.000
General Expense		Rp 128.634.060.051,75

Total Biaya Produksi = *Manufacturing Cost* + *General Expense*

= Rp 801,889,435,422.47 + Rp 128,634,060,051.75

= Rp 930,523,495,474.22

Total *Capital Investment = Fixed Capital Investment* + *Working Capital*

= Rp 415,301,326,838.61 + Rp 434,356,777,520.51

= Rp 849,658,104,359.12

4.7.5.3 Harga Jual Produk

$$Harga\ dasar = \frac{Total\ Biaya\ Produksi}{Volume\ Produksi}$$

$$Harga\ dasar = \frac{Rp\ 930.523.495.474{,}22}{20000000}$$

$$Harga\ dasar = Rp\ 46.526{,}17$$

Harga Jual = 1,1821 x Harga Dasar
= 1,1821 x Rp 46.526,17
= Rp 55.000,00

Total Sales:

Chloroform = Rp 55.000,00 / kg
Produksi tiap tahun = 20000000
Annual sales = Rp 1.100.000.000.000
Total Annual sales = Rp 1.100.000.000.000

4.7.5.4 Analisa Keuntungan

Harga jual *Chloroform* = Rp 55,000.000 / kg
Annual Sales (Sa) = Rp 1,100,000,000,000
Total Cost = Rp 930,523,495,474.22
Keuntungan Sebelum Pajak
Total Sales = Rp 1,100,000,000,000.00
Total Biaya Produksi = Rp 930,523,495,474.22
Keuntungan = Rp 169,476,504,525.78
Keuntungan Setelah Pajak
Pajak = 20%
Keuntungan = Rp 135,581,203,620.62

4.7.5.5 Analisa Kelayakan

1. ***Return On Investment*** **(ROI)**

$$ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Cost} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 40.8 %
ROI setelah pajak = 32.6 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 40% *(Aries & Newton,1955).*

2. *Pay Out Time* (POT)

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Cost}{Profit + (0.1 \times Fixed\ Capital\ Cost)} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 1.9682

POT setelah pajak = 2.3449

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 2 tahun.

(Aries & Newton,1955).

3. Break Even Point

- **Penentuan *Fixed Cost* (Fa)**

Tabel 4.32 *Fixed Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Depresiasi	Rp 41.530.132.684
2	Property tax	Rp 8.306.026.537
3	Asuransi	Rp 8.306.026.537
Fixed Cost		Rp 58.142.185.757

- **Penentuan *Variable Cost* (Va)**

Tabel 4.33 *Variable Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Biaya Bahan baku	Rp 654.516.818.841
2	Packeging dan Shipping	Rp 5.500.000.000
3	Utilitas dan Unit Pengolahan Limbah	Rp 7.900.500.306
4	Royal dan Patt	Rp 11.000.000.000
Variable Cost		Rp 678.917.319.148

- **Penentuan Regulated Cost (Ra)**

Tabel 4.34 Regulated Cost

No	Komponen	Harga (Rp)
1	Gaji Karyawan	Rp 29.880.000.000
2	Payroll Overhead	Rp 4.482.000.000
3	Plant Overhead	Rp 14.940.000.000
4	Supervisi	Rp 2.988.000.000
5	Laboratorium	Rp 2.988.000.000
6	General Expense	Rp 128.634.060.052
7	Maintenance	Rp 8.306.026.537
8	Plant Supplies	Rp 1.245.903.981
Regulated Cost		Rp 193.463.990.569

$$BEP = \frac{(Fa + 0.3Ra)}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

$$BEP = \frac{Rp\ 116.181.382.928{,}12}{Rp\ 285.657.887.453{,}89} \times 100\%$$

BEP = 40,67 %

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%

$$SDP = \frac{0.3Ra}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

$$SDP = \frac{Rp\ 58.039.197.170{,}71}{Rp\ 285.657.887.453{,}89} \times 100\%$$

SDP= 20,32 %

SDP pabrik kimia umumnya adalah 22% - 30%

4. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

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

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Cost = Rp 415.301.326.838,61

Working Capital = Rp 434.356.777.520,51

Salvage Value (SV) = Rp 41.530.132.683,86

Cashflow (CF) = Rp 219.594.241.522,44

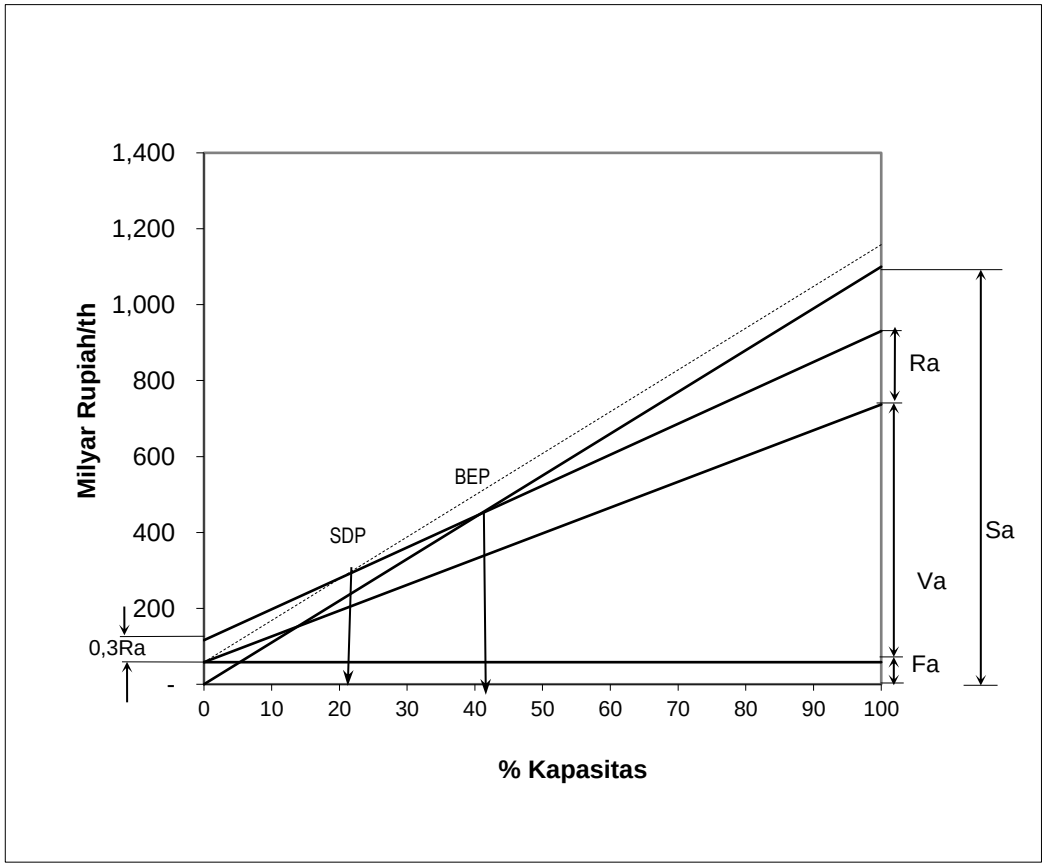
Dengan cara trial and error untuk mencari harga i diperoleh table coba-coba:

Tabel 4.35 *Trial and Error* Harga i

I	R	S	Selisih
0,174879	19,3889487563	25,103427852	-5,7144791
0,184879	21,1039076686	26,260229776	-5,15632211
0,194879	22,9541989887	27,477790661	-4,52359167
0,204879	24,9492337234	28,759085470	-3,80985175
0,214879	27,0989906193	30,107218234	-3,00822761
0,224879	29,4140452711	31,525426806	-2,11138153
0,234879	31,9056004628	33,017087763	-1,1114873
0,244879	34,5855177844	34,585721450	-0,00020367
0,254879	37,4663505650	36,234997168	1,231353397

Sehingga diperoleh:

Interest (i) = 24,49 %



Gambar 4.7 Grafik Nilai SDP dan BEP

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik *chloroform* ($CHCl_3$) dari *acetone* (C_3H_6O) dan *sodium hypochlorite* (NaOCl) dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini digolongkan pabrik yang beresiko tinggi (*high risk*) karena:

1. Pabrik ini beroperasi pada suhu dan tekanan yang rendah, hasil yang berupa *chloroform* juga mudah menguap. Sifat-sifat bahan baku dan produk, lokasi pabrik, serta kondisi operasinya beresiko tinggi.
2. Pendirian pabrik *chloroform* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun didasari oleh pengurangan nilai *import* atau ketergantungan *chloroform* dari luar negeri, dan menjadi nilai tambah *export* atau pengiriman *chloroform* ke luar negeri guna sebagai salah satu wujud pemulihan perekonomian di Indonesia.
3. Dengan kemurnian 99,5%, produk *chloroform* dirancang berdasarkan variabel utama, yaitu: spesifikasi bahan baku, spesifikasi hasil samping, dan spesifikasi produk. Serta dilakukan perancangan yang tepat agar prosesnya lebih efektif dan lebih efisien untuk mendapatkan kualitas produk yang diinginkan.
4. Berdasarkan hasil dari analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
   1) Keuntungan yang diperoleh:
      a. Sebelum pajak adalah sebesar Rp. 169.476.504.525,78/tahun
      b. Sesudah pajak 20 % adalah sebesar Rp. 135.581.203.620,62/tahun
   2) Presentasi *Return On Investment* (ROI):
      a. Sebelum pajak adalah sebesar 40,8%
      b. Setelah pajak adalah sebesar 32,6%

   Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia beresiko tinggi adalah sebesar 40% (Aries & Newton, 1955)

   3) *Pay Out Time* (POT):
      a. Sebelum pajak adalah sebesar 1,9682 tahun
      b. Setelah pajak adalah sebesar 2,3449 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimum adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955)

4) Break Even Point (BEP) pada 40,67% dan Shut Down Point (SDP) pada 20,32%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%-60%
5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 24,49%. syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank (1,5 x 10% = 15%)

Dari hasil analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik *chloroform* dari *acetone* dan *sodium hypochlorite* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk 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 alat 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. Inflasi market sangat berpengaruh terhadap modal awal yang dibutuhkan dalam pendirian pabrik. Sehingga penting untuk merencanakan kapan sekiranya waktu yang tepat untuk mendirikan pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York

Biro Pusat Statistik, 2011-2014, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta

Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Ic., New York

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 $ 6, Pergamon Internasional Library, New York

Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, *Industrial chemical*, John Wiley and Sons, Inc., New York

Fromment, F.G., and Bischoff, B.K., 1979, *Chemical Reactor Analysis and Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York

Holman, J., 1981, *Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1985, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Interscience Encyclopedia Inc., New York

Levenspiel, O., 1972, Chemical Reaction Engineering, 2nd ed., Jhon Wiely and Sons, Inc., New York

Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston

Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Smith J.M and Van Ness H.C., 1975., *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*, 3nd edition, Mc. Graw Hill Kagokusha Ltd, Tokyo

Ullmann's., 1984, Encyclopedia of Industrial Chemistry, 4 rd ed., Wiley VCH., Berlin

LAMPIRAN A

REAKTOR ALIR TANGKI BERPENGADUK

Fungsi : Mereaksikan *acetone* dengan *sodium hypochlorite* menjadi *chloroform* dengan kecepatan umpan *acetone* sebesar 1244,2785 Kg/jam dan kecepatan umpan *sodium hypochlorite* sebesar 9589,5256 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Isotermal

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

1. Neraca Massa:

Umpan yang masuk ke dalam reaktor adalah umpan yang berasal dari tangki penyimpanan *acetone* dan *sodium hypochlorite*.

Umpan Masuk:

a. Umpan C_3H_6O

C_3H6O	= 21,4531 Kgmol/j	= 1244,2785 Kg/j
H_2O	= 0,6982 Kgmol/j	= 12,5685 Kg/j
Jumlah	= 22,1513 Kgmol/j	= 1256,8470 Kg/j

b. Umpan NaOCl

NaOCl	= 128,7185 Kgmol/j	= 9589,5256 Kg/j
H_2O	= 799,1271 Kgmol/j	= 14384,2884 Kg/j
Jumlah	= 927,8456 Kgmol/j	= 23973,8140 Kg/j

Reaksi yang terjadi:

$C_3H_6O + 6\ NaOCl \rightarrow CHCl_3 + 2\ NaOH + 3/2\ O_2 + NaCH_3COO + 3\ NaCl$

Hasil reaksi:

C_3H_6O	=	0,2145 Kgmol/j	=	12,4428 Kg/j
H_2O	=	799,8254 Kgmol/j	=	14396,8569 Kg/j
NaOCl	=	1,2872 Kgmol/j	=	95,8953 Kg/j
$CHCl_3$	=	21,2385 Kgmol/j	=	2538,0063 Kg/j
NaOH	=	42,4771 Kgmol/j	=	1699,0837 Kg/j
O_2	=	31,8578 Kgmol/j	=	1019,4502 Kg/j
$NaCH_3COO$	=	21,2385 Kgmol/j	=	1741,5608 Kg/j
NaCl	=	63,7156 Kgmol/j	=	3727,3649 Kg/j
Jumlah	=	981,8547 Kgmol/j	=	25230,6610 Kg/j

2. Neraca Panas

Diketahui Cp rata-rata untuk masing-masing komponen sebagai berikut:

cp C_3H_6O	= 30,22 Kcal/Kmol K
cp $CHCl_3$	= 46,89 Kcal/gmol K
cp H_2O	= 17,98 Kcal/kmol K
cp O_2	= 6,713 Kcal/kmol K
cp NaOH	= 20,99 Kcal/kmol K
cp NaClO	= 18,44 Kcal/kmol K
cp NaCl	= 12,07 Kcal/kmol K
cp $NaCH_3COO$	= 33,24 Kcal/kmol K

a. Enthalpi umpan1:

Suhu Umpan masuk Reaktor = 40,0 ^oC

Suhu referensi = 25 ^oC

Komponen	M	cp	mcp
C_3H_6O	21,4531	30,22	648,3120
H_2O	0,6982	17,98	12,5545
Jumlah	22,1513		660,8665

Panas massa masuk = 660,8665 (40 - 25) ^oC

= 9912,9976 Kcal/j

b. Enthalpi umpan 2:

Suhu Umpan masuk Reaktor = 40 ^oC

Suhu referensi = 25 ^oC

Komponen	M	cp	mcp
NaOCl	128,7185	18,44	2373,5685
H_2O	799,1271	17,98	14368,3059
Jumlah	927,8456		16741,8744

Panas massa masuk = 16741,8744 (40 - 25) ^oC

= 251128,1155 Kcal/j

c. Enthalpi hasil reaksi:

Suhu hasil reaksi keluar Reaktor = 40 ^oC

Suhu referensi = 25 ^oC

Komponen	M	cp	mcp
CH_3COCH_3	0,2145	30,22	6,4831
NaClO	1,2872	18,44	23,7357
$CHCl_3$	21,2385	46,89	995,8755
NaOH	42,4771	20,99	891,5942
O_2	31,8578	7,043	224,3746
$NaCH_3COO$	21,2385	33,24	705,9693
NaCl	63,7156	12,07	769,0478
H_2O	799,8254	17,98	14380,8604
Jumlah	981,8547		17997,9405

Panas massa keluar = 17997,9405 (40 - 25) ^oC

= 269969,1078 Kcal/j

d. Panas Reaksi:

Dari data Literatur diperoleh: jhon dean lange

$C_3H_6O + 6\ NaOCl \rightarrow CHCl_3 + 2\ NaOH + 3/2\ O_2 + NaCH_3COO + 3\ NaCl$

Panas Pembentukan C_3H_6O = -59,18 Kcal/gmol

Panas Pembentukan NaOCl = -82,70 Kcal/gmol

Panas Pembentukan $CHCl_3$ = -31,60 Kcal/gmol

Panas Pembentukan NaOH = -99,64 Kcal/gmol

Panas Pembentukan O_2 = 0,00 Kcal/gmol

Panas Pembentukan $NaCH_3COO$ = -174,12 Kcal/gmol

Panas Pembentukan NaCl = -97,30 Kcal/gmol

Panas reaksi pada suhu 25 C = DHf produk - DHf reaktan

= (DHf $CHCl_3$ + 2 DHf NaOH + 3/2 DHf O_2 + DHf $NaCH_3COO$ + 3 NaCl)

- (DHf C_3H_6O + 6 DHf NaOCl)

= (-31,60 + 2*-99,64 + 3/2*0 + -174,12 + 3*-97,30) – (-59,18 + 6 *82,70) KCal/gmol

= -141,520 KCal/gmol

Panas reaksi pada suhu 60 °C = $DHr0 + \int_{298}^{T} d\ Cp\ dT$

Dimana : $\int_{298}^{T} d\ cp\ dT = \int_{298}^{T} 28{,}049\ dT$

= 28,0249*(313-298)

= 420,3730 Kcal/Kgmol

= 0,4204 Kcal/gmol

Maka :

Panas reaksi pada suhu 40,0 °C= $DHr0 + \int_{298}^{T} d\ Cp\ dT$

= -141,52 + 0,4237 KCal/gmol

= -141,0996 KCal/gmol

Panas reaksi total = dHRo. NAo. Xa

= (-141,0996*1000*21,453*0,99) Kcal/j

= -2996751,1286 Kcal/j

Jadi:

Total Enthalpi Masuk (H_1) = 261041,1130 KCal/j

Total Enthalpi Keluar (H_2) = 269969,1078 KCal/j

Total Panas Reaksi (Qr) = -2996751,1286 KCal/j

Neraca Panas disekitar reaktor:

Input - output = Accumulation

Panas Masuk - (Panas keluar+ panas reaksi + panas dibuang) = 0

H_1 - (H_2 + Qr + Ql) = 0

Panas Yang dibuang (Ql) = H_1 - (H_2 + Qr)

= 261041,1130 - (269969,1078 + -2996751,1286)

= 2987823,1338 KCal/j

Diperkirakan panas yang hilang ke dinding 5 %

Panas terserap pendingin = 0.95 * panas yang dibuang

= 2987823,1338 KCal/j

= 11262898,0852 Btu/j

Neraca Panas :

Masuk

1. entalpi umpan masuk I pada suhu 40 ^oC	=	9912,9976	kcal/jam
2. entalpi umpan masuk II pada suhu 40 ^oC	=	251128,1155	kcal/jam
3. panas reaksi pada suhu 0 ^oC	=	2996751,1286	kcal/jam
Jumlah	=	3257792,2416	kcal/jam

Keluar

1. entalpi hasil reaksi pada suhu 40 ^oC	=	269969,1078	kcal/jam
2. panas dibawa pendingin	=	2838431,9771	kcal/jam
3. panas hilang ke lingkungan	=	149391,1567	kcal/jam
Jumlah	=	3257792,2416	kcal/jam

3. Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi

Dari data di Perry's Hand Book diperoleh:

komponen	densitas (kg/L)
C_3H_6O	0,79
H_2O	1
NaOCl	1,11

konstanta kecepatan reaksi untuk kondisi operasi pada suhu 40 ^oC dan tekanan 1 atm

Volume cairan:

komponen	massa (kg)	Densitas (kg/L)	Volume (L)
C_3H_6O	1244,2785	0,79	1575,0361
H_2O	14396,8569	1	14396,8569
NaOCl	9589,5256	1,11	8639,2123
			24611,1052

Kondisi Awal:

Konsentrasi awal C_3H_6O = 0,000872 Kgmol/lt

Konsentrasi awal NaOCl = 0,005230 Kgmol/lt

Perbandingan konsentrasi = 6,00

Konversi Reaktor (Xa) = 0,99

4. Perhitungan Volume Dan Ukuran Reaktor

Anggapan:

- Volume cairan selama reaksi tetap
- Bisa dianggap isothermal karena cairan dalam tangki *mixed flow*
- Reaksi sederhana orde dua

Reaksi : A + 6 B → Produk

dengan (-ra) = -dCA/dt = k1. CA. CB

= k1 CAo^2 (1 - xa) (M – 6 xa)

digunakan 1 buah reaktor yang dipasang secara paralel,

maka diperoleh volume reaktor dengan volume:

Konversi Reaktor (Xa) = 0.99

Volume cairan dalam reaktor:

$$V = \frac{\left(\frac{Fv}{n}\right).xa}{k\,CAo\,.(1-xa)(M-6xa)}$$

$$= \frac{\left(\frac{24611,104}{1}\right).0,99}{1261926,9111\ \ 0,000872\ (1-0,99)(6-6\ 0,99)}$$

= 36916,6578 lt

Hold up gas:

Kecepatan gas naik dalam cairan 1,5 m/dt - 2 m/dt

(Froment & Bischoft, 1955)

diambil kecepatan gas naik = 1,75 m/dt

perkiraan waktu tinggal gas dalam cairan = 3 dt

densitas gas O_2 yang terbentuk = 1,5348 Kg/m^3

Kecepatan massa O_2 terbentuk = 1019,450 Kg/jam

Kecepatan volume gas O_2 terbentuk = 664,214 m^3/jam

= 0,185 m^3/dt

Volume gas dalam reactor = 0,185 m^3/dt^3 dt

= 0,5535 m^3

= 553,5117 Lt

Hold up $= \frac{volume\ gas}{(volume\ gas + volume\ cair)}$

$= \frac{553,5117\ liter}{(553,5117+6152,7763)Liter}$

= 0,0148

Volume = 36916,6578 Lt / (1 – 0,0148)

= 3740,1695 Lt

Over Design : 20 %

Volume reaktor = ((100+20)/ 100) * 3740,1695 lt

= 44964,2034 lt

Dipakai Volume reaktor = 44,96 m3

Menghitung ukuran reaktor:

Reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan H: D = 1,5: 1

$$Vt = \frac{\pi . D^2 . \left(\frac{h}{d}\right). D}{4} + \frac{\pi}{12}. D^2 . D$$

Atau:

Diameter (D) $= \left[\frac{Vt}{\frac{\pi}{4}.\left(\frac{h}{d}\right)+\frac{\pi}{12}}\right]^{1/3}$

$= \left[\frac{8{,}0475}{\frac{\pi}{4}.1{,}50+\frac{\pi}{12}}\right]^{1/3}$

= 3,1496 m

Tinggi (H) = 1,5*3,1496

= 4,7244 m

diperoleh ukuran Reaktor:

diameter = 3,1496 m

tinggi = 4,7244 m

Volume cairan dalam *head* = (1/2) (π/12) * 3,1496 m^3

= 4,0877 m^3

Volume cairan dibadan Reaktor = 37,470 m^3 – 4,0877 m^3

= 33,3825 m^3

Tinggi cairan dibadan Reaktor = 33,3825 /pi D^2 m

= 4,2869 m

5. Menghitung Tebal *Shell* Dan *Head*

Tebal *shell:*

Tekanan operasi (p) = 19,84 psi

Tekanan design (p) = 23,81 psi

Allowable stress = 18750 psi

Efisiensi sambungan = 0,85

Faktor korosi = 0,125 in

Jari-jari Reaktor = 62 in

$$t\ shell = \frac{p.ri}{S.e - 0.6\ .p} + 0{,}125$$

$$= \frac{24\ ,\ 62}{18750\ .\ 0{,}85 - 0{,}6\ .\ 23{,}8} + 0{,}125$$

= 0,2184 in

Dipilih tebal *shell* 3/16 in

Tebal *Head*:

$$t\ head = \frac{0{,}885\ .\ p\ .\ d}{2\ .\ S.e - 0{,}2.p} + c$$

$$= \frac{0{,}885\ .\ 24\ .\ 124}{2\ .\ 18750\ .\ 0{,}85 - 0{,}2\ .\ 23{,}8} + 0{,}125$$

= 0,2076 in

Dipilih tebal *head* 3/16 in

6. Menghitung Pengaduk Dalam Reaktor

Dipilih: Pengaduk *type Marine* dengan 3 *blade* dengan

jumlah *baffle* 4 buah

Dari tabel 477. Brown diproleh:

Dt/Di = 3

zi/Di = 0,75 – 1,3

W/Di = 0,1

Diameter Impeler = 104,99 cm

Tinggi Impeler = 104,99 cm

Lebar *Baffle* = 10,50 cm

diambil:

zi/Di = 1

Putaran = 1,5 rps

Efisiensi = 80 %

Tinggi *baffle* diambil sama dengan tinggi cairan bilangan *Reynold* dalam Reaktor:

$$Re = \frac{n.Di^2.den}{visc}$$

$$= \frac{1{,}5\ .\ 104{,}99^2\ .\ 1{,}025}{0{,}0095}$$

= 1783969,3583

Dari fig. 477 brown diperoleh po = 0,90

$$po = \frac{p\ .\ gc}{n^3\ .\ den\ D1^5}\ (pers.\ \ 461\ brown)$$

Atau

$$p = \frac{po\ .\ n^3\ .\ den\ .\ Di^5}{gc}$$

$$= \frac{0{,}90\ .\ 1{,}50^3\ .\ 63{,}971\ .\ 3{,}444^5}{550\ .\ 32{,}17}$$

= 5,3254 Hp

efisiensi: 80 %

$$power = \frac{p}{eff} = \frac{5{,}228}{0{,}80}$$

= 6,6567 Hp

Digunakan motor dengan daya = 7,5 Hp

7. Menghitung Perpindahan Panas

Dipilih pendingin *coil* dengan media pendingin air dengan:

suhu masuk = 10 °C

suhu keluar = 20 °C

$$Wa = \frac{Q}{Cp.dt}$$

dengan:

Q	: Jumlah panas yang harus diserap	= -2838432 Kcal/j
Cp	: Panas jenis pendingin	= 1 Kcal/Kg °C
Dt	: beda suhu pendingin	= 10 °C

$$Wa = \frac{2838432\ Kcal/j}{1\frac{Kcal}{Kg}C.10C}$$

maka diperoleh:

Wa = 283843,1877 Kg/j

Pemilihan Diameter Pipa *Coil*

Kecepatan massa pendingin = 283843,1877 kg/j

Densitas pendingin = 1000,000 kg/m3

$$Qv = \frac{283843{,}1977\ kg/j}{1000\ kg/m^3}$$

= 283,8432 m3/j

= 0,0788 m3/dt

Dari tabel hal 159 Coulson & Richardson,1987

diperoleh kecepatan linier pendingin dalam pipa = 6 m/dt

Luas Penampang:

$$A = \frac{0{,}0788\ m^3/dt}{6\ m/dt}$$

= 0,0131 m

Diameter pipa *coil*:

$$Di = [\frac{4.\ 0{,}01314}{\pi}]^{1/2}$$

= 0,1294 m

= 5,0938 in

Dipilih diameter pipa coil 1,88 inches, 40 Sch.

Dari tabel 11. Kern: OD = 4,5 in

ID = 4,067 in

At = 12,98428 in2

At' = 1,064198 sqft/ft

a. Menghitung koeffisien transfer panas:

- Untuk cairan dalam reaktor maka dipakai persamaan 20.4 Kern.

$$hc = \frac{0{,}87.k}{D}\ [\frac{L^2.\ N.den}{visc}]^{2/3}\ [\frac{Cp.visc}{k}]^{1/3}[\frac{visc}{viscw}]^{0{,}14}$$

dengan:

hc	= Koeff. transfer panas cairan, Btu/sqft j F	
Di	= Diameter reactor	= 10,33325 ft
K	= Konduktivitas panas	= 1,2 Btu/j sqft (F/ft)
L	= diameter putar pengaduk	= 3,444417 ft
Den	= densitas larutan	= 63,97084 lb/cuft
Cp	= panas jenis	= 0,73157 Btu/lb F
Visc	= Viskositas cairan	= 2,30142 lb/j ft
Viscw	= Viskositas air	= 1,5004 lb/j ft

$$hc = \frac{0{,}87\ .\ 1{,}2}{10{,}33}\ [1782254]^{2/3}\ [\frac{0{,}73\ .\ 2{,}30}{1{,}2}]^{1/3}\ [\frac{2{,}30}{1{,}5}]^{0{,}14}$$

maka diperoleh:

hc = 2260,885 Btu/j sqft F

- Untuk pendingin dalam *coil*

$$Re = \frac{D\,.\,wa.\,2.2}{visc\,.\,at}$$

$$= \frac{0{,}34\,.\,283843{,}19\,.\,2{,}2}{1{,}50\ 0{,}09}$$

= 1564341 Dari fig. 24 Kern,

diperoleh jH = 1920

$$hi = jH\,\frac{k}{D}\,[\frac{cp\ visc}{k}]^{1/3}[\frac{visc}{viscw}]^{0.14}$$

dengan:

hi	= Koeff. transfer panas pipa, Btu/sqft j F	
Di	= Diameter dalam pipa	= 0,3389167 ft
K	= Konduktivitas panas	= 0,49369 Btu/j sqft (F/ft)
Cp	= panas jenis pendingin	= 1 Btu/lb F
Visc	= Viskositas cairan	= 1,5004 lb/j
Viscw	= Viskositas air	= 1,5004 lb/j ft

$$hi = 1920\ \frac{0{,}494}{0{,}34}\,[\frac{1*1{,}5}{0{,}494}]^{\frac{1}{3}}[\frac{1{,}50}{1{,}50}]^{0{,}14}$$

hi = 4050,5660Btu/j sqft F

D *coil* = 0,5. Dt - W + 0,5. Di

= 0,5. 3,150 – 0,10 + 0,5. 1,050

= 1,994731 m

= 6,544392 ft

Hio = hi. (1 + 3,5. d/Dc) Kern. hal.721

= 4049,6. (1 + 3,5. 0,375/1,995)

= 6714,281 Btu/j sqft F

b. Overoll heat transfer Ud:

Overoll transfer panas saat start up

Uc $= \frac{hio \,.\, ho}{hio+ho}$

$= \frac{6714{,}28 * 2260{,}88}{6714{,}28+2260{,}88}$

= 1691,358 Btu/j sqft F

Dari Kern p.846 untuk larutan garam Rd = 0,001

dan untuk bahan organik Rd = 0,001

Jadi Rd total = 0,002

$Ud = \frac{Uc}{Uc \,.\, Rd+1}$

$= \frac{1691{,}36}{1691{,}36 \,.\, 0{,}002+1}$

maka diperoleh:

Ud = 339,2906 Btu/sqft F

c. Menghitung Luas transfer panas:

Luas perpindahan panas yang diperlukan:

$$LMTD = \frac{Dt1 - Dt2}{\ln Dt1/Dt2}$$

dengan:

Dt1 = 40 - 20 = 20 °C

Dt2 = 40 - 10 = 30 °C

maka diperoleh:

$LMTD = \frac{20-30}{\ln(\frac{20}{30})}$

= 24,6630 °C

maka luas perpindahan panas:

$Ao = \frac{Q}{Ud \,.\, LMTD}$

$= \frac{11263618{,}00}{385{,}92 * 24{,}66}$

= 657,4561 sqft

Diameter lilitan = 6,544392 ft

Luas perpindahan panas per *coil*:

A' = At'. π. Dc

= 1,064. π. 6,544

= 21,86863 sqft

Jumlah lilitan:

$$Nt = \frac{Ao}{A'} = \frac{657,46}{21,87}$$

= 30,06389

diambil jumlah lilitan (Nt) = 30

panjang total *coil*:

$$L = \frac{Ao}{At'} = \frac{657,456}{1,064}$$

= 617,7946 ft

Tinggi lilitan *coil* minimum yaitu jika *coil* disusun tanpa jarak yaitu:

Hmin = Nt. OD

= 30 4,500 / 12

= 11,27396 ft

= 3,436302 m

diambil jarak antar *coil* = 1 in

Tinggi *coil* total:

H = Hmin + (Nt - 1). pt / 12

= 11,274 + (30 - 1) 1,00 / 12

= 13,69595 ft

= 4,174525 m

Jadi Tinggi cairan lebih tinggi dari tinggi *Coil*.

8. Spesifikasi Reaktor

Tugas : Mereaksikan *acetone* dengan *sodium hypochlorite* Menjadi *chloroform* dengan kecepatan umpan *acetone* = 1244,2785 Kg/jam dan kecepatan umpan *sodium hypochlorite* = 9589,5256 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40 °C

Diperoleh ukuran reaktor:

Diameter = 3,15 m

Tinggi = 4,72 m

Volume cairan dalam head = 4,088 m^3

Volume cairan dibadan RATB = 33,383 m^3

Tinggi cairan dibadan RATB = 4,287 m

Dipilih Tebal *shell* : 3/16 in

Tebal *Head* : 3/16 in

Dipilih : Pengaduk *type Marine* dengan 3 *blade*

Jumlah *baffle* 4 buah

Diameter Impeler = 104,99 cm

Tinggi Impeler = 104,99 cm

Lebar Buffle = 10,50 cm

Digunakan motor dengan daya = 7,50 Hp

Luas perpindahan Panas:

Ao = 657,4561 sqft

Coil (Lilitan):

Diameter *Coil* = 6,544 ft

Luas perpindahan panas per *coil* = 21,87 sqft

Jumlah *Coil* = 30 Lilitan

Tinggi lilitan *Coil* minimum = 3,436 m

Jarak antar *Coil* = 1,0 inchi

Tinggi *Coil* total = 4,175 m

Tebal Isolasi:

Tebal Isolasi = 3 in

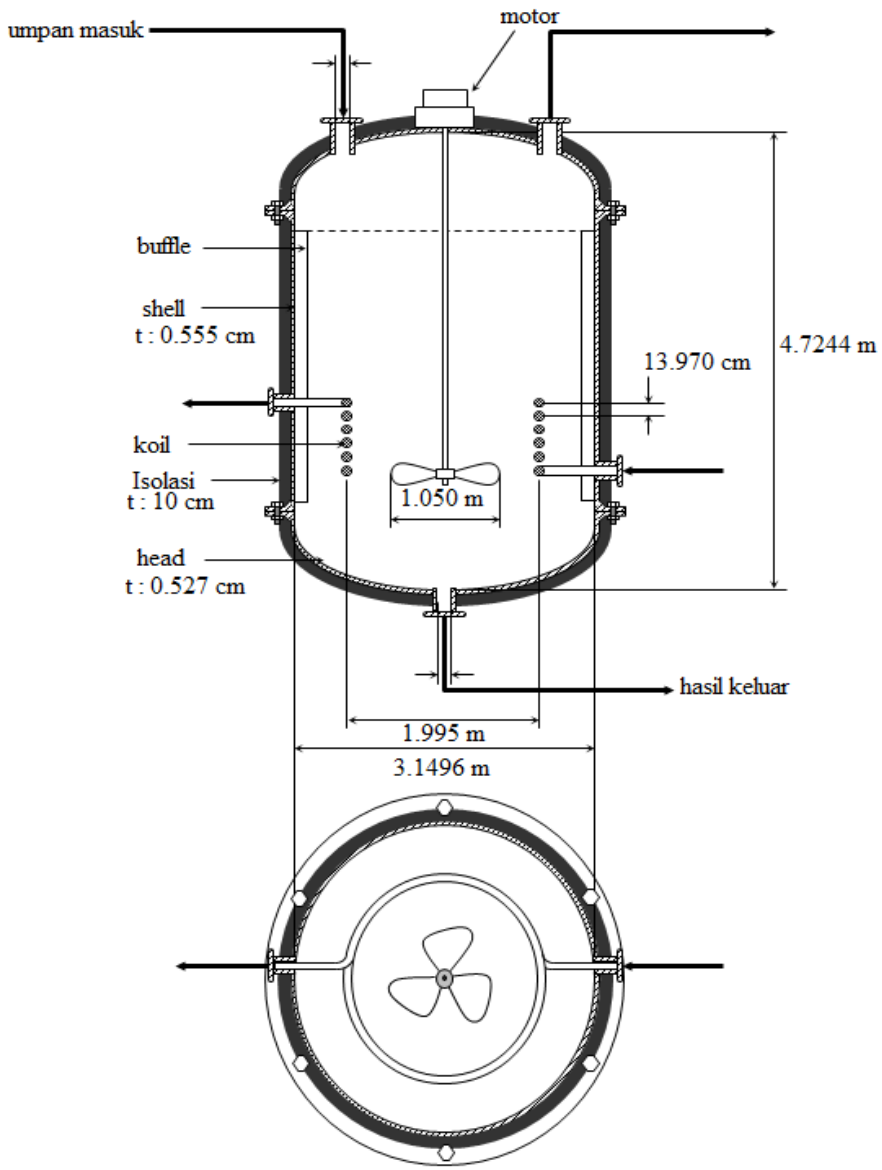
Jenis bahan Isolasi = Asbes

Jenis Bahan Reaktor : Baja Steinless Steel

Jumlah reaktor = 1

LAMPIRAN B

GAMBAR REAKTOR ALIR TANGKI BERPENGADUK



Skema Gambar Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)