

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang giat melakukan pembangunan di segala bidang. Untuk mencapai tujuan ini pemerintah menitik beratkan pada pembangunan di sektor industri. Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia mengalami perkembangan yang cukup pesat. Dengan peningkatan ini, berarti meningkat pula kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang produksinya. Maka dari itu, pengembangan bidang industri selalu jadi objek yang menarik untuk terus ditangani.

Etil Klorida (C_2H_5Cl) adalah suatu senyawa berfasa gas tak berwarna pada tekanan atmosferis. Dengan diberikan tekanan, etil klorida mudah berubah fasa dari fase gas menjadi fase cair yang memiliki sifat volatil. Etil klorida bersifat mudah terbakar serta mengeluarkan uap hidrogen klorida (McKetta, 1979).

Etil klorida pertama kali ditemukan oleh Basil Valensi pada tahun 1940. Etil klorida banyak diperlukan dalam bidang industri antara lain digunakan sebagai bahan baku pembuatan etil selulosa, cat, obat-obatan, refrigerant dan bahan baku pembuatan tetra ethyl lead (TEL) dimana TEL ini adalah bahan aditif yang digunakan dalam bahan bakar dengan tujuan untuk menaikkan bilangan oktannya. Selain itu etil klorida juga banyak digunakan sebagai bahan anestetik, solven, dan sebagai bahan untuk industri plastik (Kirk and Othmer, 1981).

Manfaat etil klorida sangat banyak untuk kehidupan manusia antara lain dalam industri obat-obatan, refrigerant dan pembuatan senyawa organik. Selain sebagai bahan baku untuk membuat TEL, etil klorida juga digunakan untuk pembuatan etil selulosa. Etil selulosa adalah senyawa kimia yang biasa digunakan di industri tekstil, plastik dan vernis (McKetta serie C, 1979).

Dewasa ini, kendaraan bermotor semakin banyak sehingga memicu pada kebutuhan bahan bakar yang semakin meningkat. Akan tetapi, TEL sudah dibatasi penggunaannya sebagai bahan tambahan pembuatan bahan bakar dan membuat

produksi etil klorida menurun pada umumnya. Ada hal lain yang cukup menarik yaitu produksi polimer dan tekstil di Indonesia semakin meningkat, sehingga kebutuhan akan etil klorida masih sangat diperlukan. Indonesia masih sering melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan etil klorida, jadi dengan berdirinya pabrik ini diharapkan dapat menurunkan angka impor dan meningkatkan angka ekspor untuk memenuhi kebutuhan luar negeri.

1.2 Rumusan Masalah

Pada umumnya, etil klorida sangat penting dalam pembuatan butyl rubber, senyawa organosilicon, ethylation agent untuk memproduksi etil merkaptan dan digunakan pada ekstraksi lemak dan minyak. Pada industri kendaraan bermotor TEL digunakan untuk bahan aditif sedangkan pada industri plastik etil klorida digunakan untuk pembuatan etil selulosa. Indonesia merupakan salah satu negara yang membutuhkan etil klorida. Pemenuhan terhadap kebutuhan etil klorida tersebut dilakukan dengan cara mengimpor dan penggunaannya cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Kebutuhan pasar domestik yang terus meningkat tersebut menyebabkan penting adanya pertimbangan pembangunan pabrik etil klorida. Untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, maka dibutuhkan suatu usaha yakni dengan cara membuat prarancangan pabrik pembuatan etil klorida di Indonesia.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Adapun tujuan didirikan pabrik etil klorida ini yaitu:

1. untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia, khususnya pada mata kuliah Operasi Teknik Kimia, Instrumentasi Proses, Perancangan Alat Proses, dan Perancangan Proses Pabrik Kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pabrik pembuatan etil klorida.
2. Untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh ijazah sarjana.

3. untuk memenuhi kebutuhan etil klorida dalam negeri yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk ekspor.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat dari perancangan pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Menciptakan lowongan pekerjaan.
2. Memicu pertumbuhan industri etil klorida yang menggunakan etanol dan asam klorida.
3. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik etil klorida ini yaitu:

1. Prarancangan secara teknis difokuskan pada pabrik etil klorida dari hidroklorinasi etilen.
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi.

1.6 Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pabrik etil klorida, didasarkan pada beberapa pertimbangan, diantaranya sebagai berikut:

1. Ketersediaan bahan baku,
2. Kebutuhan etil klorida, dan
3. Kapasitas pabrik yang sudah berdiri.

1.6.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor paling penting dalam pendirian sebuah pabrik dapat berjalan dengan lancar. Dalam proses produksi ketersediaan bahan baku yang terjangkau akan memberikan keuntungan yang lebih besar. Bahan baku yang dibutuhkan untuk proses produksi etil klorida

adalah etanol dan hidrogen klorida. Adapun produksi etanol di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1 dan tabel 1.2

Tabel 1.1 Produsen Etilen di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Molindo Raya Industri	Jawa Timur	80 Juta
Indo Acidatama	Jawa Tengah	45 Juta
Indo Lampung Distillery	Lampung	50 Juta
PTPN XI	Jawa Timur	7 Juta
Madu Baru	Yogyakarta	7 Juta

(Sumber: www.trademap.co.id 2022)

Tabel 1.2 Produsen Hidrogen Klorida di Dunia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Asahimas Subentra Chemical	Anyer	240.000
PT Megah Putih Raya Soda Sumatra	Medan	6.400
PT Timuraya Tunggal	Karawang	8.500
Dow Chemical Pasific Ltd Pt	California	2 Juta
Advanced Specialty Gases	USA	1 Juta

1.6.2 Kebutuhan Etil Klorida

Kapasitas produksi suatu pabrik perlu direncanakan dalam mendirikan pabrik agar dapat mengantisipasi permintaan kebutuhan baik dalam negeri maupun di luar negeri. Pabrik etil klorida direncanakan berdiri pada tahun 2030 dengan peluang kapasitas untuk menutupi nilai impor. Kebutuhan etil klorida di dunia setiap tahun mengalami kenaikan, maka peluang pasar etil klorida masih luas dan dapat diperebutkan. Kebutuhan etil klorida di Indonesia saat ini sebagian besar diimpor dari Jepang dan USA. Kebutuhan etil klorida di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.3 dan gambar 1.1

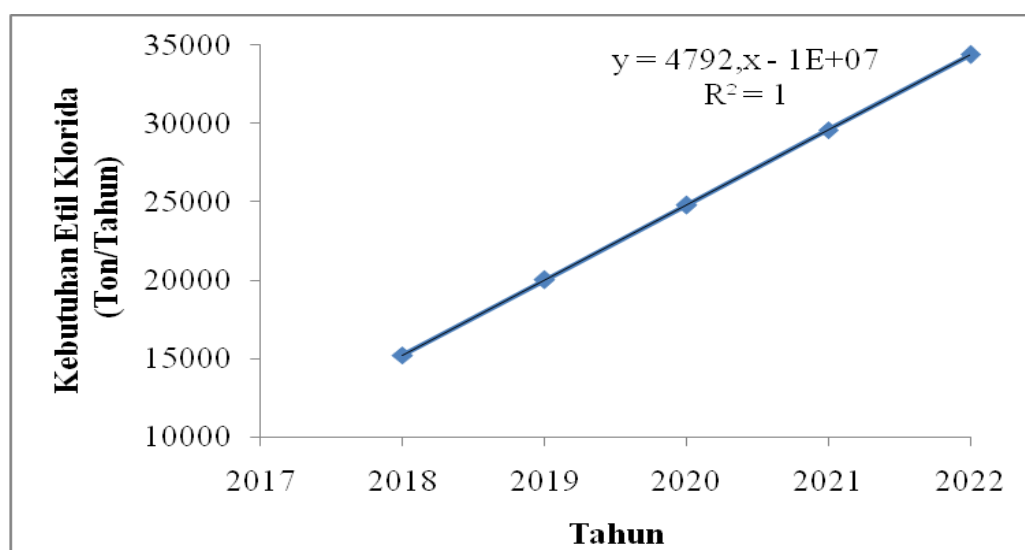
Tabel 1.3 Data Kebutuhan Etil Klorida di Indonesia

No	Tahun	Kebutuhan Etil Klorida (Ton/Tahun)
1	2018	15221,60
2	2019	20013,80

3	2020	24806,00
4	2021	29598,20
5	2022	34390,40

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

untuk menghitung kapasitas dapat dilakukan dengan cara ekstrapolasi dari data di Tabel 1. Dimana X merupakan tahun ke- berapa pabrik akan didirikan dan Y merupakan nilai impor Etil Klorida. Dari data yang ada didapatkan hasil plot antara tahun dan impor yang dapat dilihat pada grafik 1.1 dibawah ini:



Gambar 1.1 Grafik Hubungan antara tahun pendirian pabrik vs Impor

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan asam formiat tiap tahunnya mengalami peningkatan. Perkiraan kebutuhan Asam Formiat pada tahun yang akan datang dapat dicari dengan menggunakan metode ekstrapolasi. Persamaa yang digunakan :

$$y = ax + b \dots \dots \dots (1.1)$$

Dimana :

y = jumlah kebutuhan

x = tahun

a = 4.792,2

b = 9.655.438

maka kebutuhan asam formiat tahun 2030 dapat dihitung dan diperoleh hasil perhitungan prediksi kebutuhan asam formiat pada tahun 2030 yaitu:

$$y = 5.046,8 (x) - 9.655.438$$

$$y = 4792,2 (2030) - 9.655.438$$

$$y = 72.728$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan etil klorida di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 72.728 ton/tahun, Berdasarkan data hasil ekstrapolasi, maka kapasitas pabrik etil klorida yang direncanakan beroperasi pada tahun 2030 adalah 37.000 ton/ tahun untuk memenuhi 50% kebutuhan etil klorida di Indonesia.

sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada tabel 1.4

Dari grafik di atas didapatkan hasil ekstrapolasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.4 di bawah ini.

Tabel 1.4 Hasil Ekstrapolasi Data Impor Etil Klorida Di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas
1	2023	39182,60
2	2024	43974,80
3	2025	48767,00
4	2026	53559,20
5	2027	58351,40
6	2028	63.143,60
7	2029	67.935,80
8	2030	72.728,00

Dari data yang telah diperoleh untuk kapasitas industri yang menghasilkan etil klorida dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Pabrik Etil Klorida yang Sudah Didirikan

Produsen	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Dow Chemical	Freeport, Texas	4540
Dupont	Deepwater, New Jersey	45400
Ethyl Chloride	Pasadena, Texas	72600
PPG	Lake Charles, LA	56700

Sumber: (ICIS, 2022)

Dari data ekstrapolasi dapat diperkirakan impor etil klorida pada tahun 2030 dengan metode persamaan regresi linier adalah sebesar 72.728 ton/tahun. Oleh karena itu dapat ditentukan bahwa kapasitas perancangan pabrik linear etil klorida adalah sebesar 37.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan:

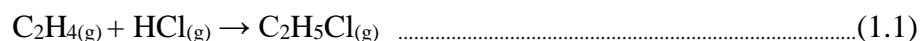
1. Memenuhi kebutuhan etil klorida dalam negeri.
2. Meningkatkan pendapatan negara di sektor industri, serta dapat menghemat impor etil klorida.
3. Meningkatkan pertumbuhan industri kimia di Indonesia dalam rangka menghadapi era pasar bebas.
4. Memberikan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran serta meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.

1.7 Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan Etil Klorida dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

1. Proses Hidroklorinasi Etilen

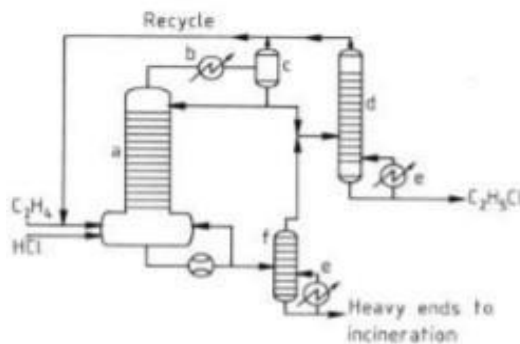
Adapun proses hidroklorinasi etilen yaitu proses reaksi kimia yang terjadi antara etilen dan asam klorida sehingga menghasilkan produk etil klorida. Hidroklorinasi etilen menjadi etil klorida dapat terjadi pada fasa uap dan fasa cair. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Apabila proses berlangsung pada fasa uap, reaksi terjadi pada reaktor *fixed bed* dengan menggunakan katalis dan produk reaktor berupa gas masuk ke proses pemurnian. Proses berlangsung pada temperatur 175°C hingga 180°C dan tekanan 17 atm, dengan katalis zing klorida yang didukung seng klorida diatas alumina berpori. Konversi setiap proses sebesar 90% dan *yield* yang dihasilkan sebesar 99,5%. Proses fasa uap ini sulit karena sulitnya regenerasi katalis dan memerlukan sistem pendingin untuk menjaga temperatur reaksi tetap.

Pada proses fasa cair, uap etilen dan uap asam klorida dicampur

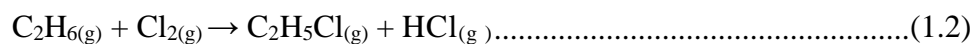
selanjutnya diumpankan ke dalam tangki yang sebagian telah diisi katalis cair. Katalis yang digunakan adalah zing klorida dengan konsentrasi kurang dari 1%. Konsentrasi katalis yang sering digunakan sebesar 0,2–0,3% berat. Reaksi antara etilen dan asam klorida merupakan reaksi yang sangat cepat dan menghasilkan panas. Untuk itu reaktor yang digunakan harus dilengkapi dengan pendingin. Untuk mencegah terjadinya deaktivasi katalis, sebagian cairan di dalam reaktor perlu dibuang. Umpan asam klorida yang tidak bereaksi direcovery dan di *recycle*. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 98%. Dapat ditunjukkan pada Gambar 1.2.



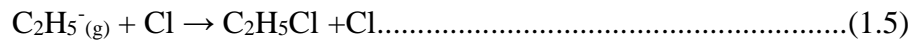
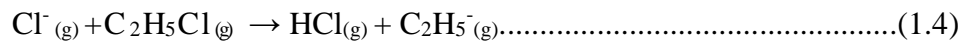
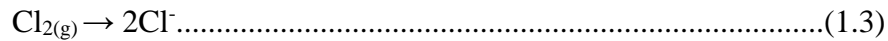
Gambar 1.2 Diagram Alir Proses Hidroklorinasi Etilen(Sumber: Ullman, 2002)

2. Proses Klorinasi Etana

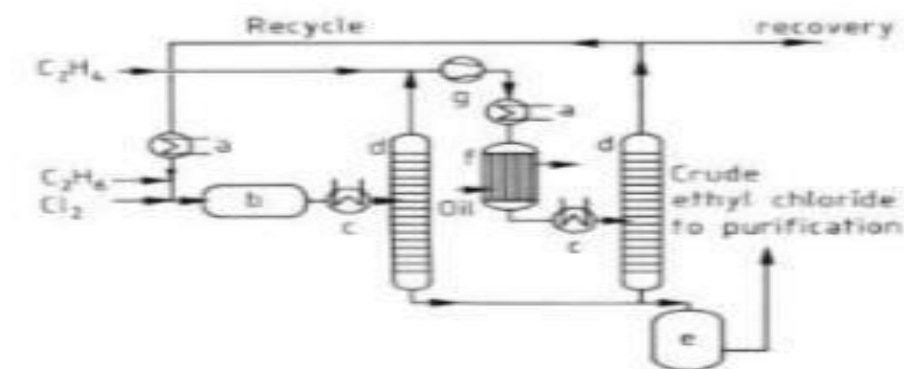
Klorinasi ini dapat berlangsung pada tiga keadaan, yaitu pada proses thermal klorinasi, proses petrokimia dan proses katalitik. Ketiga proses tersebut yang paling menguntungkan adalah proses thermal klorinasi. Karena suhu yang tinggi yaitu 275 hingga 450°C membuat klorin (Cl_2) sehingga terjadi reaksi tanpa memerlukan katalis menjadi radikal Cl . Adapun Reaksi yang terjadi pada proses thermal klorinasi dapat ditunjukkan pada persamaan 1 sebagai berikut:



Reaksi persamaan 1 merupakan reaksi eksotermis (-27,9 kcal /gr mol) yang berlangsung pada temperatur 275°C. Pada temperatur sekitar 400°C akan terjadi mekanisme reaksi radikal. Dapat ditunjukkan pada persamaan 2, 3, dan 4 sebagai berikut:



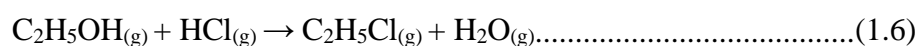
Temperatur reaksi harus dipertahankan selalu tetap untuk mengurangi terjadinya produk samping, mencegah terjadinya pirolisa etil klorida menjadi etilen dan asam klorida sehingga akan terjadi reaksi karbonisasi. Reaksi karbonisasi dapat terjadi jika perbandingan antara klorin dan etana sangat besar, sedangkan pirolisa terjadi jika temperaturnya terlalu tinggi. Untuk itu reaktor yang digunakan harus merupakan reaktor yang dilengkapi pendingin agar panas yang timbul bisa diserap sehingga suhunya konstan. Reaktor jenis ini adalah reaktor *fluidized bed*, dengan zat terfluidisasi bukan merupakan katalis. Dapat ditunjukkan pada Gambar 1.3.



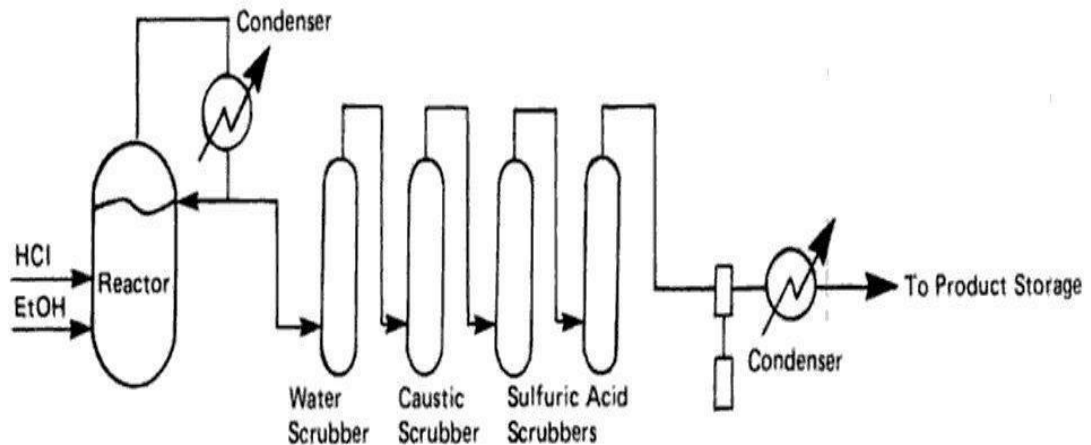
Gambar 1.3 Diagram Alir Proses Klorinasi Etilen(Sumber: Ulman, 2002)

3. Proses *Hidroklorinasi Etanol*

Proses hidrolorinasi etanol yaitu mereaksikan antara etanol dan asam klorida yang kemudian akan direaksikan kembali dengan menggunakan katalis seng klorida pada temperatur 145-325°C yang akan menghasilkan etil klorida dan air. Reaksi terjadi dapat dilihat pada persamaan 5 sebagai berikut:



Proses ini berlangsung pada tekanan 2-6 atm dan dilakukan dalam reaktor. Pada proses ini konversinya sebesar 95%, berdasarkan pada etanolnya dan kemurnian 99%. Dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Diagram Alir Proses Hidroklorinasi Etanol(Sumber: McKetta and Cunningham, 1984)

Untuk memilih proses yang tepat, maka perlu dipertimbangkan beberapa aspek diantaranya yaitu: aspek ekonomi, kondisi operasi pengaruh terhadap lingkungan, yield, konversi, dan reaksi yang tepat. Perbandingan terhadap beberapa proses perlu dipertimbangkan untuk merancang sebuah pabrik. Tujuannya agar pabrik dapat diprediksi seperti apa saat *start up*. Pemilihan proses tentu sangat perlu untuk mempertimbangkan gambaran jalannya suatu pabrik. Maka untuk mendapatkan pertimbangan perancangan pabrik etil klorida dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Etil Klorida

Parameter	Hidroklorinasi Etilen	Klorinasi Etana	Hidroklorinasi Etanol
Bahan baku	-Etilen -HCl	-Etana -Klorin	- Etanol - HCl
Suhu	175-250°C	230-400°C	145-325°C
Tekanan	17 atm	17 atm	2-6 atm
Konversi	90%	78-85%	95%
Yield	99,7%	90%	95%

(Sumber: Kick Othmer, 2000)

Perbandingan ketiga proses tersebut diatas maka dipilih proses hidroklorinasi etilen karena:

1. Kondisi suhu yang dioperasikan tidak terlalu tinggi.
2. *Yield* yang dihasilkan cukup tinggi.
3. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi.
4. Kebutuhan bahan baku terpenuhi.
5. Pabrik etil klorida yang sudah berdiri terutama di Amerika banyak menggunakan proses hidroklorinasi etilen.

1.8 Uraian Proses

Adapun uraian proses pembuatan etil klorida dengan reaksi hidroklorinasi etilen terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu terbagi menjadi tiga tahap, diantaranya:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan etil klorida mereaksikan etilen dengan asam klorida. Bahan baku etilen dibeli dari PT. Chandra Asri, Serang Banten dalam fasa cair. Pemasangan pipa bahan baku etilen sepanjang 50,4 km di dalam tanah, kemudian akan dialirkan ke pabrik yang akan didirikan. Bahan baku asam klorida dibeli dari PT. Sulfindo Adi Usaha dalam fasa cair. Pemasangan pipa bahan baku asam klorida sepanjang 52,4 km di dalam tanah, kemudian akan dialirkan ke pabrik yang akan didirikan. Bahan baku katalis zing klorida dibeli dari PT. Mulia Agung Chemindo, Bekasi, Jawa Barat dalam fasa cair. Pemasangan pipa bahan baku katalis zing klorida sepanjang 92,9 km di dalam tanah, kemudian akan dialirkan ke pabrik yang akan didirikan.

2. Tahap Proses Produksi

Bahan baku etilen disimpan didalam tangki (V-101) kemudian dialirkan dalam fasa cair dengan suhu -80°C dengan tekanan 3,3 atm melalui Pompa (P-101) pada tekanan 17 atm dan suhu $-78,93^{\circ}\text{C}$. Kemudian dialirkan kedalam *heater* (HE-101) hingga suhunya menjadi 170°C . Sedangkan hidrogen klorida disimpan dalam fase cair disimpan di dalam tangki (V-102) pada tekanan 28 atm dan suhu 5°C kemudian untuk mengurangi tekanan digunakan valve (VLV-101) sehingga

tekanan menjadi 17 atm. Selanjutnya dialirkan kedalam *heater* (HE-102) hingga suhunya menjadi 170°C. Bahan baku sebelum masuk ke dalam reaktor (PFR-201) masing-masing bahan baku harus sesuai dengan kondisi operasi reaktor yaitu tekanan 17 atm dan suhu 170°C. Sehingga pada saat masuk ke reaktor mengalami reaksi eksoterm. Bahan baku yang sudah sesuai dengan kondisi operasinya selanjutnya diumpankan ke reaktor. Reaksi beroperasi secara non-adiabatis dan non-isotermal pada suhu 170-250°C dan tekanan 17 atm dan dijalankan di dalam reaktor *fix bed multitube* (PFR-201) dengan menggunakan bantuan katalis padat zing klorida. Reaksi antara HCl dan C₂H₄ bersifat sangat eksotermis sekitar ($\Delta H_R = -4,354^4 \text{ kcal/kmol}$). Setelah keluar dari reaktor untuk menurunkan tekanan digunakan valve (VLV-201) menjadi 5 atm. Kemudian diturunkan suhunya menggunakan *Cooler* (HE-103) hingga suhunya menjadi 40°C.

3. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Hasil keluaran reaktor (PFR-201) selanjutnya dialirkan ke cooler (C-302) untuk menurunkan suhunya dari 227,4°C menjadi 50°C. Kemudian dialirkan ke distilasi (MD-301) pada tekanan 5 atm dan suhu inletnya 40°C untuk memisahkan etil klorida dan air. Dimana tekanan pada reboiler sebesar 4 atm dan tekanan pada kondensor sebesar 3 atm. Setelah terpisah antara produk atas dan produk bawah pada distilasi (MD-301) etil klorida pada fasa uap keluar dari atas dan air keluar dari bawah. Keluaran atas akan di dinginkan menggunakan cooler (C-302) dari suhu 43,23°C menjadi 30°C dengan tekanan 2,9 atm sebelum masuk ke distilasi ke-2 (MD-302). Setelah kondisi operasi sesuai produk atas akan dialirkan ke distilasi (MD-302) untuk memisahkan etil klorida dan impuritis lainnya. Pada distilasi ke-2 (MD-302) tekanan pada reboiler sebesar 1,5 atm dan pada kondenser sebesar 1 atm. Produk yang dihasilkan pada keluaran bawah mendapatkan kemurnian sebesar 99,7%. Produk tersebut akan disimpan pada tangki penyimpanan (V-302).