

**PRA RANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA DENGAN
KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan seagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



oleh:

Nama : Taufiq Edhi Prasetyo Nama : Dwy Irwanto

No. Mahasiswa : 14521187

No.Mahasiswa : 14521196

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

2018

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA
KAPASITAS 15.000 TON/ TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Taufiq Edhi Prasetyo Nama : Dwy Irwanto
No. Mhs : 14521178 No. Mhs : 14521196

Yogyakarta, 7 Oktober 2018

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan

sebagaimana mestinya.



Taufiq Edhi Prasetyo



Dwy Irwanto

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA KAPASITAS 15.000 TON/ TAHUN

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : Taufiq Edhi Prasetyo Nama : Dwy Irwanto

No. Mhs : 14521178

No. Mhs : 14521196

Yogyakarta, 7 Oktober 2018

Dosen Pembimbing 1

Ir. Agus Taufiq, M.Sc.

Dosen Pembimbing 2

Dyah Retno Sawitri, S.T, M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA
KAPASITAS 15.000 TON/ TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Taufiq Edhi Prasetyo Nama : Dwy Irwanto
No. Mhs : 1421178 No. Mhs : 14521196

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 19 Oktober 2018

Tim Penguji,

Agus Taufiq, Ir., M.Sc
Ketua

Zainus Salimin, Prof., Ir., M.Si.
Anggota I

Ariany Zulkania, ST., M.Eng.
Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, M.Sc.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir perancangan pabrik dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Etil Klorida dari Etilen dan Hidrogen Klorida dengan Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat wajib untuk menyelesaikan studi pada strata 1 Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.

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

1. Orang tua dan seluruh keluarga besar penyusun yang telah memberikan doa dan dukungan yang sangat bermanfaat bagi penyusun.
2. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Agus Taufiq, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing 1, terima kasih atas segala bimbingannya selama ini sehingga tugas akhir ini dapat selesai tepat waktu.
4. Ibu Dyah Retno Sawitri, S.T.,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing 2, terima kasih atas segala bimbingannya selama ini sehingga tugas akhir ini dapat selesai tepat waktu.

5. Teman–teman Teknik Kimia 2014 yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
6. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu atas bantuan yang diberikan kepada penyusun.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penyusun sangat menghargai kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan dari laporan ini. Penyusun mengharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca.

Yogyakarta, Oktober 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBINGError! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	2
1.2.1 Kebutuhan/pemasaran produk di Indonesia.....	3
1.2.2 Kapasitas Komersial	5
1.3 Tinjauan Pustaka	7
BAB II PERANCANGAN DUK.....	11
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	11
2.1.1 Etilen.....	11
2.1.2 Hidrogen Klorida	11
2.2 Spesifikasi Produk.....	12
2.2.1 Etil Klorida	12
2.3 Spesifikasi Katalisator	12
2.4 Pengendalian Kualitas	13
2.4.1 Pengendalian Kulaitas Bahan	13
2.4.2 Pengendalian Kualitas Produk.....	14
2.4.3 Pengendalian Waktu Produksi	15
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	16
3.1 Uraian Proses.....	16
3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	16
3.1.2 Tahap Reaksi.....	16
3.1.3 Tahap Pemurnian dan Penyimpanan.....	17

3.2 Spesifikasi Alat.....	17
3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Etilen (T-01).....	17
3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Hidrogen Klorida (T-02).....	18
3.2.3 Tangki Penyimpanan Produk Etil Klorida (T-03)	18
3.2.4 <i>Expansion Valve</i> (EV-01)	19
3.2.5 <i>Expansion Valve</i> (EV-02)	19
3.2.6 <i>Expansion Valve</i> (EV-03)	20
3.2.7 <i>Expansion Valve</i> (EV-04)	20
3.2.8 <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	20
3.2.9 <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	21
3.2.10 <i>Heat Exchanger</i> (HE-04)	22
3.2.11 <i>Heat Exchanger</i> (HE-05)	24
3.2.12 <i>Heat Exchanger</i> (HE-06)	25
3.2.13 Reaktor (R-01)	26
3.2.14 Partial Condensor (CP-01).....	26
3.2.15 Separator (SP-01).....	28
3.2.16 Menara Distilasi (MD-01)	28
3.2.17 Condensor (CD-01).....	29
3.2.18 Reboiler (RB-01)	30
3.2.19 Accumulator.....	31
3.2.21 Pompa 1 (P-01)	32
3.2.22 Pompa 2 (P-02)	32
3.2.23 Pompa 3 (P-03)	33
3.3 Perencanaan Produksi.....	33
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	35
4.1 Lokasi Pabrik.....	35
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	36
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	37
4.2 Tata Letak Pabrik	38
4.3 Tata Letak Proses	43
4.4 Aliran Proses dan Material	47
4.4.1 Neraca Massa.....	47
4.4.2 Neraca Panas.....	49
4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas).....	54

4.5.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	54
4.5.2 Unit Penyediaan Air.....	56
4.5.3 Unit Pengolahan Air	60
4.5.4 Kebutuhan Air.....	62
4.5.5 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	63
4.5.6 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	64
4.5.7 Unit Penyediaan Udara Tekan	66
4.5.8 Unit Penyediaan Bahan Bakar	66
4.6 Bentuk Perusahaan	66
4.6.1 Bentuk Organisasi Perusahaan.....	68
4.6.1 Tugas dan Wewenang.....	72
4.7 Catatan.....	79
4.8 Evaluasi Ekonomi.....	89
4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan	91
4.8.2 Dasar Perhitungan.....	93
4.8.3 Perhitungan Biaya.....	93
4.8.4 Analisa Kelayakan	94
4.8.5 Hasil Perhitungan.....	98
4.8.6 Analisa Keuntungan.....	101
4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi	102
4.8.8 Analisa Kelayakan Mengguankan Metode Grafik.....	103
BAB V PENUTUP	104
5.1 Kesimpulan.....	104
6.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN A	108
LAMPIRAN B	131

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor etil klorida tahun 2011-2016.....	3
Tabel 1.2 Data impor dari persen pertumbuhan.....	4
Tabel 1.3 Kapasitas pabrik-pabrik yang telah berproduksi.....	6
Tabel 1.4 Parameter Pemilihan Jenis Proses.....	10
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik.....	40
Tabel 4.2 Neraca massa total produksi Etil Klorida	47
Tabel 4.3 Neraca massa Reaktor (R-01)	48
Tabel 4.4 Neraca massa Separator (SP-01).....	48
Tabel 4.5 Neraca massa Menara Distilasi (MD-01).....	49
Tabel 4.6 Neraca panas Heat Exchanger 1 (HE-01)	49
Tabel 4.7 Neraca panas Heat Exchanger 2 (HE-02)	49
Tabel 4.8 Neraca panas Reaktor (R-01).....	50
Tabel 4.9 Neraca panas Heat Exchanger 5 (HE-05)	50
Tabel 4.10 Neraca panas Separator (SP-01)	50
Tabel 4.11 Neraca panas Heat Exchanger 6 (HE-06)	51
Tabel 4.12 Neraca panas Menara Distilasi (MD-01)	51
Tabel 4.13 Kebutuhan steam.....	62
Tabel 4.14 Kebutuhan air pendingin.....	62
Tabel 4.15 Kebutuhan air proses perkantoran dan rumah tangga.....	63
Tabel 4.16 Kebutuhan listrik alat proses.....	65
Tabel 4.17 Kebutuhan listrik utilitas.....	65

Tabel 4.18 Jadwal kerja masing-masing regu	81
Tabel 4.19 Jabatan dan Keahlian	82
Tabel 4.20 Penggolongan gaji menurut jabatan.....	84
Tabel 4.21 Harga indeks	91
Tabel 4.22 Physical Plant Cost (PPC).....	98
Tabel 4.23 Direct Plant Cost (DPC).....	98
Tabel 4.24 Fixd Capital Investment (FCI)	98
Tabel 4.25 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	99
Tabel 4.26 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	99
Tabel 4.27 Manufacturing Cost (MC).....	99
Tabel 4.28 Working Capital (WC).....	100
Tabel 4.29 General Expanse (GE)	100
Tabel 4.30 Total Production Cost (TPC)	100
Tabel 4.31 Fixed Cost (Fa)	100
Tabel 4.32 Variable Cost (Va)	101
Tabel 4.33 Regulated Cost (Ra).....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tata letak pabrik.....	42
Gambar 4.2 Tata letak alat proses pabrik etil klorida	46
Gambar 4.3 Diagram Alir Kuantitatif Pembuatan Etil Klorida	52
Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif Pembuatan Etil Klorida	53
Gambar 4.5 Struktur organisasi perusahaan.....	71
Gambar 4.6 Hubungan kapasitas produksi terhadap nilai penjualan dan biaya- biaya produksi pabrik etil klorida	103

ABSTRAK

Pabrik etil klorida didirikan karena mengingat kebutuhan etil klorida di Indonesia yang kemungkinan akan meningkat. Desain awal pabrik etil klorida berbahan dasar etilen dan hidrogen klorida direncanakan dibangun di Cilegon, Provinsi Banten, dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun. Pabrik kimia ini berbentuk Perseroan Terbatas yang akan dioperasikan selama 330 hari atau 24 jam sehari dengan total 180 karyawan. Bahan baku yang dibutuhkan adalah etilen sebanyak 7718.881 ton/tahun dan hidrogen klorida sebanyak 20000.798 ton/tahun. Proses produksi akan dioperasikan pada suhu 200°C dan tekanan sekitar 28.2 atm. Reaksi ini digunakan reaktor fixed bed multitube dan memiliki konversi sebesar 90%. Adapun produk yang dihasilkan dari menara distilasi memiliki kemurnian yang cukup tinggi, yaitu 99% etil klorida. Dari evaluasi ekonomi didapatkan modal tetap sebesar US\$21.872.011; modal kerja sebesar US\$149.460.816; dan keuntungan sebelum pajak US\$8.923.788 sesudah pajak US\$4.461.894 dengan Pay Out Time (POT) setelah pajak sebesar 2.9 tahun, persentase Return On Investment (ROI) 51.77%, Discounted Cash Flow (DCF) 7.39%, Break Event Point (BEP) 45.65%, sedangkan Shut Down Point (SDP) 33.58%. Dari analisis di atas menunjukkan hasil yang memuaskan, sehingga dapat disimpulkan pabrik ini menarik dan layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci: etil klorida, etilen, hidrogen klorida

ABSTRACT

Due to increasing of ethyl chloride demand, it is necessary to build an ethyl chloride plant which is planned to be built in Cilegon, Banten province, with a production capacity of 15.000 tons / year. This plant is going to operate for 330 days or 24 hours a day with a total of 180 employees. Raw material needed are ethylene and hydrogen chloride as much as 7718.881 ton/year and 20000.798 ton/year. The production process operated at a temperature of 200°C and a pressure of about 28.2 atm. This reaction used a multitube fixed bed reactor with 90% conversion. The product of the distillation tower had a sufficiently high purity, at 99% of ethyl chloride. From the economic evaluation, it was obtained that the fixed capital was US\$21.872.011; the working capital was US\$149.460.816; and the profit before tax was US\$8.923.788 while after tax of US\$4.461.894 with the Pay Out Time (POT) after taxes was 2.9 years, the percentage of Return On Investment (ROI) was 51.77%, Discounted Cash Flow (DCF) 7.39%, with the Break Event Point (BEP) at 45.65%, while the Shut Down Point (SDP) was at 33.58%. The economic evaluation showed satisfactory results, it was therefore concluded that the plant proper to be built.

Keywords: ethyl chloride, ethylene, hydrogen chloride

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Etil klorida merupakan bahan kimia yang digunakan dalam bidang industri obat-obatan atau farmasi, refrigeran, dan bahan pembuat senyawa organik. Salah satu fungsi dari etil klorida yaitu digunakan untuk memproduksi *Tetra Etil Lead* (TEL), zat adiktif yang ditambahkan ke dalam untuk menaikkan bilangan oktan. Selain untuk memproduksi TEL, etil klorida juga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan etil selulosa yaitu senyawa kimia yang terutama untuk industri plastik dan varnis. (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

Dilihat dari fungsinya maka kebutuhan etil klorida akan semakin meningkat dalam industri baik dibidang kimia maupun kesehatan, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Berdasarkan data pentahapan pembangunan industri dan penetapan industri prioritas oleh Kementrian Perindustrian Indonesia tahun 2015, polimer masuk dalam jajaran industri priortas di tahun 2025-2035. Indonesia merupakan negara berkembang dibidang industri, baik dibidang industri jasa maupun industri pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia pada saat ini mengalami peningkatan kualitas maupun kuantitas, sebagai bentuk usaha perwujudan pengembangan Indonesia dari negara berkembang menjadi negara industri, maka pengembangan di sekitar perindustrian selalu menjadi fokus yang menarik untuk selalu ditangani.

Kebutuhan etil klorida di Indonesia masih harus mengimpor, padahal bahan baku berupa etilen dan asam klorida mudah didapatkan di dalam negeri. Sehingga dengan dikembangkan produksi etil klorida, diharapkan dapat menekan ketergantungan negara kita akan bahan tersebut dari impor. Hal tersebut dapat merangsang pertumbuhan ekonomi, disamping akan menyerap tenaga kerja yang banyak, baik tenaga ahli, menengah maupun tenaga kasar. Mengingat terbatasnya produsen etil klorida di Asia, maka pendirian pabrik etil klorida di Indonesia dinilai juga dapat mendatangkinkan keuntungan yang besar, berorientasi untuk ekspor ke negara-negara Asia.

Dalam proses produksi pabrik sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku, keuntungan yang didapat akan lebih besar apabila lokasi pabrik dekat dengan sumber bahan baku. Bahan baku yang digunakan untuk membuat etil klorida yaitu etilen dan hidrogen klorida. Etilen diperoleh dari PT Chandra Asri di Anyer dipilih karena kapasitas produksinya yang besar sehingga meminimalisir kelangkaan bahan baku. Sedangkan untuk produsen hidrogen klorida diperoleh dari PT Sulfindo Adhi Usaha di Serang, Banten.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Pabrik Etil Klorida dari Etilen dan Hidrogen Klorida ini akan dibangun dengan kapasitas 15.000 ton/tahun untuk pembangunan pabrik di tahun 2019. Penentuan kapasitas ini ditentukan berdasarkan analisa *Supply and Demand* dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

1.2.1 Kebutuhan/pemasaran produk di Indonesia

Berdasarkan data statistik, kebutuhan Etil Klorida di Indonesia mengalami peningkatan. Sampai saat ini, produksi Etil Klorida di Indonesia sendiri belum ada sehingga hanya bergantung pada impor dari luar negeri.

a) Supply

- Impor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan impor Etil Klorida di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data impor akan Etil Klorida di Indonesia pada tahun 2011 sampai dengan tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Data impor etil klorida tahun 2011-2016

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/tahun)	% Pertumbuhan
2011	2,77	-
2012	7,27	162,4 %
2013	6,31	15,2 %
2015	17,93	175,5 %
2016	19,51	8,8 %

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2018)

Berdasarkan data impor Etil Klorida di atas dapat dibuat persen pertumbuhan nilai impor, dianggap besarnya persen pertumbuhan adalah 175.5 % sehingga didapat data proyeksi seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data impor dari persen pertumbuhan

Tahun	Data Impor (ton/tahun)
2016	19,51
2017	53,75
2018	148,08
2019	407,96
2020	1123,93
2021	3096,43
2022	8530,65
2023	23501,95

Dari tabel data proyeksi impor, nilai impor pada tahun 2023 sebesar 23501,95 ton/tahun

- Produksi dalam Negeri

Produksi Etil Klorida di Indonesia sendiri tidak ada karena belum adanya pabrik Etil Klorida di Indonesia.

b) Demand

- Ekspor

Dari Badan Pusat Statistik untuk data ekspor Etil Klorida di Indonesia tidak ada karena pabrik Etil Klorida di Indonesia belum ada.

- **Konsumsi dalam Negeri**

Untuk data konsumsi Etil Klorida dalam negeri di Badan Pusat Statistik juga tidak ditemukan, karena kurangnya data-data seperti yang dijelaskan diatas yaitu kurangnya data ekspor, produksi dalam negeri maupun konsumsi dalam negeri, maka kami menggunakan asumsi yaitu $\text{Konsumsi dalam negeri} = \text{Impor}$.

Peluang mendirikan pabrik Etil Klorida ini adalah untuk substitusi impor, diambil kapasitas produksi 64% dari peluang atau pada kapasitas 15.000 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas Komersial

Dalam Menentukan besar kecilnya kapasitas Pabrik Etil Klorida yang akan dirancang, kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan Etil Klorida baik di dalam negeri maupun di luar negeri atau biasanya disebut dengan kapasitas ekonomis. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak pabrik dapat memproduksi Etil Klorida. Saat ini di luar negeri pabrik yang sudah beroperasi dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Kapasitas pabrik-pabrik yang telah berproduksi

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
India	Chloritech Industries	2000
USA	First Chemical Pascagoula missipi	5000
USA	Coastal chemical	12000
USA	Farmland Industries	40000
USA, Texas	Dow chemical	34000

(sumber : www.the-inovation-group.com, Maret 2011)

Dengan mempertimbangkan besarnya konsumsi Etil Klorida di Indonesia dan jumlah bahan baku yang tersedia serta data dari Pabrik Etil Klorida yang telah berdiri, maka pabrik ini dibangun dengan kapasitas perancangan 15.000 ton/tahun memenuhi kapasitas ekonomis. Kapasitas ini ditetapkan dengan pertimbangan diantara lain:

- 1) Memenuhi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan akan meningkat dari tahun ke tahun sebagai hasil dari pembangunan
- 2) Mampu mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri walaupun tidak sepenuhnya mencukupi setidaknya dapat meminimalisir nilai impor dari produk tersebut

- 3) Membuka kesempatan berdirinya industri-industri lainnya yang menggunkan etil klorida sebagai bahan baku yang selama ini belum berkembang di Indonesia

1.3 Tinjauan Pustaka

Etil klorida dengan rumus molekul C_2H_5Cl dikenal sebagai chloroethane dan monochloroethane adalah salah satu senyawa kimia yang pada suhu kamar dan tekanan atmosferis berupa gas tak berwarna karena titik didih normalnya adalah $12,2^{\circ}C$. Gas ini mudah ditekan menjadi cairan yang bening dan jernih. Etil klorid mudah terbakar dengan ujung apinya berwarna hijau menghasilkan uap hidrogen klorida (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

Ada tiga macam pembuatan etil klorida secara industri yaitu hidroklorinasi alkohol, hidroklorinasi etilen dan klorinasi etana. (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

1. Hidroklorinasi Alkohol

Reaksi antara etanol dan HCl dilakukan pada suhu $150^{\circ}C - 190^{\circ}C$ dengan bantuan $ZnCl_2$. Reaksi yang terjadi adalah:



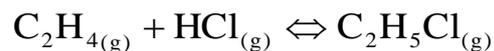
Proses ini berlangsung pada tekanan 2 atm dan dilakukan dalam reaktor Fixed bed multitube. Pada proses ini konversinya sebesar 95%, berdasarkan pada etanol dan kemurnia 99%. Pada proses ini yang perlu diperhatikan adalah terbentuknya reaksi samping, yaitu kombinasi dua molekul etanol akan menghasilkan dietil eter sesuai dengan reaksi sebagai berikut :



Untuk mencegah terjadinya reaksi ini, maka harus digunakan hidrogen klorida yang berlebihan, yaitu 10-15% eksess. Proses yang terjadi adalah etanol dan hidrogen klorida dimasukkan ke dalam reaktor. Keuntungan dari proses ini adalah hasilnya tinggi. Konversi etanol bisa mencapai 90-98 %. Namun secara ekonomis kurang bisa bersaing dengan proses yang lainnya yaitu proses dengan bahan baku etilen. (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

2. Hidroklorinasi Etilen

Reaksi yang terjadi antara etilen dan HCl adalah :



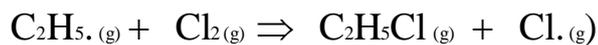
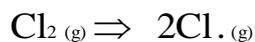
Proses ini bisa dijalankan dalam fase uap dan fase cair, tetapi biasanya dijalankan pada fase uap. Konversi yang bisa dicapai sampai 90% atas dasar etilen. Operasi dijalankan dalam reaktor gelembung pada suhu 130 – 250°C dengan menggelembungkan uap etilen dan HCl dalam katalisator AlCl_3 cair. Reaksi pada suhu tinggi dapat menyebabkan terjadinya polimerisasi dan dapat merusak katalisator. Kesulitan lain yang dihadapi adalah mengganti katalisator yang sudah tidak aktif lagi serta pendingin yang cukup untuk mempertahankan suhu. (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

Bila dipakai katalisator lain, misalnya *zirconium oxychloride* maka reaksi ini dilakukan dalam reaktor tabung multitubular. Dalam hal ini suhu dapat diatur dengan mengalirkan pendingin untuk mengambil panas reaksi. Kondisi operasi

berlangsung pada range suhu yang diijinkan 120°C - 290°C dan tekanan 28,2 atm. (Thodos and Stutzman, 1958)

3. Klorinasi Etan

Proses pembuatan etil klorid dengan cara klorinasi etan dapat dijalankan secara termal, fotokimia dan katalitik. Dalam industri biasanya dijalankan secara termal. Reaksi yang terjadi adalah reaksi rantai:



Reaksi sangat eksotermis sehingga pengontrolan suhunya sangat penting. Suhu reaksi berkisar 230 – 450 °C. Suhu yang lebih tinggi bisa menyebabkan etil klorid terurai menjadi etilen dan HCl. Konversi bisa mencapai 78 % basis etan bila perbandingan Cl₂ dan etan kira – kira 0,2 dan suhu reaksi 420 °C. (Mc. Ketta and Cunningham, 1979)

Klorinasi dengan katalis berlangsung pada suhu 380 – 440 °C. Katalisator yang biasa dipakai adalah *cuprichloride* dan *zirconium*. Klorinasi dengan bantuan cahaya reaksinya hampir sama dengan bantuan panas.

Tabel 1.4 Parameter Pemilihan Jenis Proses

Parameter	Hidroklorinasi Alkohol	Hidroklorinasi Etilen	Klorinasi Etan
Bahan Baku	Etanol dan HCl	Etilen dan HCL	Etan dan Klorin
Suhu Reaksi	150 – 190 °C	120 - 290°C	380 – 440 °C
Tekanan	2 atm	28 atm	8 atm
Konversi	90 – 95%	90%	78%
Produk Samping	Ada	Tidak ada	Ada
Aspek Ekonomi	Kurang ekonomis	Lebih ekonomis	Kurang ekonomis

Dari ketiga jenis proses pembuatan etil klorida, dipilih proses hidroklorinasi etilen dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses ini tidak menghasilkan produk samping
2. Konversi reaksi cukup tinggi
3. Kebutuhan bahan baku terpenuhi. Hal ini disebabkan karena bahan bakunya yaitu etilen dan hidrogen klorida yang mudah diperoleh dari PT Chandra Asri di Anyer dan PT Sulfindo Adi Usaha di Serang, Banten, sehingga tidak perlu mengimpor dari luar negeri.
4. Pabrik etil klorida yang sudah berdiri terutama di Amerika banyak menggunakan proses hidroklorinasi etilen

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini maka mekanisme pembuatan Etil Klorida dirancang berdasarkan variabel utama, yaitu: spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Etilen

Rumus Molekul	: C ₂ H ₄
Kemurnian	: 98,5 %
Berat Molekul	: 28 kg/kmol
Titik Didih	: -103,7 °C
Titik Beku	: -168,99 °C
Titik Nyala	: -136 °C
Densitas gas pada 30 ⁰ C	: 0,34 g/cm ³
Viskositas pada 25 ⁰ C	: 0,19 cP
Tekanan Kritis	: 50,5 atm
Suhu Kritis	: 9,7 °C

2.1.2 Hidrogen Klorida

Rumus Molekul	: HCl
Kemurnian	: 99%
Berat Molekul	: 36,5 kg/kmol

Titik Didih	: -85,95 °C
Titik Beku	: -114,03 °C
Densitas cair pada 30°C	: 0,585 g/cm ³
Viskositas pada 25 °C	: 0,07 cP
Tekanan Kritis	: 8,19 atm
Suhu Kritis	: 96,8 °C

2.2 Spesifikasi Produk

2.2.1 Etil Klorida

Rumus Molekul	: C ₂ H ₅ Cl
Kemurnian	: 99%
Berat Molekul	: 64,5 kg/kmol
Titik Didih	: 12,27 °C
Titik Beku	: -136,25 °C
Titik Nyala	: -43 °C
Densitas cair pada 30°C	: 0,89 g/cm ³
Tekanan Kritis	: 52 atm
Suhu Kritis	: 187 °C

2.3 Spesifikasi Katalisator

Rumus Molekul	: ZrOCl ₂ ·8H ₂ O
Berat Molekul	: 322,2 kg/kmol
Bentuk	: Butiran bola (smooth, uniform)
Ukuran	: 0,125 in

<i>Bulk density</i>	: 0,8 g/cm ³
Porositas	: 0,5812
Partikel Densitas	: 1,91 g/cm ³

2.4 Pengendalian Kualitas

2.4.1 Pengendalian Kulaitas Bahan

Penyimpangan kualitas terjadi karena bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik etil klorida ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan pengendalian kualitas produk. Pengendalian kualitas dalam sistem produksi terdiri dari tiga tahapan, yaitu :

a. Pengendalian kualitas bahan baku (input)

Pengendalian kualitas pada input dalam sistem produksi merupakan kualitas terhadap bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Penggunaan bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses produksi, dan pada akhirnya berpengaruh juga terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Apabila setelah dianalisa bahan baku yang digunakan memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan sifat fisik seperti tekanan, fase, kandungan zat pengotor, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada supplier. Pengendalian bahan baku juga dilakukan dengan menggunakan *pressure controller* dan *temperature*

controller agar menjaga tekanan serta suhu bahan baku tetap terjaga pada tekanan tiap masing alat sebelum masuk reaktor.

b. Pengendalian pada kualitas proses produksi (process)

Kualitas proses produksi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kualitas hasil produk yang dihasilkan. Apabila dalam proses produksi terdapat kualitas yang kurang baik atau tidak memenuhi standar maka yang akan dihasilkan akan memiliki kualitas yang kurang baik juga, bahkan termasuk kategori produk cacat yang tidak dapat digunakan atau dipasarkan. Hal yang perlu dikendalikan adalah suhu reaksi dan tekanan di dalam reaktor menggunakan *controller*.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh kualitas produk standar maka diperlukan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi dilakukan dengan data pengendalian yang berpusat di control room dilakukan dengan cara automatic dengan menggunakan beberapa *controller*. Apabila terjadi penyimpangan pada alat kontrol dari yang telah ditetapkan baik itu flow rate bahan baku atau produk, *level control*, maupun suhu operasi, maka secara otomatis *controller* akan mengambil tindakan untuk memperbaiki penyimpangan tersebut. Beberapa kontrol yang dijalankan yaitu :

1. Kontrol terhadap tinggi cairan dalam tangki (*level control*)
2. Kontrol terhadap aliran bahan baku dan produk (*flow rate*)
3. Kontrol terhadap kondisi operasi (*temperature control*)

Alat kontrol yang dipakai diset atau dikondisikan pada kondisi tertentu antara lain:

a. Level Control

Merupakan alat yang ditempatkan pada bagian atas tangki, jika belum memenuhi atau melebihi batas yang diinginkan maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian *controller* akan mengambil tindakan memperbesar aliran keluar tangki jika cairan melebihi batas, dan sebaliknya.

b. Flow Rate Control

Jika terjadi penyimpangan pada set aliran bahan baku, maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian *controller* akan mengambil tindakan memperbesar aliran bahan baku atau memperkecil aliran bahan baku sampai aliran bahan baku sudah memenuhi syarat.

c. Temperature Control

Jika terjadi penyimpangan pada set suhu yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian *controller* akan mengambil tindakan memperbesar aliran steam jika suhu yang keluar dari alat belum memenuhi syarat, dan sebaliknya.

2.4.3 Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan dari waktu tinggal dari tangki bahan hingga tangki produk agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pabrik etil klorida ini diproduksi dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dari bahan baku etilen dan asam klorida yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar, proses produksi tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, tahap pemurnian dan penyimpanan.

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan etil klorida dengan mereaksikan etilen dengan hidrogen klorida. Bahan baku etilen disimpan dalam fasa gas di dalam tangki 1 (T-01) pada tekanan 32 atm dan suhu 30 °C sedangkan hidrogen klorida disimpan dalam fase cair disimpan di dalam tangki 2 (T-02) pada tekanan 52 atm dan suhu 30°C. Bahan baku sebelum masuk ke dalam reaktor (R-01) masing-masing bahan baku dinaikkan suhunya dan diturunkan tekanan menjadi 28,2 atm dan 200 °C menggunakan *expansion valve* 1,2 (EV-01, EV-02) dan heater 1,2 (HE-01, HE-02).

3.1.2 Tahap Reaksi

Bahan baku yang sudah sesuai dengan kondisi operasinya selanjutnya diumpankan ke reaktor. Reaksi beroperasi secara non-adiabatis dan non-isotermal pada suhu 200-239 °C dan 28,2 atm dan dijalankan di dalam reaktor fixed bed multi-tubular (R-01) dengan menggunakan bantuan katalis padat *zirconium oxychloride*.

Reaksi antara HCL dan C₂H₄ bersifat sangat eksotermis ($\Delta H_R = - 561615.47$ kcal/kmol). Oleh karena itu, digunakan pendingin berupa dowtherm A yang akan

mengambil panas yang dihasilkan selama reaksi sehingga kenaikan suhu gas tidak terlalu tinggi.

3.1.3 Tahap Pemurnian dan Penyimpanan

Hasil keluaran reaktor (R-01) selanjutnya dialirkan ke cooler 1 dan 2 (HE-04 dan HE-05) untuk menurunkan suhunya dari 239 °C ke suhu 70 °C sebelum dimasukkan ke Kondensor parsial (CP-01) untuk mengkondensasikan gas keluaran reaktor. Selanjutnya dialirkan ke separator untuk dilakukan pemisahan campuran uap air dari keluaran kondensor parsial. Hasil atas diumpankan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) dan hasil bawahnya kemudian dialirkan dengan pompa untuk dilakukan pemurnian lebih lanjut menggunakan menara distilasi (MD-01). Hasil atas menara distilasi dimasukkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) dan hasil bawahnya merupakan produk etil klorida dengan kemurnian 99% yang selanjutnya diumpankan ke tangki penyimpanan produk melalui *expansion valve* dan cooler 3 (HE-06) untuk menurunkan tekanan dan suhunya menjadi 2 atm dan 30 °C pada fasa cair.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Etilen (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku Etilen sebanyak 975 kg/jam selama 7 hari.

Jenis : Spherical Tank

Fase : Gas

Kondisi Operasi : Tekanan = 32 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi	: Diameter = 3,4 m
	Tebal Tangki = 1 3/8 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel SA-283C
Harga	: \$ 117.885

3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Hidrogen Klorida (T-02)

Fungsi	: Menyimpan bahan baku Hidrogen Klorida sebanyak 2525 kg/jam selama 7 hari.
Jenis	: Horizontal Cylindrical Tank
Fase	: Cair
Kondisi Operasi	: Tekanan = 52 atm
	Suhu = 30 °C
Spesifikasi	: Diameter = 3.05 m
	Tinggi = 9.16 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel SA-203 Grade B
Harga	: \$ 147.357

3.2.3 Tangki Penyimpanan Produk Etil Klorida (T-03)

Fungsi	: Menyimpan produk etil klorida baku sebanyak 1894 kg/jam selama 7 hari.
Jenis	: Horizontal Cylindrical Tank
Fase	: Cair
Kondisi Operasi	: Tekanan = 2 atm
	Suhu = 30 °C

Spesifikasi	: Diameter = 3 m
	Tebal tangki = 1.625 in
	Tinggi = 9 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 147.357

3.2.4 Expansion Valve (EV-01)

Fungsi	: Menurunkan tekanan bahan baku etilen dari 32 atm menjadi 28,2 atm.
Jenis	: Globe Valve
Kondisi Operasi	: P masuk = 32 atm
	P keluar = 28,2 atm
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 176

3.2.5 Expansion Valve (EV-02)

Fungsi	: Menurunkan tekanan bahan baku hidrogen klorida dari 52 atm menjadi 28,2 atm.
Jenis	: Globe Valve
Kondisi Operasi	: P masuk = 52 atm
	P keluar = 28,2 atm
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 176

3.2.6 *Expansion Valve (EV-03)*

Fungsi	: Menurunkan tekanan hasil bawah Menara Distilasi dari 28,2 atm menjadi 4 atm.
Jenis	: Globe Valve
Kondisi Operasi	: P masuk = 28,2 atm P keluar = 4 atm
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 176

3.2.7 *Expansion Valve (EV-04)*

Fungsi	: Menurunkan tekanan hasil atas Menara Distilasi dari 28,2 atm menjadi 1 atm ke UPL.
Jenis	: Globe Valve
Kondisi Operasi	: P masuk = 28,2 atm P keluar = 1 atm
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 176

3.2.8 *Heat Exchanger (HE-01)*

Fungsi	: Memanaskan fluida sebanyak 975 kg/jam dari tangki penyimpanan (T-01)
Jenis	: Shell and Tube
Beban Panas	: 299572,14 Btu/jam
Luas Transfer Panas	: 359,28 ft ²

Panjang	: 16 ft
Shell side	
- Fluida dingin	: Etilen
- Ukuran	:
ID	= 13 1/4 in
Baffle	= 6 5/8 in
Passes	= 1
Tube side	
- Fluida panas	: Steam
- Ukuran	:
OD, BWG	= 3/4 in, 16
Jumlah tube	= 109 buah
ID	= 0,620 in
Passes	= 2
Pitch	= 1 in triangular pitch
- Dirt Factor min	: 0,001
- Dirt Factor available	: 0.0741
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 6.631

3.2.9 Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi	: Memanaskan fluida sebanyak 2525 kg/jam dari tangki penyimpanan (T-02)
Jenis	: Shell and Tube
Beban Panas	: 346816,01 Btu/jam

Luas Transfer Panas	: 260,21 ft ²
Panjang	: 16 ft
Shell side	
- Fluida dingin	: Hidrogen Klorida
- Ukuran	:
ID	= 13 1/4 in
Baffle	= 6 5/8 in
Passes	= 1
Tube side	
- Fluida Dingin	: Steam
- Ukuran	:
OD, BWG	= 3/4 in, 16
Jumlah Tube	= 82 buah
ID	= 0,620 in
Passes	= 2
Pitch	= 1 in square pitch
- Dirt Factor min	: 0,001
- Dirt Factor available	: 0.0489
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 6.631

3.2.10 Heat Exchanger (HE-04)

Fungsi	: Mendinginkan suhu fluida sebanyak 3500 kg/jam dari keluaran reaktor (R-01)
Jenis	: Shell and Tube

Beban Panas : 475423,31 Btu/jam

Luas Transfer Panas : 427,93 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side

- Fluida Panas : Keluaran reaktor

- Ukuran :

ID = 15 1/4 in

Baffle = 7 5/8 in

Passes = 1

Tube side

- Fluida Dingin : Air

- Ukuran :

OD, BWG = 3/4 in, 14

Jumlah Tube = 109 buah

ID = 0,584 in

Passes = 2

Pitch = 1 in square pitch

- Dirt Factor min : 0,001

- Dirt Factor available : 0.0602

Bahan : Stainless Steel

Harga : \$ 9.136

3.2.11 Heat Exchanger (HE-05)

Fungsi	: Mendinginkan suhu fluida sebanyak 3500 kg/jam dari Cooler (HE-04)
Jenis	: Shell and Tube
Beban Panas	: 689021,75 Btu/jam
Luas Transfer Panas	: 351,56 ft ²
Panjang	: 20 ft
Shell side	
- Fluida Panas	: Keluaran reaktor
- Ukuran	:
ID	= 13 1/4 in
Baffle	= 6 5/8 in
Passes	= 1
Tube side	
- Fluida Dingin	: Air
- Ukuran	:
OD, BWG	= 3/4 in, 14
Jumlah Tube	= 90 buah
ID	= 0,584 in
Passes	= 2
Pitch	= 1 in square pitch
- Dirt Factor min	: 0,001
- Dirt Factor available	: 0.0144
Bahan	: Stainless Steel

Harga : \$ 8.841

3.2.12 *Heat Exchanger* (HE-06)

Fungsi : Mendinginkan suhu fluida sebanyak 1894 kg/jam
sebelum masuk tangki penyimpanan (TP-01)

Jenis : Shell and Tube

Beban Panas : 417593,16 Btu/jam

Luas Transfer Panas : 313,93 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side

- Fluida Panas : Hasil bawah Menara Distilasi

- Ukuran :

ID = 12 in

Baffle = 6 in

Passes = 1

Tube side

- Fluida Dingin : Air

- Ukuran :

OD, BWG = 3/4 in, 14

Jumlah Tube = 81 buah

ID = 0,584 in

Passes = 2

Pitch = 1 in square pitch

- Dirt Factor min : 0,001

- Dirt Factor available : 0.0146

Bahan : Stainless Steel

Harga : \$ 8.104

3.2.13 Reaktor (R-01)

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara etilen dan hidrogen klorida dengan katalis padat yang menghasilkan produk etil klorida sebanyak 1894 kg/jam.

Jenis : Katalitik Fixed Bed Multitube

Fase : Gas

Katalis : *Zirconium Oxychloride (ZrOCL₂.8H₂O)*

Kondisi Operasi : Tekanan = 28.2 atm

Suhu = 200 °C, 473 K

Spesifikasi : Diameter = 0,91 m

Tinggi = 4,4 m

Tebal Shell = 0,875 in

Tebal Head = 0,75 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : Stainless Steel SA 167 Grade C

Harga : \$ 91.291

3.2.14 Partial Condensor (CP-01)

Fungsi : Mengembunkan fluida sebanyak 3500 kg/jam dari keluaran reaktor (R-01)

Jenis : Shell and Tube

Beban Panas : 53595,061 Btu/jam

Luas Transfer Panas : 529,52 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side

- Fluida Panas : Keluaran reaktor

- Ukuran :

ID = 19,25 in

Baffle = 14,4375 in

Passes = 1

Tube side

- Fluida Dingin : Air

Suhu masuk = 30 °C

Suhu keluar = 65 °C

- Ukuran :

OD, BWG = 3/4 in, 13

Jumlah Tube = 301 buah

ID = 0,560 in

Passes = 1

Pitch = 15/16 in triangular pitch

- Dirt Factor min : 0,001

- Dirt Factor available : 0.0065

Bahan : Stainless Steel

Harga : \$ 22.103

3.2.15 Separator (SP-01)

Fungsi	: Memisahkan cairan dari campuran uap cair yang keluar dari <i>condenser partial</i> .
Jenis	: Silinder vertical
Kondisi Operasi	: Tekanan = 28.2 atm Suhu = 30 °C, 303 K
Spesifikasi	: Diameter = 1 m Tinggi = 5 m Tebal Shell = ½ in Tebal Head = ¾ in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 44.207

3.2.16 Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi	: Memisahkan hidrogen klorida dari produk etil klorida.
Jenis	: <i>Sieve Tray</i>
Kondisi Operasi	: Puncak Menara : Tekanan = 28,2 atm Suhu = 6,2 °C Umpan : Tekanan = 28,2 atm Suhu = 33,5 °C Dasar Menara : Tekanan = 28,2 atm Suhu = 142,6 °C
Spesifikasi	: Diameter = 1,5 m

	Tinggi	= 18,6 m
Jumlah Plate	:	75 buah
Reflux Ratio	:	0.0023
Jumlah	:	1 buah
Bahan	:	Stainless Steel SA 283 Grade C
Harga	:	\$ 73.678

3.2.17 Condensor (CD-01)

Fungsi	:	Mengembunkan uap sebanyak 1245 kg/jam dari hasil atas menara distilasi (MD-01) dengan pendingin <i>brine cooling</i> .
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Beban Panas	:	348778,27 Btu/jam
Luas Transfer Panas	:	890,42 ft ²
Panjang	:	14 ft
Shell side		
- Fluida Panas	:	Hasil atas menara distilasi
- Ukuran	:	
ID	=	23 1/4 in
Baffle	=	7 in
Passes	=	1
Tube side		
- Fluida Dingin	:	<i>Braine cooler</i>
Jenis	=	Air laut (NaCl 25%)
Suhu masuk	=	-2 °C

Suhu keluar	= 5 °C
- Ukuran	:
OD, BWG	= 3/4 in, 13
Jumlah Tube	= 324 buah
ID	= 0,482 in
Passes	= 2
Pitch	= 1 in triangular pitch
- Dirt Factor min	: 0,001
- Dirt Factor available	: 0.002
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 2.947

3.2.18 Reboiler (RB-01)

Fungsi	: Menguapkan fluida sebanyak 1245 kg/jam dari hasil bawah menara distilasi (MD-01) dengan steam.
Jenis	: Kettle
Beban Panas	: 812399,107 Btu/jam
Luas Transfer Panas	: 892,69 ft ²
Panjang	: 10 ft
Shell side	
- Fluida dingin	: Hasil atas menara distilasi
- Ukuran	:
ID	= 23 1/4 in
Baffle	= 7 in

Passes	= 1
Tube side	
- Fluida panas	: Steam
- Ukuran	:
OD, BWG	= 3/4 in, 10
Jumlah Tube	= 361 buah
ID	= 0,482 in
Passes	= 1
Pitch	= 15/16 in triangular pitch
- Dirt Factor min	: 0,001
- Dirt Factor available	: 0.0018
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 11.788

3.2.19 Accumulator

Fungsi	: Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi (MD-01).
Jenis	: Tangki silinder horizontal
Spesifikasi	: Diameter = 0,42 m
	Tinggi = 1,27 m
	Tebal shell = 3/16 in
	Tebal head = 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Harga	: \$ 2.947

3.2.21 Pompa 1 (P-01)

Fungsi	: Mengalirkan hasil keluaran separator (SP-01) ke menara distilasi (MD-01)
Jenis	: Centrifugal pump
Head	: 8,0006 m
Kapasitas	: 13,51 gpm
Putaran spesifik	: 554,65 rpm
Power motor desain	: 0,2653 HP
Power motor actual	: 0,33 HP
Jumlah	: 2
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 1496

3.2.22 Pompa 2 (P-02)

Fungsi	: Mengalirkan hasil keluaran menara distilasi (MD-01) ke tangki produk (TP-01)
Jenis	: Centrifugal pump
Head	: 3 m
Kapasitas	: 4,3026 gpm
Putaran spesifik	: 653,232 rpm
Power motor desain	: 0,0493 HP
Power motor actual	: 0,05 HP
Jumlah	: 2
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 897

3.2.23 Pompa 3 (P-03)

Fungsi	: Mengalirkan hasil keluaran atas menara distilasi (MD-01) ke UPL
Jenis	: Centrifugal pump
Head	: 3,0004 m
Kapasitas	: 11,16 gpm
Putaran spesifik	: 1052,19 rpm
Power motor desain	: 0,075 HP
Power motor actual	: 0,08 HP
Jumlah	: 2
Bahan	: Stainless Steel
Harga	: \$ 1197

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku atau Pembantu

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi.

2. Pemasaran

Etil Klorida merupakan bahan yang sangat dibutuhkan oleh banyak industri baik sebagai bahan pembantu atau sebagai bahan utama sehingga diusahakan pendirian pabrik dilakukan di suatu kawasan industri.

3. Ketersediaan Energi dan Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, atau kebutuhan lainnya. Sumber air biasanya berupa sungai, air laut dan danau. Energi merupakan faktor utama dalam operasional pabrik.

4. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi.

5. Kondisi Geografis dan Sosial

Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi, dan lain-lain). Kebijakan pemerintah setempat turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas, maka pabrik etil klorida ini dalam perencanaannya akan didirikan di Cilegon, Banten.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh pada keberadaan suatu industri, baik dari segi komersil, maupun kemungkinan pengembangan dimasa yang akan datang. Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor-faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang harus dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan lain-lain. Oleh karena itu, pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Lokasi pabrik yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut :

1. Kemampuan melayani konsumen dan langganan yang memuaskan.
2. Kemudahan untuk mendapatkan tenaga kerja yang diperlukan oleh pabrik.
3. Kemampuan untuk mendapatkan bahan baku yang cukup, berkesinambungan dan harganya sampai di tempat terendah.
4. Kemungkinan untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang, ditinjau dari segi keuntungan yang dicapai maupun area tanah pabrik.

Adapun pertimbangan-pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik etil klorida, yaitu:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

1. Penyediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dan biaya transportasi dapat diminimalisir. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan laut jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

Sumber bahan baku utama berupa etilen dan hidrogen klorida. Etilen dapat diperoleh dari PT Chandra Asri di Anyer dan bahan baku hidrogen klorida diperoleh dari PT Sulfindo Adi Usaha di Serang, Banten.

2. Pemasaran

Kebutuhan etil klorida terus menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun dengan semakin banyaknya industri kimia yang membutuhkan etil klorida sehingga pemasarannya tidak akan mengalami hambatan. Lokasi pendirian pabrik dekat dengan jalan darat dan pelabuhan Merak sehingga produk dapat dipasarkan baik dalam maupun luar negeri.

3. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Pembangkit listrik utama untuk pabrik adalah menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Selain itu, kebutuhan tenaga listrik juga dapat diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

4. Tenaga Kerja

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik.

5. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini merupakan kawasan perluasan industri yang dekat dengan sarana pelabuhan Merak. Selain itu, fasilitas transportasi darat dari industri ke tempat sekitar juga sangat baik dan dekat dengan jalan tol

6. Letak Geografis

Daerah Cilegon, Banten merupakan suatu daerah yang terletak di kawasan industri dan dekat dengan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Cilegon telah dijadikan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

1. Perluasan Areal Unit

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah sekitar memang dikhususkan untuk daerah pembangunan industri.

2. Biaya dan Perizinan Tanah

a. Segi keamanan terpenuhi.

- b. Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.
- c. Pengoperasian, pengontrolan, pengakuan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- d. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- e. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan etil klorida karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu, pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

4.2 Tata Letak Pabrik

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

Mempermudah arus masuk dan keluar area pabrik.

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

e. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan hasil yang maksimum. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik sebagai berikut:

1. Pabrik etil klorida merupakan pabrik baru sehingga dalam menentukan lay out tidak dibatasi bangunan yang sudah ada.
2. Untuk mengantisipasi bertambahnya produksi diperlukan areal perluasan pabrik yang tidak jauh dari proses yang lama.
3. Faktor keamanan terutama bahaya kebakaran. Dalam perancangan lay out selalu diusahakan memisahkan sumber api dan sumber panas dari bahan yang mudah meledak. Unit-unit yang ada dikelompokkan agar memudahkan pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin terjadi.
4. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *outdoor* untuk menekan biaya bangunan gedung sedangkan jalannya proses dalam pabrik tidak dipengaruhi oleh perubahan musim.
5. Fasilitas untuk karyawan seperti masjid, kantin, parkir, dan sebagainya diletakkan strategis sehingga tidak mengganggu jalannya proses.
6. Jarak antar pompa dan peralatan proses harus diperhitungkan agar tidak mengalami kesulitan dalam melakukan pemeliharaan dan perbaikan.
7. Jarak antar unit yang satu dengan yang lain diatur sehingga tidak saling mengganggu.
8. Alat kontrol supaya diletakkan pada posisi yang mudah diawasi operator.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Timmerhaus, 2004):

- a. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi sehingga mengurangi material *handling*.
- b. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowndown*.
- c. Mengurangi ongkos produksi.
- d. Meningkatkan keselamatan kerja.
- e. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
- f. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Pendirian pabrik etil klorida ini direncanakan dibangun pada lahan 137425 m² dengan perluasan pabrik sebesar 21600 m² dan Luas bangunan 91825 m². Perincian luas tanah dan bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel 4.1.

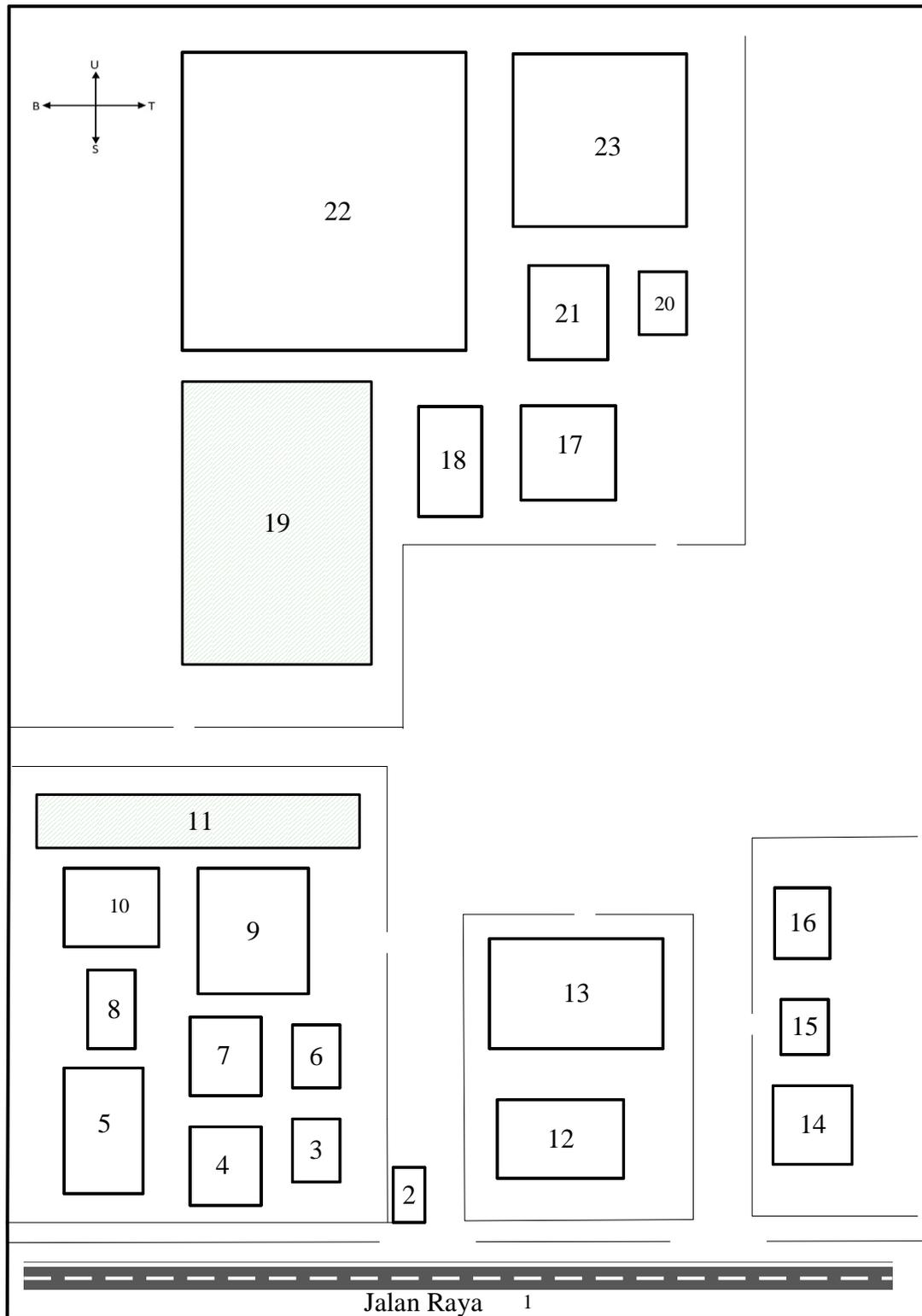
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Area Proses	190	180	34200
Area Utilitas	110	110	12100
Bengkel	35	30	1050
Gudang Peralatan	70	40	2800
Kantin	40	30	1200
Kantor teknik dan produksi	50	45	2250
Kantor Utama	50	50	2500
Laboratorium	50	45	2250
Parkir Utama	60	50	3000
Parkir Truk	50	50	2500
Perpustakaan	40	30	1200
Poliklinik	40	30	1200
Pos Keamanan	35	20	700

Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik (lanjutan)

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m²
Control Room	60	60	3600
Control Utilitas	50	60	3000
Area Rumah Dinas	70	90	6300
Area Mess	70	110	7700
Masjid	50	30	1500
Unit Pemadam Kebakaran	45	35	1575
Unit Pengolahan Lanjut	40	30	1200
Taman	40	100	4000
Jalan	25	800	20000
Daerah Perluasan	120	180	21600

Tata letak pabrik pada Gambar 4.1 menunjukkan penjelesan tentang merancang konsep dalam peletakkan fasilitas-fasilitas produksi di pabrik etil klorida agar suatu kegiatan operasional produksi dapat berjalan dengan lancar, baik berupa mesin, peralatan produksi, pekerja dan fasilitas penunjang lainnya yang harus disediakan dan ditempatkan pada tempat masing-masing agar berfungsi secara optimal.



Skala 1:1000

Gambar 4.1 Tata letak pabrik

Keterangan gambar:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Jalan Raya | 14. Parkir Truk |
| 2. Pos Keamanan | 15. Bengkel |
| 3. Perpustakaan | 16. Unit Pemadam Kebakaran |
| 4. Laboratorium | 17. Ruang Kontrol Proses |
| 5. Kantor Utama | 18. Gudang Peralatan |
| 6. Poliklinik | 19. Perluasan Pabrik |
| 7. Kantor Teknik dan Produksi | 20. Unit Pengolahan Limbah |
| 8. Masjid | 21. Ruang Kontrol Utilitas |
| 9. Parkir Utama | 22. Area Proses |
| 10. Kantin | 23. Area Utilitas |
| 11. Taman | |
| 12. Area Mess | |
| 13. Area Rumah Dinas | |

4.3 Tata Letak Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik Etil Klorida ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan yang ekonomis dan menunjang kelancaran serta keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi dari pipa. Pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih sedangkan untuk pemipaan

pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Aliran Udara

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

3. Cahaya

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

4. Lalu Lintas Pekerja

Kelancaran lalu lintas pekerja yang baik ditandai dengan keleluasan para pekerja untuk mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini memudahkan bila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Disamping itu juga sebagai fungsi keamanan.

5. Pertimbangan Ekonomi

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

6. Jarak Antar Alat Proses

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

7. Maintenance

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

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

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

a. *Over head* 1x1 tahun

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

b. *Repairing*

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

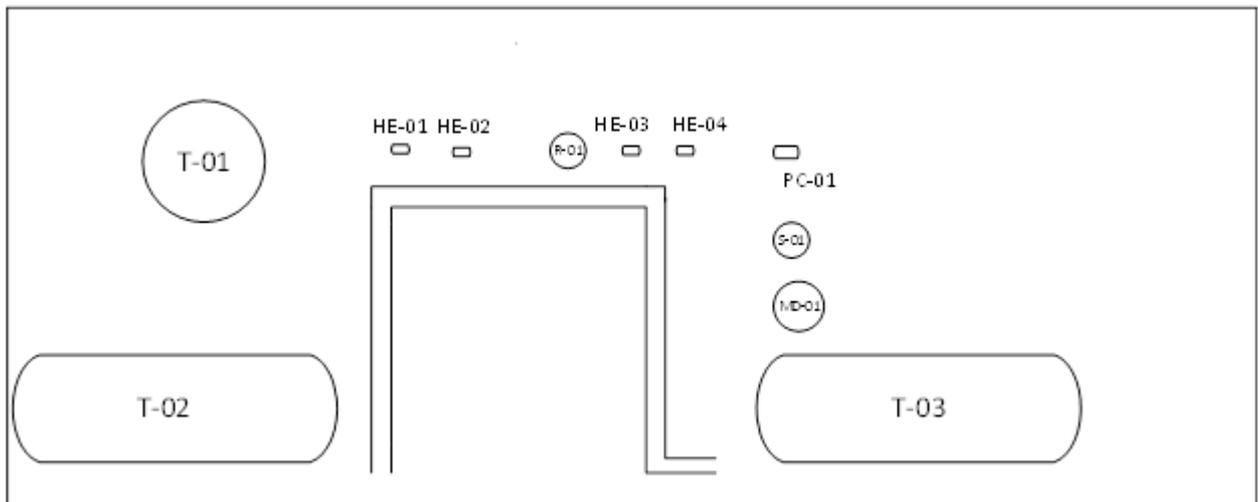
Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*, yaitu :

1. Umur Alat

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

2. Bahan Baku

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



Skala 1-100

Gambar 4.2 Tata letak alat proses pabrik etil klorida

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. TP-01 = Tangki Bahan Baku | 7. HE-04 = Cooler |
| 2. TP-02 = Tangki Bahan Baku | 8. PC-01 = Kondensor parsial |
| 3. HE-01 = Heater | 9. S-01 = Separator |
| 4. HE-02 = Heater | 10. MD-01 = Menara Distilasi |
| 5. RE-01 = Reaktor | 11. HE-05 = Cooler |
| 6. HE-03 = Cooler | 12. TP-03 = Tangki Produk |

4.4 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca massa total produksi Etil Klorida

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)		
	1	2	4	6	7
C ₂ H ₄	959	0	96	0	0
C ₂ H ₆	16	0	16	0	0
C ₂ H ₅ Cl	0	0	14	99	1875
HCl	0	2513	235	1146	6
H ₂ O	0	13	0	0	13
Total	975	2525	361	1245	1894
	3500		3500		

4.4.1.2 Neraca Massa per Alat

A. Reaktor (R-01)

Tabel 4.3 Neraca massa Reaktor (R-01)

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)	
	3	4	5	6
C ₂ H ₄	959		96	
C ₂ H ₆	16		15	
C ₂ H ₅ Cl	0		1989	
HCl	2513		1388	
H ₂ O	12		12	
Total	3500		3500	

B. Separator (SP-01)

Tabel 4.4 Neraca massa Separator (SP-01)

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)	
	4	5	6	7
C ₂ H ₄	96		96	0
C ₂ H ₆	15		15	0
C ₂ H ₅ Cl	1988		14	1974
HCl	1388		235	1153
H ₂ O	13		0	13
Total	3500		360	3140
			3500	

C. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.5 Neraca massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)	
	6	7	8	
C ₂ H ₄	0	0	0	
C ₂ H ₆	0	0	0	
C ₂ H ₅ Cl	1974	99	1875	
HCl	1153	1146	7	
H ₂ O	13	0	13	
Total	3140	1245	1895	3140

4.4.2 Neraca Panas

A. Heat Exchanger 1 (HE-01)

Tabel 4.6 Neraca panas *Heat Exchanger 1* (HE-01)

	Arus in (kJ/jam)	Arus out (kJ/jam)
Umpan	7692.3839	-
Produk	-	312419.1429
Steam	304726.7589	
Total	312419.1429	312419.1429

B. Heat Exchanger 2 (HE-02)

Tabel 4.7 Neraca panas *Heat Exchanger 2* (HE-02)

	Arus in (kJ/jam)	Arus out (kJ/jam)
Umpan	10127.2449	-
Produk	-	355547.0568
Steam	345419.8118	
Total	355547.0568	355547.0568

C. Reaktor (R-01)

Tabel 4.8 Neraca panas Reaktor (R-01)

Komponen	Input	Output
C ₂ H ₄	275974.2739	350616.5679
C ₂ H ₆	5781.0608	7364.4554
C ₂ H ₅ Cl	73594349.6934	107184049.5
HCl	194058.7305	238684.8037
H ₂ O	4164.9659	5142.277984
Panas reaksi	34365887.2914	0
Pendingin	0	654358.4162
Total	108440216	108440216

D. Heat Exchanger 5 (HE-05)

Tabel 4.9 Neraca panas *Heat Exchanger 5* (HE-05)

	Arus in (kJ/jam)	Arus Out (kJ/jam)
Umpan	519521.0533	-
Produk	-	354322.0461
Pendingin	-165199.0072	
Total	354322.0461	354322.0461

E. Separator (SP-01)

Tabel 4.10 Neraca panas Separator (SP-01)

	Arus in (kJ/jam)	Arus out (kJ/jam)
Umpan	-147.6433	-
produk gas	-	1.6266
produk cair	-	-149.2698
Total	-147.6433	-147.6433

F. *Heat Exchanger 6 (HE-06)*

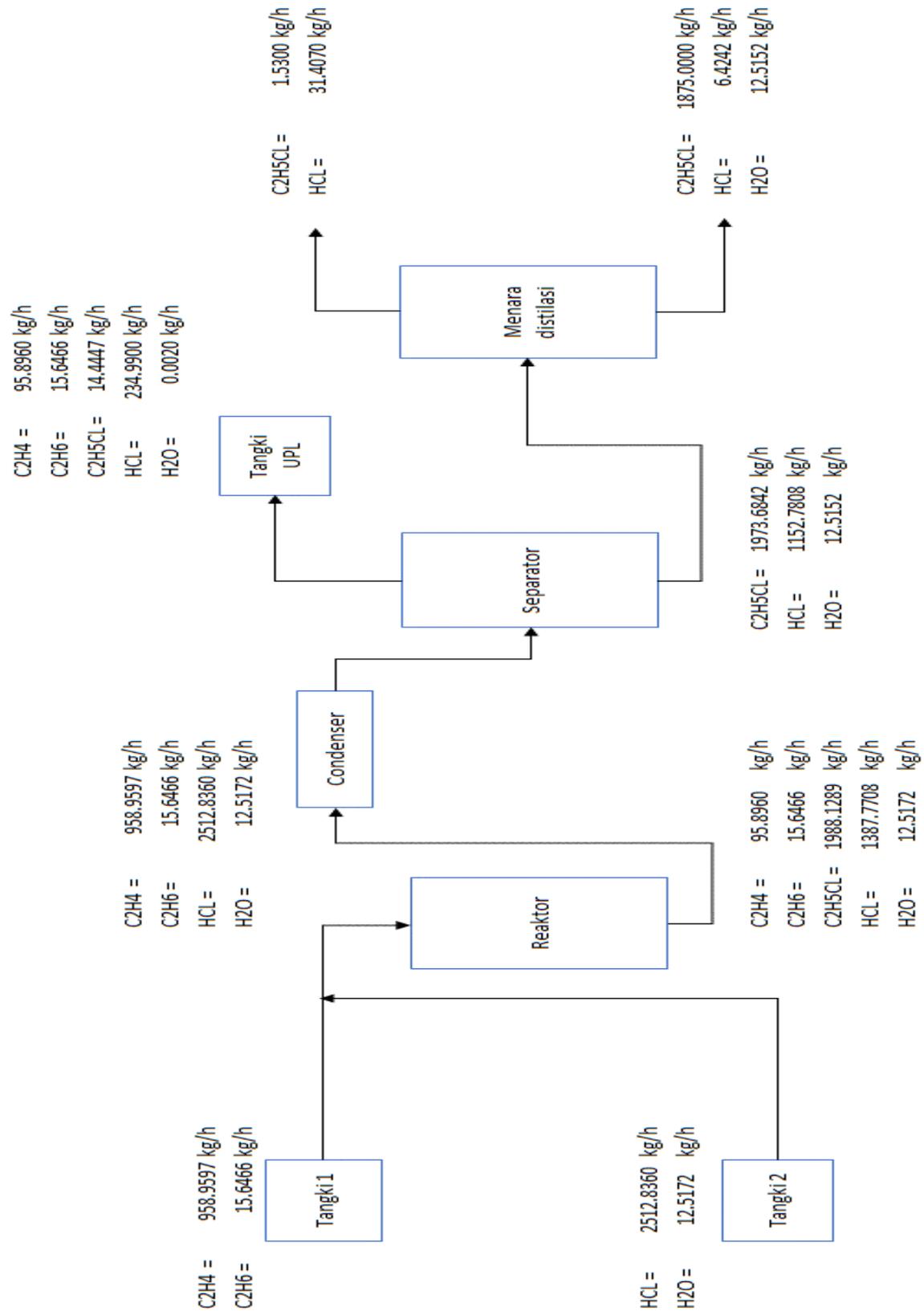
Tabel 4.11 Neraca panas *Heat Exchanger 6 (HE-06)*

	Arus in (kJ/jam)	Arus out (kJ/jam)
Umpan	245588.6160	-
Produk	-	9501.3685
Steam	-236087.2475	
Total	9501.3685	9501.3685

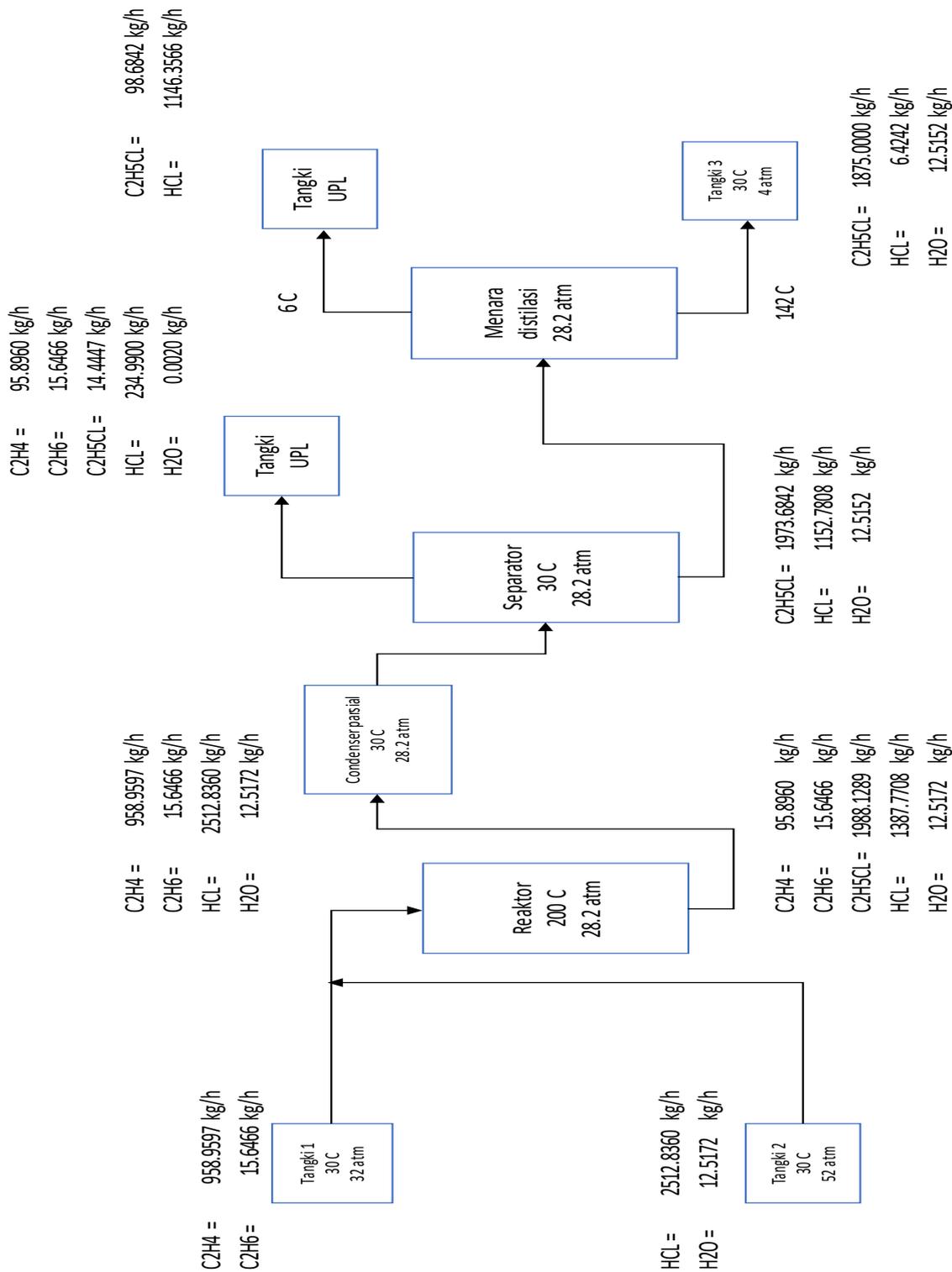
G. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.12 Neraca panas Menara Distilasi (MD-01)

	Arus in (kJ/jam)	Arus out (kJ/jam)
Umpan	55811.9373	-
Qb	861635.4163	-
Hasil atas	-	31224.3465
Hasil bawah	-	579221.8233
Qc	-	307001.1838
Total	917447.3536	917447.3536



Gambar 4.3 Diagram Alir Kuantitatif Pembuatan Etil Klorida



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif Pembuatan Etil Klorida

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas merupakan unit pendukung dalam penyediaan air, steam, dan bahan bakar. Keberadaan unit ini sangat penting dan harus ada.

4.5.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sungai, air danau, maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik etil klorida ini air yang digunakan berasal dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.

Air yang diperlukan pada pabrik ini adalah :

1) Air pendingin

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

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

2) Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar. Zat yang dapat menyebabkan kerak (scale forming).

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

b) Zat yang menyebabkan foaming.

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

c) Air sanitasi.

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

Syarat fisika, meliputi:

Suhu : Dibawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

Bau : Tidak berbau

Syarat kimia, meliputi:

- a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- b. Tidak mengandung bakteri.

4.5.2 Unit Penyediaan Air

A. Air Pendingin

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

1. Air mudah diperoleh dalam jumlah yang besar.
2. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
3. Dapat menyerap panas yang tinggi persatuan volume.
4. Tidak mudah menyusut secara berarti dengan adanya perubahan temperatur dingin.

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

1. *Phospat* untuk mencegah timbulnya kerak.
2. Klorin untuk membunuh mikroorganisme.
3. Zat dispersan untuk mencegah terjadinya penggumpalan.

B. Air umpan *Boiler*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler sebagai berikut :

1. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air yang mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

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

2. Zat yang menyebabkan *foaming*.

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

Adapun unit pengolahan air umpan *boiler*, meliputi :

a) Unit Demineralisasi Air

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain dengan menggunakan resin sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 ohm dan kandungan silika lebih kecil dari 0,02 ppm.

Adapun tahapan-tahapan proses pengolahan air untuk umpan ketel sebagai berikut :

1) *Kation Exchanger*

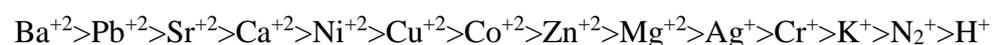
Cation Exchanger merupakan resin penukar kation-kation. Untuk *cation exchanger* berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula RSO_3H dan $(\text{RSO}_3)\text{Na}$, dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ . karena disini kita menggunakan ion H^+ sehingga air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi penukar kation:



Ion Mg^{+2} dapat menggantikan ion H^+ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg^{+2} lebih besar dari selektivitas H^+ .

Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut:



Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl . Reaksi Regenerasi :



2) *Anion Exchanger*

Anion Exchanger memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat

basa, yang memiliki formula RNOH_3 . Sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:



Ion SO_4^{2-} dapat menggantikan ion OH^- yang ada dalam resin karena selektivitas SO_4^{2-} lebih besar dari selektivitas OH^-

Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl . Reaksi Regenerasi:



b) Unit Daerator

Air yang telah mengalami demineralisasi mengandung gas-gas terlarut terutama O_2 dan CO_2 . Gas tersebut dahulu dihilangkan karena dapat menimbulkan korosi. Unit daerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

Reaksi :



c) Unit pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *Blown Down* di *Cooling Tower* diganti dengan air yang disediakan oleh tangki penyaring air.

C. Air sanitasi

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

1. Syarat fisik, meliputi suhu dibawah suhu udara dan luar, warna jernih, tidak mempunyai rasa, dan tidak berbau.
2. Syarat kimia, meliputi tidak mengandung zat organik maupun anorganik, dan tidak beracun.
3. Syarat bakteriologis, tidak mengandung bakteri-bakteri terutama bakteri yang bersifat *pathogen*.

4.5.3 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik etil klorida ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

a) Penghisapan

Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara pemompaan yang secara langsung dimasukkan ke dalam bak pengendapan awal.

b) Pengendapan (sanitasi)

Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

c) Penyaringan (*screening*)

Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran yang bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air. Maka pada sisi isap pompa dipasang saringan yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila saringan kotor.

d) Koagulasi

Merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan biasanya tawas atau alumunium sulfat yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa.

Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu, kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat ke dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

4.5.4 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4.13 Kebutuhan steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
HE-03	1659,28
HE-04	998.5322
HE-05	395.2129
CP-01	754.5830
HE-06	504.2875
Total	2148.3281

$$\begin{aligned} \text{Blowdown 20\%} &= 20\% \times 1221 \text{ kg/jam} \\ &= 244 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan air untuk proses pendinginan

Tabel 4.14 Kebutuhan air pendingin

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
HE-01	378.0961
HE-02	437.7236
Reboiler	405.2623
Total	1221.0820

$$\begin{aligned} \text{Make up 20\%} &= 20\% \times 2148 \text{ kg/jam} \\ &= 429 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah air make up} = 673 \text{ kg/jam}$$

c. Air proses perkantoran dan rumah tangga

Tabel 4.15 Kebutuhan air proses perkantoran dan rumah tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Karyawan	9000
2	Bengkel	100
3.	Poliklinik	200
4	Laboratorium	250
5.	Kantin, Mushola dan taman	500
6.	Air Rumah Tangga	12000
7.	Lain-lain	100
	Jumlah	22050

Kebutuhan air total = $(1221+2148+673+22050/24)$ kg/jam = 4966 kg/jam

Diambil angka keamanan 10%=1,1 x 4966 = 5462 kg/jam

4.5.5 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 1221 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih

terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.5.6 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik dipenuhi oleh PLN. Untuk penyedia listrik cadangan digunakan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting antara lain kompresor, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah:

Kapasitas : 400 kW

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang

selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan listrik PLN 100% tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

1. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 4.16 Kebutuhan listrik alat proses

Nama Alat	Power pompa
Pompa-01	0.33
CP-01	15
Pompa-02	0.05
Pompa-03	0.08
Total	15.16

Kebutuhan listrik untuk keperluan alat proses : 15.16 HP

Maka total power yang dibutuhkan : 11.4 kW

2. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.17 Kebutuhan listrik utilitas

Nama Alat	Power (HP)
PU-01	1.50
PU-02	0.50
PU-03	1.00
PU-04	0.50
PU-05	0.50
PU-06	0.50
PU-07	0.50
PU-08	0.50
PU-09	0.05
PU-10	0.05
TC	15.00
TK	0.05
CU	3.00
PU-11	0.05
PU-12	0.75
PU-13	0.50
PU-14	0.50
Total	24.95

Jumlah kebutuhan listrik utilitas 25 HP. Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas 40.24 HP. Angka keamanan diambil 10 % sehingga dibutuhkan 44.26 HP. Kebutuhan listrik alat instrumentasi dan kontrol diperkirakan sebesar 5 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas 3 HP.

Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan lainlain jumlah kebutuhan listrik untuk laboratorium, rumah tangga perkantoran dan lain-lain diperkirakan sebesar 25 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas 12 Hp. Total kebutuhan listrik pabrik ini sebesar 43 kW. Beban listrik dari generator diesel sebesar 215 kW dengan faktor beban 80%. Sehingga disediakan generator sebagai cadangan 400 kW.

4.5.7 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 40,32 m³/jam.

4.5.8 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar (*Industrial Diesel Oil*). Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada *boiler* adalah batu bara.

4.6 Bentuk Perusahaan

Pabrik Etil Klorida yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap

sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT atau korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Lapangan usaha lebih luas. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
8. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang - undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham - saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang pemburuhan.

4.6.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

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

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

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas.
2. Pendelegasian wewenang.
3. Pembagian tugas kerja yang jelas.
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan.
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

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

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

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

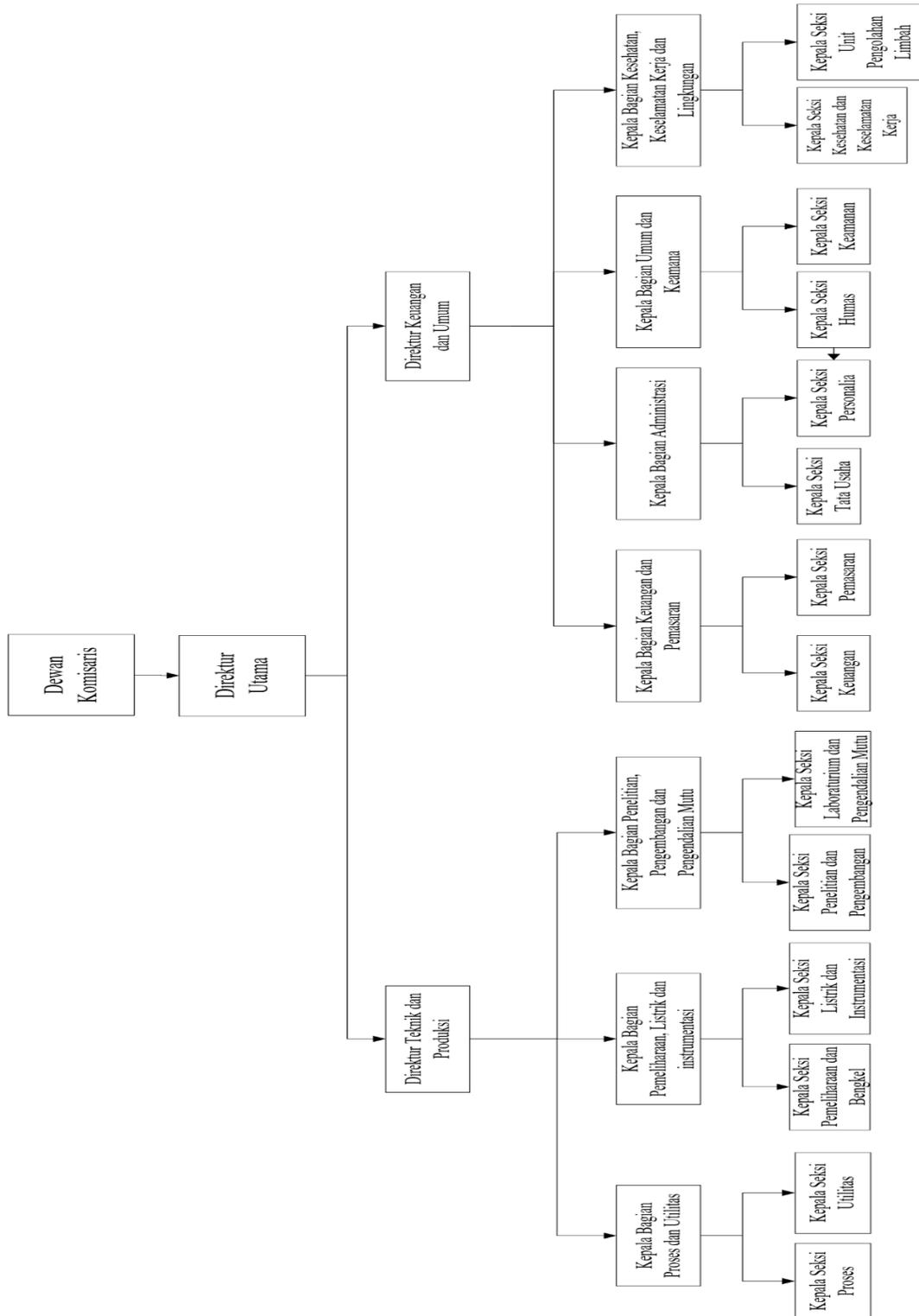
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan sedangkan Direktur

Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai 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 para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Etil Klorida dari Etilen dengan Hidrogen Klorida kapasitas 15.000 ton/tahun.



Gambar 4.5 Struktur organisasi perusahaan

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa perusahaan pada umumnya mempunyai struktur organisasi. Penyusunan struktur organisasi merupakan langkah awal dalam memulai pelaksanaan kegiatan perusahaan untuk melaksanakan fungsi perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengawasan.

4.6.1 Tugas dan Wewenang

A. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

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

B. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisarisakan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarah pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur.

3. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

C. Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

1. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
- b. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.
- b. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala kepala bagian yang menjadi bawahannya.

D. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

E. Kepala Bagian

1) Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala Bagian Produksi membawahi:

a. Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi :

1. Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
2. Mengawasi jalannya proses produksi.

b. Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian meliputi: Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

c. Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium meliputi:

1. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
2. Mengawasi dan menganalisa produk.
3. Mengawasi kualitas buangan pabrik.

2) Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

a. Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:

1. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan *table* pabrik.
2. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

b. Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas antara lain: Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.

3) Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran antara lain:

a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

a) Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain:

1. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
2. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

b) Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

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

4) Kepala Bagian Keuangan, Administrasi dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

a) Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan antara lain: menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

b) Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

1. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
2. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.

3. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

5) Seksi Humas

Tugas Seksi Humas antara lain: Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

6) Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan antara lain:

- a. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan
- b. Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan.
- c. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

7) Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

1. Seksi Penelitian
2. Seksi Pengembangan

F. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian

masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

G. Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

- a. Karyawan Tetap. Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- b. Karyawan Harian. Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.
- c. Karyawan Borongan. Karyawan yang digunakan oleh pabrik atau perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.7 Catatan

4.7.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

4.7.2 Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja sedangkan bagi karyawan shift hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

4.7.3 Kerja Lembur

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.7.4 Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1 setiap bulan. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

4.7.5 Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

a. Jam kerja karyawan non-shift. Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah : Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Senin – Kamis = Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat = Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

Sabtu dan Minggu libur

- b. Jam kerja karyawan shift. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam.

Karyawan *shift* dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

- a. Shift Pagi : 07.00 – 15.00
- b. Shift Sore : 15.00 – 23.00
- c. Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.18 sebagai berikut:

Tabel 4.18 Jadwal kerja masing-masing regu

	Tanggal													
Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	P	P	P		M	M	M		S	S	S		P	P
B	S	S		P	P	P		M	M	M		S	S	S
C	M		S	S	S		P	P	P		M	M	M	
D		M	M	M		S	S	S		P	P	P		M

Jadi untuk kelompok kerja shift pada hari ke 13, jam kerja shift kembali seperti hari pertama, maka waktu siklus selama 13 hari.

Keterangan :

P	<i>Shift pagi</i>
S	<i>Shift sore</i>
M	<i>Shift malam</i>
	Libur

A = Kelompok kerja I

B = Kelompok kerja II

C = Kelompok kerja III

D = Kelompok kerja IV

4.7.6 Penggolongan Jabatan dan Keahlian

A. Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMP. Perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4.19 Jabatan dan Keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur utama	S-1
Direktur	S-1

Tabel 4.19 Jabatan dan Keahlian (lanjutan)

Jabatan	Pendidikan
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Medis	D-3
Paramedis	D-3
Karyawan	SLTA
Satpam	SLTA
Sopir	SLTA
Cleaning Servis	SLTP

4.7.7 Penggolongan dan Gaji

Sistem gaji pada perusahaan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Gaji bulanan

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

2. Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji lembur

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

Penggolongan gaji menurut jabatan disajikan pada Tabel 4.20 berikut ini:

Tabel 4.20 Penggolongan gaji menurut jabatan

Jabatan	Jumlah	Gaji/orang/bulan	Gaji total/tahun
Direktur utama	1	35.000.000,00	540.000.000,00
Direktur	2	25.000.000,00	600.000.000,00
Kepala Bagian	8	16.000.000,00	1.536.000.000,00
Kepala Seksi	13	11.000.000,00	1.716.000.000,00
Staff Ahli	1	16.000.000,00	192.000.000,00
Sekretaris	5	6.500.000,00	390.000.000,00
Dokter	2	7.000.000,00	168.000.000,00
Parawat	4	4.500.000,00	216.000.000,00
Karyawan	86	7.000.000,00	7.224.000.000,00
Satpam	9	4.000.000,00	432.000.000,00
Sopir	10	3.600.000,00	432.000.000,00
Cleaning Servis	9	3.600.000,00	388.800.000,00
Operator	30	5.000.000,00	1.800.000.000,00

4.7.8 Kesejahteraan Karyawan

Salah satu faktor dalam meningkatkan efektifitas kerja pada perusahaan ini adalah kesejahteraan bagi karyawan. Kesejahteraan karyawan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain meliputi:

1. Tunjangan

- a. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
 - c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerjanya.
2. Cuti
- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
 - b. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
3. Pakaian kerja. Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.
- a. Pengobatan.
 - b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja ditanggung perusahaan.
 - c. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijakan perusahaan.

Jaminan Sosial Tenaga Kerja (Jamsostek). Asuransi tenaga kerja diberikan oleh perusahaan bila karyawannya lebih dari 10 orang.

4.2.9 Keselamatan Kerja

Dalam pra-rencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja harus diperhatikan. Kestinambungan suatu perusahaan dipengaruhi oleh keadaan karyawannya. Dengan adanya keselamatan kerja dari suatu perusahaan berarti adanya suatu usaha untuk menciptakan unjuk kerja yang aman, bebas

dari kecelakaan, kebakaran, dan hal lain yang membahayakan. Ruang lingkup bagian keselamatan kerja secara umum meliputi:

1. Mencegah dan mengurangi kecelakaan, kebakaran, bahaya bahan kimia, dan penyakit yang timbul akibat kerja.
2. Mengamankan alat-alat instalasi, alat-alat produksi, dan bahan-bahan produksi.
3. Menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman.

Jika kecelakaan kerja terjadi, maka hal ini dapat menimbulkan banyak kerugian, baik dari segi ekonomi maupun sosial. Usaha-usaha yang dilakukan untuk menjaga keselamatan kerja para karyawan dan pabrik itu sendiri antara lain:

1. Membina dan memberikan keterampilan serta latihan keselamatan kerja bagi karyawan.
2. Mengadakan pengawasan yang ketat bagi proses.
3. Memberikan sanksi bagi yang melanggar ketertiban.

Pencegahan yang disebabkan oleh kondisi yang berbahaya, diprioritaskan sesuai dengan tingkatan bahaya yang terjadi, menghilangkan sumber bahaya, mengendalikan bahaya, dan memakai pelindung diri. Bahaya kecelakaan yang dapat terjadi pada pabrik benzena ini adalah bahaya dari bahan kimia dan bahaya mekanis lainnya. Usaha-usaha dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya tindakan ataupun kondisi yang membahayakan, namun tentunya harus disertai kesadaran dan disiplin yang tinggi dalam upaya menciptakan keselamatan kerja.

4.7.10 Manajemen Produksi

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

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

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

1. Perencanaan Produksi.

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

a. Kemampuan Pasar. Dapat dibagi dua kemungkinan :

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

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

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

b. Kemampuan Pabrik. Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Material (Bahan Baku). Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.
- 2) Manusia (Tenaga Kerja). Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.
- 3) Mesin (Peralatan). Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

2. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan

proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut:

- a. Pengendalian kualitas. Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.
- b. Pengendalian kuantitas. Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.
- c. Pengendalian waktu. Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.
- d. Pengendalian bahan proses. Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat

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

Dalam evaluasi ekonomi ini factor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

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

A. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

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

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

Meliputi :

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

C. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

1. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
2. Biaya variabel (*Variable Cost*)

3. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Penaksiran Harga Peralatan

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

Pabrik etil klorida beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2023. Didalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2023, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.21 Harga indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1987	324	1
1988	343	2
1989	355	3
1990	356	4
1991	361.3	5
1992	358.2	6
1993	359.2	7
1994	368.1	8

Tabel 4.21 Harga indeks (lanjutan)

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1995	381.1	9
1996	381.7	10
1997	386.5	11
1998	389.5	12
1999	390.6	13
2000	394.1	14

(sumber : Chemical Engineering Progress, Juni 2000)

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$y = 7.302x - 14189$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2023 adalah 582,95.

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

$$Ex = \left(\frac{Nx}{Ny} \right) x Ey$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2018

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 2002 dan 2018)

Nx : Index harga pada tahun 2018

Ny : Index harga pada tahun referensi (1955, 1990,2002 dan 2018)

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Etil klorida	= 15.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umum pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2024
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp. 14.400
Harga Bahan Baku	= Rp. 1.475.369.000.000
Harga Jual	= Rp. 2.160.000.000.000

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

- a. *Fixed Capital Investment*. *Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.
- b. *Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.8.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

- a. *Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
- b. *Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
- c. *Fixed Cost* adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.8.3.3 *General Expense*

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

4.8.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.8.4.1 *Percent Return On Investment*

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

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

4.8.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah :

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

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

4.8.4.3 Break Even Point

Break Even Point (BEP) adalah :

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.8.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

- a. 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*).
- b. 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.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

4.8.4.5 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return(DCFR) adalah:

- a. 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.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR:

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow: profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.8.5 Hasil Perhitungan

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

Tabel 4.22 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 12.307.896.531	\$ 854.715
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 3.076.974.133	\$ 213.679
3	Instalasi cost	Rp 2.875.945.156	\$ 199.718
4	Pemipaan	Rp 2.316.448.693	\$ 160.864
5	Instrumentasi	Rp 1.577.974.901	\$ 109.582
6	Insulasi	Rp 481.204.566	\$ 33.417
7	Listrik	Rp 1.230.789.653	\$ 85.472
8	Bangunan	Rp 115.240.000.000	\$ 8.002.778
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 83.320.000.000	\$ 5.786.111
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 222.427.233.632	\$ 15.446.336

Tabel 4.23 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 44.485.446.726	\$ 3.089.267
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp 266.912.680.358	\$ 18.535.603

Tabel 4.24 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 266.912.680.358	\$ 18.535.603
2	Kontraktor	Rp 21.353.014.429	\$ 1.482.848
3	Biaya tak terduga	Rp 26.691.268.036	\$ 1.853.560
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 314.956.962.823	\$ 21.872.011

Tabel 4.25 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 1.475.369.867.492	\$ 102.456.241
2	<i>Labor</i>	Rp 15.514.800.000	\$ 1.077.417
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.551.480.000	\$ 107.742
4	<i>Maintenance</i>	Rp 6.299.139.256	\$ 437.440
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 944.870.888	\$ 65.616
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 21.600.000.000	\$ 1.500.000
7	<i>Utilities</i>	Rp 19.898.007.335	\$ 1.381.806
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp1.541.178.164.972	\$ 107.026.261

Tabel 4.26 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.327.220.000	\$ 161.613
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.551.480.000	\$ 107.742
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 13.187.580.000	\$ 915.804
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 108.000.000.000	\$ 7.500.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 125.066.288.000	\$ 8.685.000

Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 26.771.341.840	\$ 1.859.121
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 6.299.139.256	\$ 437.440
3	<i>Insurance</i>	Rp 3.149.569.628	\$ 218.720
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 36.220.050.725	\$ 2.515.281

Tabel 4.27 *Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 1.541.178.164.972	\$ 107.072.261
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 125.066.288.000	\$ 8.685.158
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 36.220.050.725	\$ 2.515.281
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp1.702.464.495.697	\$ 118.226.701

Tabel 4.28 *Working Capital (WC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 402.373.600.225	\$ 27.942.611
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 232.154.249.413	\$ 16.121.823
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 464.308.498.826	\$ 32.243.646
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 589.090.909.091	\$ 40.909.091
5	<i>Available Cash</i>	Rp 464.308.498.826	\$ 32.243.646
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp2.152.235.756.382	\$ 149.460.816

Tabel 4.29 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 51.073.934.871	\$ 3.546.801
2	<i>Sales expense</i>	Rp 85.123.224.785	\$ 5.911.335
3	<i>Research</i>	Rp 59.586.257.349	\$ 4.137.935
4	<i>Finance</i>	Rp 98.687.708.768	\$ 6.853.313
<i>General Expense (GE)</i>		Rp 294.471.125.773	\$ 20.449.384

Tabel 4.30 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1.702.464.495.697	\$ 118.226.701
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 294.471.125.773	\$ 20.449.384
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp1.996.935.621.470	\$ 138.676.085

Tabel 4.31 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 26.771.341.840	\$ 1.859.121
2	<i>Property taxes</i>	Rp 6.299.139.256	\$ 437.440
3	<i>Insurance</i>	Rp 3.149.569.628	\$ 218.720
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp 36.220.050.725	\$ 2.515.281

Tabel 4.32 *Variable Cost (Va)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 1.475.369.867.492	\$ 102.456.241
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 108.000.000.000	\$ 7.500.000
3	<i>Utilities</i>	Rp 19.898.007.335	\$ 1.381.806
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 21.600.000.000	\$ 1.500.000
Variable Cost (Va)		Rp1.624.867.874.827	\$ 112.838.047

Tabel 4.33 *Regulated Cost (Ra)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 15.514.800.000	\$ 1.077.417
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 13.187.580.000	\$ 915.804
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.327.220.000	\$ 161.613
4	<i>Supervision</i>	Rp 1.551.480.000	\$ 107.742
5	<i>Laboratory</i>	Rp 1.551.480.000	\$ 107.742
6	<i>Administration</i>	Rp 51.073.934.871	\$ 3.546.801
7	<i>Finance</i>	Rp 98.687.708.768	\$ 6.853.313
8	<i>Sales expense</i>	Rp 85.123.224.785	\$ 5.911.335
9	<i>Research</i>	Rp 59.586.257.349	\$ 4.137.935
10	<i>Maintenance</i>	Rp 6.299.139.256	\$ 437.440
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 944.870.888	\$ 65.616
Regulated Cost (Ra)		Rp 335.847.695.918	\$ 23.322.757

4.8.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk Etil klorida	= Rp. 141.500/kg
Annual Sales (Sa)	= Rp. 2.160.000.000.000
Total Cost	= Rp. 1.996.935.621.000
Keuntungan sebelum pajak	= Rp. 163.064.378.000
Pajak pendapatan	= 52% dari keuntungan
Keuntungan setelah pajak	= Rp. 81.532.189.000

4.8.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

A. Percent Return On Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 51.77 %

ROI setelah pajak = 25.89 %

B. Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 1.7 tahun

POT setelah pajak = 2.9 tahun

C. Break Even Point (BEP)

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

BEP = 45.65%

D. Shut Down Point (SDP)

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

SDP = 33.58 %

E. Discounted Cash Flow Rate

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 314.956.962.000

Working Capital = Rp. 2.152.235.765.000

Salvage Value (SV) = Rp. 26.771.341.000

Cash Flow (CF) = annual profit+depresiasi+finance

CF = Rp. 180.221.757.000

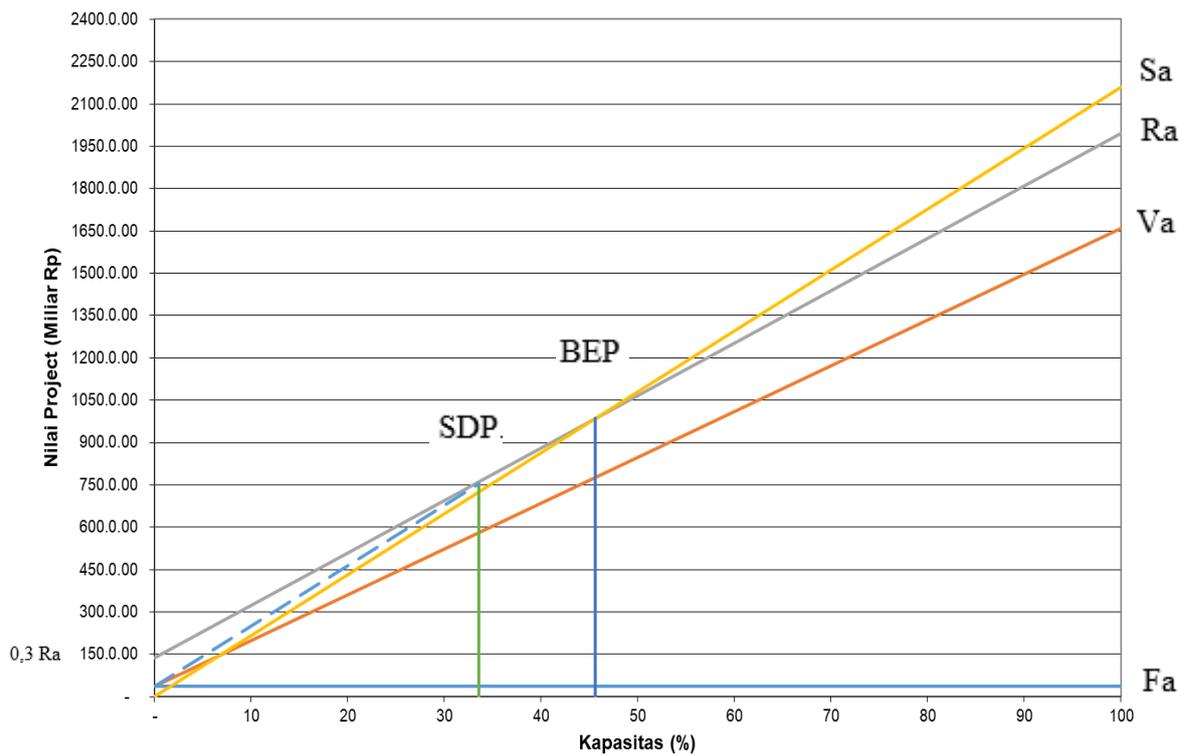
Discounted cash flow rate dihitung dengan cara trial & error dan diperoleh

$$i = 7.53 \%$$

4.8.8 Analisa Kelayakan Mengguankan Metode Grafik

Selain menggunakan metode perhitungan, penentuan BEP dan SDP juga dapat ditentukan menggunakan metode grafik dengan memasukan data F_a , V_a , R_a , dan S_a . Titik BEP berada pada perpotongan garis S_a dan R_a .

Untuk titik SDP memerlukan bantuan garis sejajar dengan S_a dimulai dari F_a . Perpotongan garis R_a dan garis bantu tersebut yang merupakan titik SDP. Seperti yang dilihat pada Gambar 4.6 didapatkan nilai BEP sebesar 45.65% dan SDP sebesar 33.58%.



Gambar 4.6 Hubungan kapasitas produksi terhadap nilai penjualan dan biaya-biaya produksi pabrik etil klorida

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik etil klorida dari etilen dan hidrogen klorida dengan kapasitas 37.000 ton/tahun dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi:

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik maka pabrik etil klorida dari etilen dan hidrogen klorida ini tergolong pabrik beresiko tinggi.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:

- a. Keuntungan yang diperoleh:

Keuntungan sebelum pajak Rp. 163.064.378.000/tahun dan keuntungan setelah pajak (52%) sebesar Rp. 81.532.189.000/tahun.

- b. *Return On Investment* (ROI):

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 51.77%, dan ROI setelah pajak sebesar 25.89%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi adalah diatas 44% (Aries & Newton, 1955).

- c. *Pay Out Time* (POT):

POT sebelum pajak selama 1.66 tahun dan POT setelah pajak selama 2.91 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

- d. *Break Event Point* (BEP) pada 45.65%, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 33.58%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%.

- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 7.53%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1.5 x suku bunga simpanan bank ($1,5 \times 4.75\% = 7.13\%$).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik etil klorida dari etilen dan hidrogen klorida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

6.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia memerlukan 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 ada agar berubah untuk lebih ramah lingkungan.
3. Pabrik etil klorida dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan permintaan etil klorida di masa mendatang.

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, 2009-2014, 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, Inc., 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.
- Evans, F.L., 1980, Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plant, Vol. 2, 2nd ed, Gulf Publishing Co., United States of America.
- Faith Keyes and Clark, 1975, "Industrial Chemical", 4th Edition, 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, Othmer., 1998, Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed, Vol. 1. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Levenspiel, O., 1972, Chemical Reaction Engineering, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Ludwig, E.E., 1964, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Gulf Publishing, Co., Houston

McCabe, 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

Powell, P.T., 1954, Water Conditioning for Industry, Mc Graw Hill, Inc., New York

Treyball, R.E., 1981, " Mass Transfer Operation ", 3rd Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Ulrich, G.G., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics, John Wiley and Sons, New York.

Walas, S.M., 1988, Chemical Process Equipment Selection and Design, 3rd ed, Butterworth, United States of America.

Yaws, C.L., 1999, Chemical Properties Handbook, Mc Graw Hill Company, Inc., New York.

<http://www.alibaba.com> untuk harga bahan dan produk

<http://www.matche.com> untuk harga alat

<http://www.pajak.go.id>

LAMPIRAN A

REAKTOR

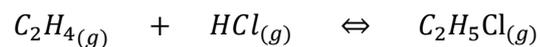
- Tugas : Tempat berlansung reaksi antara Etilen dan Hidrogen Korida
untuk membentuk Etil Klorida
- Jenis : Reaktor Fixed Bed Multitube
- Fase : Gas
- Tekanan : 28,2 atm
- Suhu : 200 °C
- Katalis : *Zirconium Oxychloride* (Thodos and Stutzman, 1958)

A. Uraian Proses

Reaksi antara Etilen dan Hdrogen Klorida menjadi Etil Klorida terjadi pada suhu 200-239 °C dengan katalis padat *Zirconium Oxychloride*. Reaksi terjadi pada permukaan padatan katalis sedangkan reaktan masuk reaktor pada fase gas. Kondisi operasi reaktor ini adalah non-adiabatis dan non-isotermal pada suhu gas 200-239°C dan tekanan 28,2 atm. Konversi reaktan menjadi Etil Klorida sebesar 90%.

B. Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi yang terjadi adalah:



A B C

Reaksi dengan katalis *Zirconium Oxychloride* ini mengikuti mekanisme Langmuir – Heinshelwood (Smith, 1981). Reaksi pembentukan Etil Klorida dirumuskan sebagai berikut:

$$r_A = \frac{k \cdot (P_A \cdot P_B - P_C/K)}{(1 + K_A \cdot P_A + K_B \cdot P_B + K_C \cdot P_C + K_I \cdot P_I)^2}$$

dengan :

- r_A = kecepatan reaksi ,lbmol/jam/lb.kat
- P_A = tekanan parsial etilen,atm
- P_B = tekanan parsial hydrogen klorid,atm
- P_C = tekanan parsial etil klorid,atm
- T = suhu katalisator,K
- k = konstanta kecepatan reaksi, lbmol/jam/lb.kat/atm²
- K = konstanta kesetimbangan reaksi, atm⁻¹
- K_A = konstanta kesetimbangan adsorpsi etilen, atm⁻¹
- K_B = konstanta kesetimbangan adsorpsi hidrogen klorid, atm⁻¹
- K_C = konstanta kesetimbangan adsorpsi etil klorid, atm⁻¹
- K_I = konstanta kesetimbangan adsorpsi *inert*, atm⁻¹

Harga – harga tersebut berdasarkan eksperimen Thodoz dan Stutzman yang dikutip Walas dalam buku *Reaction Kinetics for Chemical Engineers* edisi Internasional halaman 175 – 176 merupakan fungsi suhu:

$$\ln K = \frac{a}{T} + b$$

dengan suhu dalam R, harga – harga a dan b tercantum dalam tabel:

Tabel A.1 Data kinetika

	K	K _A	K _B	K _I
A	-11778	-7026	-8037	-2829
B	15,211	10,108	11,456	3,833

	K _C	K
A	-5060	+2925
B	7,809	-4,96

C. Menghitung Neraca Massa pada Reaktor

Waktu operasi = 330 hari/tahun

Kapasitas = 15.000 ton/tahun

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25000}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 1893,9394 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel A-2 Neraca massa

Komponen	Input		output	
	kmol/h	kg/h	kmol/h	kg/h
C ₂ H ₄	34.2	958.96	3.424856037	95.89597
C ₂ H ₆	0.5	15.65	0.5	15.64655
C ₂ H ₅ Cl	0	0.00	30.82370434	1988.129
HCl	68.8	2512.84	38.02111753	1387.771
H ₂ O	0.7	12.52	0.7	12.51724
Total	104.3103	3499.9595	73.48663183	3499.96

D. Menghitung Neraca Panas pada Reaktor

Menghitung panas reaksi

$$Q = \Delta H^{\circ}R + \Delta H_{R298 K} + \Delta H^{\circ}P$$

Keterangan:

Q = panas reaksi total

 $\Delta H^{\circ}R$ = panas gas masuk reaktor $\Delta H^{\circ}P$ = panas gas keluar reaktor $\Delta H_{R^{\circ}298}$ = panas reaksi standar pada 298 K

Tabel A-3 Data panas pembentukan

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)
C ₂ H ₄	52.3	52300
C ₂ H ₆	-84.68	-84680
C ₂ H ₅ Cl	-111.17	-111170
HCl	-92.3	-92300
H ₂ O	-241.8	-241800

$$\begin{aligned} \Delta H_{R^{\circ}298} &= \Delta H^{\circ}P - \Delta H^{\circ}R \\ &= \Delta H_f \text{ C}_2\text{H}_5\text{Cl} - (\Delta H_f \text{ C}_2\text{H}_4 + \Delta H_f \text{ HCl}) \\ &= -111170 - (52300 + (-92300)) \\ &= -71170 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

 $\Delta H_{R^{\circ}298}$ bernilai negatif sehingga reaksi ini bersifat eksotermis

Q yang diperoleh sebesar 34365887.2914 kJ/jam

D. Menentukan Jenis Reaktor

Dipilih reaktor jenis *fixed bed multitube* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Reaksi yang berlangsung adalah fase gas dengan katalis padat.
2. Menggunakan katalis yang dapat digunakan berulang-ulang.
3. *Pressure Drop* gas pada *fixed bed* lebih kecil dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed*.
4. Kehilangan katalis termasuk kecil jika dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed*.
5. Tidak perlu pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
6. Konstruksi reaktor lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed* sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatannya relatif murah.

(Charles G Hill, p 425-431)

E. Menentukan Kondisi Umpan

Kondisi campuran gas yang bereaksi di dalam reaktor setiap saat mengalami perubahan untuk tiap increment panjang reaktor. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kondisi campuran gas tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menghitung berat molekul umpan

Berat molekul umpan merupakan berat molekul campuran gas yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$BM \text{ campuran} = \sum (B_{mi} \cdot y_i)$$

B_{Mi} = berat molekul Komponen i, kg/kmol

y_i = fraksi mol gas i

Tabel A-4 Berat molekul campuran

Komponen	B _{Mi}	Massa	Mol	y_i	y_i.B_{Mi}
	(kg/kmol)	(kg/jam)	(kmol/jam)		
C ₂ H ₄	28.00	958.9597	34.2486	0.3283	9.1933
C ₂ H ₆	30.00	15.6466	0.5216	0.0050	0.1500
C ₂ H ₅ Cl	64.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HCl	36.50	2512.8360	68.8448	0.6600	24.0900
H ₂ O	18.00	12.5172	0.6954	0.0067	0.1200
Total		3499.9595	104.3103	1.0000	33.5533

Diperoleh B_{m,avg} umpan = 33,5533 kg/kmol

2. Menghitung volume dan densitas gas masuk reaktor

$$PV = nRT$$

$$n = 104.3103 \text{ kmol/jam}$$

$$R = 82.0567 \text{ atm.cm}^3/\text{mol.K}$$

$$T = 473 \text{ K}$$

$$P = 28.2 \text{ Atm}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = 39879,612 \text{ cm}^3/\text{detik}$$

$$\rho = \frac{P.BM}{R.T} = 0,0243 \text{ g/cm}^3$$

3. Menghitung viskositas

Untuk menghitung viskositas umpan digunakan persamaan yang

diperoleh dari Yaws, 1999, yaitu $\mu_i = A + BT + CT^2$

Tabel A-5 Data viskositas

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	-3.985	3.8726E-01	-1.1227E-04
HCl	-9.118	5.5500E-01	-1.1100E-04
C ₂ H ₅ Cl	0.458	3.2827E-01	-1.2467E-05
C ₂ H ₆	0.514	3.3449E-01	-7.1071E-05
H ₂ O	-36.826	4.2900E-01	-1.6200E-05

Tabel A-6 Viskositas campuran

Komponen	y _i	η _{gas}	y _i ·μ _{gas}
		mikropoise	(kg/s.m)
C ₂ H ₄	0.3283	1.5407E+02	5.05866E-06
HCl	0.6600	2.2856E+02	1.50852E-05
C ₂ H ₅ Cl	0.0000	1.5294E+02	0
C ₂ H ₆	0.0050	1.4283E+02	7.14136E-08
H ₂ O	0.0067	1.6247E+02	1.08311E-07
TOTAL	1.0000	8.4087E+02	2.03236E-05

$$\mu \text{ campuran} = 0,0000203 \text{ kg/m.s}$$

4. Menghitung konduktivitas panas umpan

K dihitung menggunakan persamaan dari Yaws, 1999, yaitu

$$K_G = A + BT + CT^2$$

K_G = konduktivitas gas, W/m.K

T = Suhu umpan, K

Tabel A-7 Data konduktivitas

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	0.0012	3.6219E-05	1.2459E-07
HCl	0.0011	4.4775E-05	-8.5887E-09
C ₂ H ₅ Cl	-0.0029	3.1284E-05	5.5316E-08
C ₂ H ₆	-0.0193	1.2547E-04	3.8298E-04
H ₂ O	0.0005	4.7093E-05	4.9551E-08

Tabel A-8 Konduktivitas campuran

Komponen	y _i	k _{gas}	y _i .k _{gas}
		W/m.K	W/m.K
C ₂ H ₄	0.3283	4.6236E-02	0.0152
HCl	0.6600	2.0357E-02	0.0134
C ₂ H ₅ Cl	0.0000	2.4263E-02	0.0000
C ₂ H ₆	0.0050	8.5724E+01	0.4286
H ₂ O	0.0067	3.3861E-02	0.0002
TOTAL	1.0000	85.8485	0.4575

$$k \text{ campran} = \begin{matrix} 0.4575 & \text{W/m.K} \\ 1.646859943 & \text{kJ/jam.m.K} \end{matrix}$$

F. Menentukan Jenis dan Ukuran Tube

Dari hasil perhitungan, maka dipilih ukuran pipa standart :

Ukuran tube ditentukan dengan cara memilih pada table 10, Appendix D.Q Kern

halaman 843 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Ukuran pipa (IPS)	1	in	2.54	cm
OD	1.32	in	3.3528	cm
ID	1.049	in	2.6645	cm
Flow area per pipe	0.864	in ²	5.5742	cm ²
Schedule number	40			
Surface per lin ft	0.344	ft ² /ft	0.274	ft ² /ft

Menghitung kecepatan massa per satuan luas tube

$$G_s = 6601971,68 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$Re \text{ tube} = 4200$$

$$G_t = 14517,7359 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam}$$

Mencari luas penampang total (A_T) Dan jumlah tube

$$A_T = 0,2411 \text{ m}^2$$

$$N_T = 430 \text{ buah}$$

G. Menentukan diameter shell

Menghitung bilangan Reynold di shell (Res)

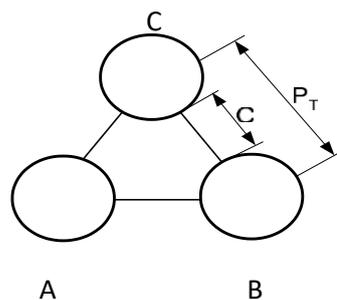
IDs	= diameter dalam shell	=	35,9370	in
B	= baffle spacing (0.25*IDs) kern,1965	=	8,9843	in
PT	= pitch tube	=	1,65	in
C'	= jarak antar tube (clearance)	=	2,8710	in
Ws	= laju aliran pemanas	=	16550,6654	kg/jam

H. Menentukan susunan tube

Direncanakan tube disusun dengan pola triangular pitch, dengan alasan :

1. Turbulensi yang terjadi pada susunan segitiga sama sisi lebih besar dibandingkan dengan susunan bujur sangkar, karena fluida yang mengalir di antara pipa yang letaknya berdekatan akan langsung menumbuk pipa yang terletak pada deretan berikutnya.
2. Koefisien perpindahan panas konveksi (h) pada susunan segitiga 25% lebih tinggi dibandingkan dengan fluida yang mengalir dalam shell pada susunan segi empat.

(Agra, S.W.,Perpindahan Panas, p 7-73)



Susunan tube = Triangular

Pitch tube (PT) = $1.25 \times \text{ODt}$ = 1.6500 in

Clearance (C') = $\text{PT} - \text{Odt}$ = 2.8710 in

untuk menghitung diameter shell, dicari luas penampang shell total (A_{total})

luas shell = $\frac{\text{Luas}}{\text{segitiga}}$

$$\frac{\pi}{4} \times ID_s^2 = 2 \cdot N_t \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot \sin 60 \right)$$

$$\frac{\pi}{4} \times ID_s^2 = 2 \cdot N_t \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot 0,866 \right)$$

$$\text{Jadi : } ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$= 91.2801 \text{ cm}$$

$$= 35.9370 \text{ in}$$

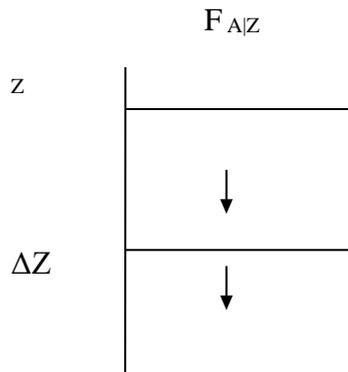
$$= 0.9128 \text{ m}$$

Menentukan jumlah pendingin yang dibutuhkan

Jenis : Dowterm A

$$W_p = \frac{Q_h}{\lambda_{steam}} = 16550,6654 \text{ kg/jam}$$

Penyusunan Model Matematis



Rate of in – out – reaksi = acc

$$F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z} - r \cdot \Delta W = 0$$

$$F_{A|Z} - F_{A|Z+\Delta Z} = r \cdot \Delta V \cdot \rho_b$$

$$F_{A|Z+\Delta Z} - F_{A|Z} = -r \cdot A \cdot \Delta Z \cdot \rho_b$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_{A|Z+\Delta Z} - F_{A|Z}}{\Delta Z} = -r \cdot \frac{\pi}{4} \cdot IDT^2 \cdot \rho_b$$

$$\frac{dF_A}{dZ} = -r \cdot \frac{\pi}{4} \cdot IDT^2 \cdot \rho_b$$

$$-F_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dZ} = -r \cdot \frac{\pi}{4} \cdot IDT^2 \cdot \rho_b$$

$$\frac{dX_A}{dZ} = \frac{r \cdot \pi \cdot IDT^2 \cdot \rho_b}{4 \cdot F_{A0}}$$

Persamaan neraca massa pada elemen volume:

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \cdot \rho_B \cdot \frac{\pi}{4} \cdot ID^2}{F_{A0}}$$

Persamaan neraca panas pada elemen volume :

$$\frac{dT}{dz} = \frac{F_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dz} \cdot (-\Delta HR) - UD \cdot \pi \cdot OD \cdot Nt \cdot (T - T_s)}{\sum (F_i \cdot C_{pi})}$$

Persamaan neraca panas pendingin :

$$\frac{dT_s}{\Delta z} = \frac{UD \cdot \pi \cdot OD \cdot Nt \cdot (T - T_s)}{W_s \cdot C_p}$$

Persamaan pressure drop

$$\frac{dP}{dz} = \frac{Gt}{IDt \cdot \rho} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \left[\frac{150(1 - \varepsilon)}{Dp \cdot \frac{Gt}{\mu_{camp}}} + 1.75 \right]$$

Tabel A-9 Data iterasi

Δz	0.200						
z (m)	x1	T (K)	Ts (K)	dx/dz	dt/dz	dt _s /dz	dp/dz
0	0	473.0000	430.0000	0.4202	18.3059	31.2194	-0.000000000055
	0.0420	474.8306	433.1219	0.4234	18.4762	30.1576	-0.000000000055
	0.0844	476.6782	436.1377	0.4242	18.5300	29.1972	-0.000000000055
	0.1268	478.5312	439.0574	0.4224	18.4605	28.3208	-0.000000000055
0.2	0.0846	476.6926	435.9417	0.4243	18.5279	29.3564	-0.000000000055
	0.1270	478.5454	438.8773	0.4224	18.4576	28.4669	-0.000000000055
	0.1693	480.3912	441.7240	0.4179	18.2617	27.6459	-0.000000000056
	0.2111	482.2174	444.4886	0.4108	17.9435	26.8784	-0.000000000056
0.4	0.1685	480.3563	441.5570	0.4180	18.2643	27.7464	-0.000000000056
	0.2103	482.1827	444.3316	0.4109	17.9485	26.9710	-0.000000000056
	0.2514	483.9776	447.0287	0.4014	17.5184	26.2365	-0.000000000056
	0.2915	485.7294	449.6524	0.3896	16.9869	25.5310	-0.000000000056
0.6	0.2495	483.8958	446.8801	0.4018	17.5378	26.2890	-0.000000000056
	0.2897	485.6496	449.5090	0.3902	17.0107	25.5807	-0.000000000056
	0.3287	487.3506	452.0671	0.3766	16.3974	24.8922	-0.000000000057
	0.3664	488.9904	454.5563	0.3616	15.7160	24.2156	-0.000000000057
0.8	0.3261	487.2315	451.9284	0.3775	16.4404	24.9103	-0.000000000056
	0.3639	488.8755	454.4195	0.3626	15.7633	24.2352	-0.000000000057
	0.4001	490.4518	456.8430	0.3465	15.0354	23.5663	-0.000000000057
	0.4348	491.9554	459.1996	0.3297	14.2748	22.8994	-0.000000000057
1	0.3969	490.3086	456.7089	0.3479	15.1013	23.5640	-0.000000000057
	0.4317	491.8187	459.0653	0.3311	14.3431	22.9017	-0.000000000057
	0.4648	493.2530	461.3554	0.3139	13.5673	22.2385	-0.000000000057
	0.4962	494.6097	463.5793	0.2966	12.7884	21.5732	-0.000000000057
1.2	0.4614	493.0989	461.2228	0.3157	13.6498	22.2273	-0.000000000057
	0.4930	494.4639	463.4455	0.2984	12.8709	21.5684	-0.000000000057
	0.5228	495.7510	465.6024	0.2813	12.0998	20.9067	-0.000000000057
	0.5510	496.9610	467.6930	0.2645	11.3466	20.2426	-0.000000000058

Tabel A-9 Data iterasi (lanjutan)

Δz	0.200						
z (m)	x1	T (K)	Ts (K)	dx/dz	dt/dz	dts/dz	dp/dz
1.4	0.5194	495.5968	465.4701	0.2832	12.1909	20.8950	-0.0000000000057
	0.5477	496.8159	467.5596	0.2664	11.4353	20.2380	-0.0000000000058
	0.5744	497.9594	469.5834	0.2500	10.7042	19.5792	-0.0000000000058
	0.5994	499.0299	471.5413	0.2343	10.0032	18.9204	-0.0000000000058
1.6	0.5711	497.8126	469.4518	0.2520	10.7966	19.5720	-0.0000000000058
	0.5963	498.8923	471.4090	0.2362	10.0916	18.9199	-0.0000000000058
	0.6199	499.9014	473.3010	0.2212	9.4201	18.2689	-0.0000000000058
	0.6420	500.8434	475.1278	0.2068	8.7844	17.6210	-0.0000000000058
1.8	0.6169	499.7661	473.1708	0.2231	9.5087	18.2683	-0.0000000000058
	0.6392	500.7169	474.9976	0.2087	8.8681	17.6264	-0.0000000000058
	0.6601	501.6038	476.7603	0.1950	8.2644	16.9889	-0.0000000000058
	0.6796	502.4302	478.4592	0.1822	7.6976	16.3577	-0.0000000000058
2	0.6573	501.4818	476.6327	0.1968	8.3460	16.9954	-0.0000000000058
	0.6770	502.3164	478.3322	0.1839	7.7742	16.3693	-0.0000000000058
	0.6954	503.0938	479.9692	0.1717	7.2390	15.7507	-0.0000000000058
	0.7126	503.8177	481.5442	0.1603	6.7394	15.1414	-0.0000000000058
2.2	0.6929	502.9855	479.8452	0.1733	7.3123	15.7637	-0.0000000000058
	0.7103	503.7168	481.4216	0.1619	6.8078	15.1584	-0.0000000000058
	0.7264	504.3975	482.9375	0.1511	6.3377	14.5634	-0.0000000000058
	0.7416	505.0313	484.3938	0.1411	5.9003	13.9801	-0.0000000000059
2.4	0.7243	504.3023	482.8182	0.1525	6.4024	14.5819	-0.0000000000058
	0.7395	504.9426	484.2763	0.1424	5.9605	14.0015	-0.0000000000059
	0.7538	505.5386	485.6765	0.1330	5.5498	13.4336	-0.0000000000059
	0.7671	506.0936	487.0198	0.1242	5.1684	12.8791	-0.0000000000059
2.6	0.7519	505.4554	485.5625	0.1343	5.6063	13.4562	-0.0000000000059
	0.7653	506.0160	486.9081	0.1254	5.2209	12.9039	-0.0000000000059
	0.7778	506.5381	488.1985	0.1171	4.8632	12.3655	-0.0000000000059
	0.7895	507.0244	489.4351	0.1094	4.5314	11.8417	-0.0000000000059
2.8	0.7761	506.4656	488.0904	0.1182	4.9123	12.3911	-0.0000000000059
	0.7880	506.9568	489.3295	0.1105	4.5769	11.8688	-0.0000000000059
	0.7990	507.4145	490.5164	0.1032	4.2659	11.3613	-0.0000000000059
	0.8093	507.8411	491.6525	0.0965	3.9774	10.8691	-0.0000000000059

Tabel A-9 Data iterasi (lanjutan)

Δz	0.200						
z (m)	x1	T (K)	Ts (K)	dx/dz	dt/dz	dts/dz	dp/dz
	0.7880	506.9568	489.3295	0.1105	4.5769	11.8688	-0.0000000000059
	0.7990	507.4145	490.5164	0.1032	4.2659	11.3613	-0.0000000000059
	0.8093	507.8411	491.6525	0.0965	3.9774	10.8691	-0.0000000000059
3	0.7976	507.3514	490.4144	0.1042	4.3082	11.3889	-0.0000000000059
	0.8080	507.7822	491.5533	0.0974	4.0167	10.8976	-0.0000000000059
	0.8177	508.1839	492.6431	0.0911	3.7463	10.4217	-0.0000000000059
	0.8268	508.5585	493.6852	0.0852	3.4955	9.9614	-0.0000000000059
3.2	0.8164	508.1291	492.5474	0.0919	3.7828	10.4503	-0.0000000000059
	0.8256	508.5073	493.5924	0.0860	3.5294	9.9904	-0.0000000000059
	0.8342	508.8603	494.5914	0.0805	3.2942	9.5460	-0.0000000000059
	0.8423	509.1897	495.5460	0.0753	3.0759	9.1172	-0.0000000000059
3.4	0.8331	508.8126	494.5020	0.0812	3.3257	9.5749	-0.0000000000059
	0.8412	509.1452	495.4595	0.0760	3.1051	9.1462	-0.0000000000059
	0.8488	509.4557	496.3742	0.0711	2.9004	8.7327	-0.0000000000059
	0.8559	509.7457	497.2474	0.0666	2.7102	8.3346	-0.0000000000059
3.6	0.8478	509.4142	496.2910	0.0718	2.9275	8.7614	-0.0000000000059
	0.8550	509.7069	497.1671	0.0672	2.7354	8.3631	-0.0000000000059
	0.8617	509.9805	498.0034	0.0630	2.5569	7.9797	-0.0000000000059
	0.8680	510.2362	498.8014	0.0590	2.3910	7.6110	-0.0000000000059
3.8	0.8609	509.9443	497.9262	0.0635	2.5804	8.0077	-0.0000000000059
	0.8672	510.2023	498.7270	0.0595	2.4128	7.6387	-0.0000000000059
	0.8732	510.4436	499.4909	0.0558	2.2570	7.2841	-0.0000000000059
	0.8788	510.6693	500.2193	0.0523	2.1120	6.9436	-0.0000000000059
4	0.8724	510.4120	499.4195	0.0563	2.2772	7.3112	-0.0000000000059
	0.8781	510.6397	500.1506	0.0528	2.1308	6.9702	-0.0000000000059
	0.8833	510.8528	500.8476	0.0495	1.9945	6.6431	-0.0000000000059
	0.8883	511.0523	501.5119	0.0465	1.8676	6.3293	-0.0000000000059

Tabel A-9 Data iterasi (lanjutan)

Δz	0.200						
z (m)	x1	T (K)	Ts (K)	dx/dz	dt/dz	dts/dz	dp/dz
4.2	0.8827	510.8252	500.7817	0.0499	2.0121	6.6690	-0.0000000000059
	0.8877	511.0264	501.4486	0.0468	1.8840	6.3547	-0.0000000000059
	0.8923	511.2148	502.0841	0.0440	1.7646	6.0534	-0.0000000000059
	0.8967	511.3913	502.6894	0.0413	1.6533	5.7649	-0.0000000000059
4.4	0.8918	511.1906	502.0234	0.0443	1.7799	6.0781	-0.0000000000059
	0.8962	511.3686	502.6312	0.0416	1.6676	5.7888	-0.0000000000059
	0.9004	511.5354	503.2100	0.0391	1.5628	5.5119	-0.0000000000059
	0.9043	511.6916	503.7612	0.0367	1.4651	5.2470	-0.0000000000059

Resume :

$$\text{konversi (X)} = 0.90$$

$$\text{suhu gas masuk (T}_{in}\text{)} = 473 \text{ K} = 200 \text{ C} = 392 \text{ F}$$

$$\text{suhu gas keluar (T}_{out}\text{)} = 512 \text{ K} = 239 \text{ C} = 461 \text{ F}$$

$$Z \text{ (panjang pipa tube)} = 4.40 \text{ m} = 173.2283 \text{ in}$$

$$\text{tekanan masuk (P}_{in}\text{)} = 28.2 \text{ atm}$$

$$\text{tekanan keluar (P}_{out}\text{)} = 28.2 \text{ atm}$$

$$\text{diameter shell (IDS)} = 0.91 \text{ m} = 35.9370 \text{ in}$$

$$\text{suhu pendingin keluar (T}_{s \text{ in}}\text{)} = 503 \text{ K} = 230 \text{ C} = 446.4 \text{ F}$$

$$\text{suhu pendingin masuk (T}_{s \text{ out}}\text{)} = 430 \text{ K} = 157 \text{ C} = 314.6 \text{ F}$$

Persamaan-persamaan diferensial diatas diselesaikan secara simultan menggunakan metode Runge Kutta orde 4. Perhitungan dihentikan ketika konversi sudah mencapai 90%.

Mechanical Design

1. Tube

	IPS =	1.00	In
	OD =	1.32	in
	Sc. Number =	40	
	ID =	1.049	in
	Flow area per pipe =	0.864	in ²
	Surface per lin ft :		
	Outside =	0.344	ft ² /ft
	Inside =	0.274	ft ² /ft
	Weight per lin ft =	1.68	lb steel
	Panjang pipa =	173.2283	in
	Susunan pipa =	Triangular pitch	
	Jumlah pipa =	430	buah
	Pitch (jarak antara 2 pusat pipa) =	1.65	in
	Clearance (jarak antara 2 pipa) =	2.8710	in
Cek SC yang dipilih :	IDt =	1.0490	in
untuk Sc number 40	Odt =	1.3200	in
	ketebalan =	0.1355	in
Tebal tube	=	0,14344	in
Tebal standar	=	1,500	in

$$TebalTube = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C$$

Dari table 13.1, halaman 251 Brownell, 1959 diperoleh

Tekanan yang diijinkan (f) = 12650 psi

Efficiency pengelasan (E) = 0.8 (double welded butt joint, table 13.2 Brownell)

Faktor korosi (c) = 0.125 in

2. Shell

- a. Tekanan design (maksimal over design 20%)

Tekanan operasi = 28,2 atm

= 414,5 psi

Tekanan design = 497,4 psi

- b. Bahan konstruksi shell

Dipilih material Carbon steel SA 167 C (Brownell, table 13.1 halaman 253)

Peritimbangan karena suhu operasi 200°C

- c. Tebal dinding shell

Tebal dinding shell dihitung dengan persamaan:

$$ts = \frac{Pxr}{fxE - 0.6P} + c$$

Dimana :

Ts = tebal dinding shell (in)

P = tekanan design (psi)

$r = (IDs/2) =$ radius dalam shell (in)

E = efisiensi sambungan

f = allowable working stress (psi)

c = faktor korosi (in)

Tebal shell (ts) = 0.7566 in

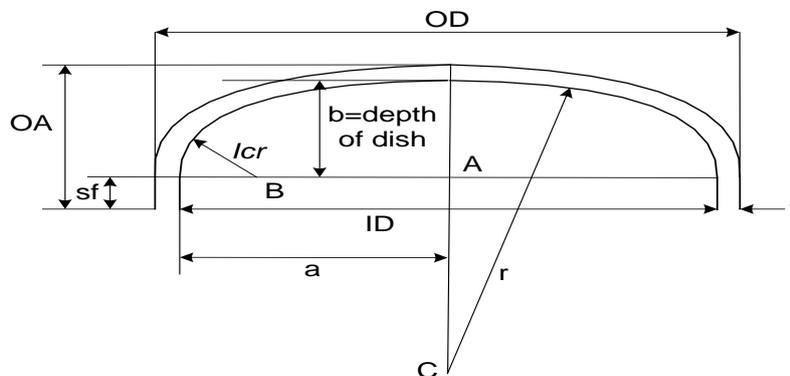
Dipilih tebal dinding standar = 0.875 inc = 0.875 in

$$\text{ODs} = \text{IDs} + 2 (\text{tebal shell}) = 37.4370 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 Brownell, 1959 dipilih OD standar 42 in

3. Head Reaktor

- a. Bentuk head: elliptical, digunakan untuk tekann operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis (Coulson P.818). Digunakan untuk vessel dengan tekanan 15-200 psig (Brownell and Young,1959)



- b. Bahan Konstruksi Head

Dipilih material Carbon Steel SA 167 Grade C, pertimbangannya adalah reaktor tidak berisi gas beracun, dan suhu operasi antara -20 sampai dengan 650°F .

- c. Tebal Head (tH)

Untuk *elipstical dished head*, tebal head dihitung dengan persamaan 13.1

(Brownell and Young, 1959)

$$tH = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2 P} + c$$

Dimana :

P = Tekanan Perancangan, Psi f = Tekanan maksimum

yang diijinkan pada bahan, psi

C = *Joint efficiency*, in

E = *Corrosion Allowance*, in

Dipilih material Stainless steel SA 167 grade C dari table table 13.1, P. 251

Brownell

Tekanan yang diijinkan (f) = 12650 psi

Efficiency pengelasan (E) = 0.8 (double welded butt joint, table 13.2

Brownell

Faktor korosi (c) = 0.125 in

Tebal head reaktor = 0.7457 in

Dipilih tebal head standar = 0.75 in

d. Tinggi Head (hH)

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88 dengan th 0,75 in didapat sf = 1.5 - 3.5 in
perancangan digunakan sf = 2 in

$$\begin{aligned}
 \mathbf{hH} &= \mathbf{th + b + sf} \\
 &= 8.6654 \quad \text{in} \\
 &= 0.7221 \quad \text{ft} \\
 &= 0.2201 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

e. Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned}
 \mathbf{HR} &= \mathbf{Panjang\ tube + top\ tinggi\ head} \\
 &= 181.8938 \quad \text{in} \\
 &= 15.1578 \quad \text{ft} \\
 &= 4.6201 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

f. Volume Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Volume head (VH)} &= 0.000049 \times \text{IDs}^3 \dots \text{ (Eq 5.11, halaman 88 Brownell 1959)} \\
 &= 0.2201 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bed} = 2.52 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total reaktor (VR)}$$

$$\text{Volume total reaktor} = \text{Volume bed} + 2 \times \text{Volume head}$$

$$\text{Volume total reaktor} = 2.59 \text{ m}^3$$

g. Diameter

Direncanakan diameter pipa masuk dan keluar sama, karena debit aliran sama

$$\text{Umpan masuk} = 0.97 \text{ kg/detik}$$

$$\rho_{\text{avg}} = 24.37 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Diameter Optimum} = 226 G^{0.5} \rho^{-0.35}$$

$$= 28.69 \text{ in}$$

Diamter standar yang dipakai :

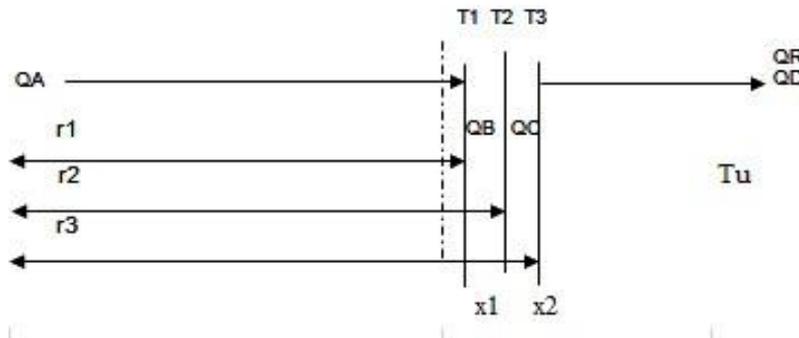
$$\text{OD} = 30 \text{ in}$$

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

h. Isolator

Asumsi ;

1. Keadaan steady state
2. Suhu udara luar 30 °C
3. Suhu dingin luar isolator 50 °C



Gambar

r_1 = jari jari dalam shell

r_2 = jari jari luar shell

r_3 = jari jari luar setelah diisolasi

x_1 = tebal dinding shell

x_2 = tebal isolator

T_1 = suhu dinding dalam shell = 238.5354 °C = 511.5354 K

T_2 = suhu dinding luar shell

T_3 = suhu dinding isolator shell = 50 °C = 323 K

T_4 = suhu udara luar = 30 °C = 303 K

Q_A = konveksi bahan ke dinding shell

Q_B = konduksi dalam shell keluar shell

Q_C = konduksi luar shell ke permukaan luar isolator

Q_D = konveksi dan radiasi permukaan luar isolator ke udara

keadaan steady state $Q_A = Q_B = Q_C = (Q_D + Q_R)$

$r_3 = r_2 + x$

r_1 17.9685 in = 0.4564 m

$$\begin{aligned}
 r_2 &= 21 \text{ in} = 0.5334 \text{ m} \\
 L &= 4.4 \text{ m} = 4.4000 \text{ m} \\
 &= 14.432 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Konduksi

$$Q_B = (2 \cdot \pi \cdot k_s \cdot L) \cdot (T_1 - T_2) / \ln(r_2/r_1) = 7550.5476 \times (T_1 - T_2) \quad (1)$$

$$Q_C = (2 \cdot \pi \cdot k_{is} \cdot L) \cdot (T_2 - T_3) / \ln(r_3/r_2) = 2.3814 \times (T_2 - T_3) / \ln(0,6858+x/0,6858) \quad (2)$$

Konveksi

Bil Gr pada L=

$$Gr = 2.5290E+10$$

$$Gr.Pr = 1.7144E+10 \text{ turbulen}$$

$$h = 1.31 * (\Delta T)^{1/3}$$

$$hc = 3.5559 \text{ W/m.C}$$

$$Q_D = hc \cdot A \cdot (T_3 - T_4) = 1965.1254 \times (0,6858 + x) \quad (3)$$

$$Q_D = hc \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot (T_3 - T_4)$$

Radiasi

$$Q_R = \epsilon \cdot \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot ((T_3^4) - (T_u^4))$$

(4)

$$Q_R = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot ((T_3^4) - (T_u^4)) = 3692.8025 \times (0,6858 + x)$$

kemudian ditrial dengan menggunakan persamaan a,b,c dan d sehingga didapat :

$$T_2 = 490.60 \text{ K}$$

$$X = 0.2619 \text{ m}$$

Sehingga :

$$Q_D = 1562.8706$$

$$Q_R = 2936.8977$$

$$Q_C = 1417.4850$$

$$Q_B = 158040.5$$

$$Q_D + Q_R = 4499.7683$$

Jadi tebal isolasi : $x = 26.19 \text{ cm}$

Bahan asbestos, dengan sifat-sifat (Holman,
1988)

$$\rho = 36 \text{ lb/ft}^3 = 577.0176678 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0.117 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ F}$$

$$C_p = 0.25 \text{ btu/lb F}$$

$$\varepsilon = 0.96$$

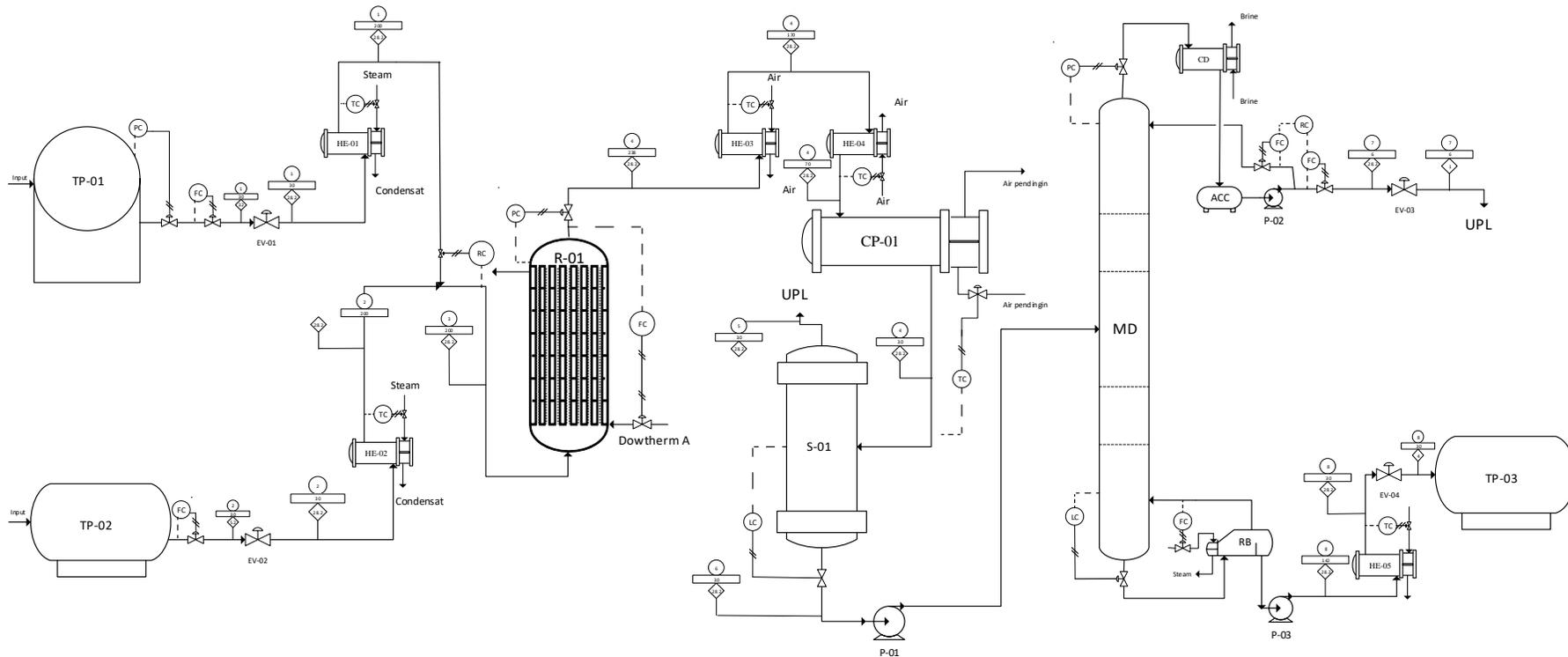
Data yang diperlukan

Diameter shell, D	0.9128 m =	2.99399 ft
tebal plat dinding shell, x1	1.25 in =	0.10417 ft
suhu dinding shell, T1	238.5354 C =	511.5354 K
suhu isolator dalam, T3	50.0000 C =	323.0000 K
suhu isolator luar, T4	30.0000 C =	303.0000 K
Bahan dinding shell	Stainless Steel k =	24.6146 btu/j/ft ² /F

Dari data tersebut diperoleh nilai x_2 (tebal isolator) = 0.2718 ft = 0.0828 m

LAMPIRAN B

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETIL Klorida DARI ETILEN DAN HIDROGEN Klorida
KAPASITAS 15.000 TON / TAHUN**



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C ₂ H ₄	959	-	959	96	96	-	-	-
C ₂ H ₆	16	-	16	16	16	-	-	-
C ₂ H ₅ Cl	-	-	-	1988	14	1974	99	1875
HCl	-	2513	2513	1388	235	1153	1146	6
H ₂ O	-	13	13	13	0	13	-	13
Total	975	2525	3500	3500	361	3139	1245	1894

ALAT	KETERANGAN
Acc	Accumulator
CD	Condenser
CP	Condensor Parsial
HE	Heater
MD	Menara Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
EV	Expansion Valve
TP	Tangki
S	Separator
UPL	Unit Pengolahan Lanjutan

SIMBOL	KETERANGAN
(PC)	Pressure Controller
(LC)	Level Controller
(RC)	Ratio Controller
(FC)	Flow Controller
(TC)	Temperature Controller
Nomor Arus	Nomor Arus
Suhu, C	Suhu, C
Tekanan, atm	Tekanan, atm
Control Valve	Control Valve
Electric Connection	Electric Connection
Piping	Piping
Udara Tekan	Udara Tekan
Vent	Vent



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETIL Klorida DARI ETILEN DAN HIDROGEN Klorida
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Dikerjakan oleh:
1. TAUFIQ EDHI PRASETYO (14.521.178)
2. DWY IRWANTO (14.521.196)

Dosen pembimbing:
1. Agus Taufiq, Ir. M.Sc
2. Dyah Retno Sawitri, S.T. M.Eng