

**PRARANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI  
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA  
DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN  
(TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (R-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh  
ATIKA PUTRI KARINA  
NPM 1715041018**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF ETHYL CHLORIDE FROM ETHYLENE AND HYDROGEN CHLORIDE WITH CAPACITY 37.000 TONS/YEAR (DESIGN OF REACTOR (R-301))

By

ATIKA PUTRI KARINA

Ethyl chloride is a chemical product used for the production of Ethyl cellulose, solvent, coolant, topical anesthetic, dye industry, medicine and as a pain reliever for burns and insect stings. Ethyl chloride is produced by Ethylene hydrochlorination process with Ethylene and Hydrogen chloride as raw materials.

The factory's production capacity is planned at 37.000 tons/year with 330 working days in 1 year and will be established in Cilegon City, Banten Province. The form of the company is a Limited Liability Company (PT) which is head by a Director who assisted by the Director of Engineering and Production also Director of Finance and Marketing

An economic analysis of preliminary plant design of Ethyl chloride are:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp301.109.807.523,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp75.277.451.881,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp376.387.259.403,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 29,93%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sup>a</sup></i>	= 2,40 years
<i>Return on Investment before Taxes (ROI)<sup>b</sup></i>	= 34%
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sup>a</sup></i>	= 29%
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 33%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 16,78%

Based on the above considerations, the establishment of the Ethyl Chloride factory should be studied further, because it is a profitable factory and has a good prospect.

Key words: Ethyl chloride, Ethylene, Hydrogen cchloride, Hydrochlorination, Economics.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Reaktor (R-301))

Oleh

ATIKA PUTRI KARINA

Etil klorida merupakan salah satu produk kimia yang digunakan untuk produksi Etil selulosa, pelarut, pendingin, amastesi topical, industry pewarna, obat-obatan serta sebagai obat pengurang rasa sakit pada luka bakar dan sengatan serangga. Etil klorida diproduksi dengan proses hidroklorinasi etilen dengan bahan baku Etilen dan Hidrogen klorida.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 37.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan didirikan di Kota Cilegon, Provinsi Banten. Bentuk perusahaan adalah badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Pemasaran,

Analisa kelayakan Perancangan Pabrik Etil Klorida sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp301.109.807.523,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp75.277.451.881,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp376.387.259.403,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 29,93%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sup>a</sup></i>	= 2,40 tahun
<i>Return on Investment before Taxes (ROI)<sup>b</sup></i>	= 34%
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sup>a</sup></i>	= 29%
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 33%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 16,78%

Berdasarkan pertimbangan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik Etil Klorida ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: Etil klorida, Etilen, Hidrogen klorida, Hidroklorinasi, Ekonomi.

**PRARANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI  
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA  
DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN  
(TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (R-301))**

**Oleh  
ATIKA PUTRI KARINA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI  
ETILEN DAN HIDROGEN KLORIDA DENGAN  
KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (R-301))**

Nama Mahasiswa : **Atika Putri Karina**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1715041018**

Program Studi : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**



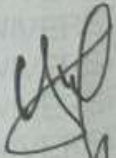
1. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Ismiyati D., S.T., M.Eng.  
NIP. 19790419 200604 1 001

Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.  
NIP. 19661111 199402 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Yuli Darni, S.T., M.T.  
NIP 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Sri Ismiyati D., S.T., M.Eng.

Sekretaris

: Simparmin Br. Ginting., S.T., M.T.

penguji

Bukan pembimbing I

: Dr. Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T.

Bukan Pembimbing II : Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 April 2023

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Mei 2023



Atika Putri Karina

NPM. 1715041018

## **Motto dan Persembahan**

“We Gotta Do What We Gotta Do, Don't be afraid of hard work. Be afraid of being a person who can't do hardwork”

**-Atika P. Karina-**

“Dunia ini hanya setetes air, kalau kau tak dapat jangan sedih, karena yang tak kau dapat hanya setetes. Dan kalau kau dapat, jangan bangga, karena yang kau dapat hanya setetes.”

**-Ust. Abdul Somad-**

“Kalau semuanya dimudahkan bagi kita, lalu dari mana kita mendapat pahala kesabaran”

**-Ust. Oemar Mita-**

“You don't have to be great to start, but you have to start to be great”

**-Zig Ziglar-**



*Dengan sepenuh hati, Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk:*

**Allah Subhanallahu Ta'ala**, atas semua karunia yang tanpa jeda.

**Rasulullah, para sahabat dan para pewarisnya** yang telah memberi contoh teladan,

**Ibuku** yang kelembutan dan do'anya, juga senyum dan tawanya memberi nafas atas semua perjuangan.

**Ayahku** yang kebijaksanaan dan cintanya mengilhami setiap keputusan dan langkah yang ku lalui.

**Wak Amir dan Wak Sri**, atas ketulusannya menjaga, merawat serta mengajarkan bagaimana menjadi manusia bertakwa dan bersyukur atas nikmat yang tak berkesudahan.

**Para Guru, Ustadz dan Ustadzah serta Murabbi** yang dengan ikhlas penuh kesabaran menjaga dalam kebaikan.

**Keluarga Besar Teknik Kimia Universitas Lampung**, atas semua ilmu pengetahuan yang telah diberikan, pengalaman dan pengajaran tak ternilai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Alhamdulillah rabbil'alamiin.* Segala puji bagi Mu, ya Allah yang menciptakan langit dan bumi, yang mengurus makhluk-makhluk-Mu tanpa kesulitan, yang menciptakan hati berbolak-balik, yang memberi kemudahan, rahmat dan hidayah hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Etil Klorida ( $C_2H_5Cl$ ) dari Etilen ( $C_2H_4$ ) dan Hidrogen Klorida ( $HCl$ ) dengan Kapasitas 37.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung,
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung,
3. Ibu Dr. Sri Ismiyati D., S.T., M.Eng dan Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, bimbingan dan arahan selama proses penyelesaian tugas akhir saya.
4. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T. dan Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritikan, nasihat dan koreksi terhadap tugas akhir saya agar lebih baik lagi.
5. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penelitian yang telah banyak memberikan bimbingan dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian sampai dengan publikasi.
6. Ibu Panca Nugrahini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Kerja Praktik sekaligus dosen Pembimbing Akademik atas kesediaannya membimbing,

mengarahkan dan memberi semangat dalam setiap tahap yang dilewati selama perkuliahan.

7. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta banyak membantu dalam kelancaran dan pengerjaan Tugas Akhir.
8. Keluargaku tercinta, Bapak, Mamak, Kakak dan Adek Lia yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi serta cinta dan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan.
9. Dahlan's Family, wak amen, wak sri, makwo, pakwo, wak bibah, om, tante, sepupu dan keponakanku yang menjaga, menyemangati dan memberikan kebahagiaan selama menjalani pendidikan.
10. Rima Salsabila, rekan seperjuangan sejak Kerja Praktik sampai TA, yang selalu mencoba memahami satu sama lain, mendengarkan segala keluh kesah dan saling menyemangati.
11. Ria beserta keluarga Pak Bas dan Ibu Yuli yang selalu memberi dukungan, kasih sayang dan sedia menjadi tempat persinggahan dikala hati butuh hiburan.
12. Dilah, Disa, Zahra, Fina, teman main dan sambat yang tiada habisnya selalu mengingatkan dan tolong menolong, semoga kita selalu sehat meskipun kita manusia-manusia lemah juga jompo, semangat yaa temen-temen.
13. Ikromudin, *the best volunteer every year* yang hadir menutup kisah kampus dengan manis, menyemangati dan saling mendukung sampai akhir.
14. Wanita-wanita kuat nan sholeha angkatan 2017: Bela, Adel, Anggun, Annisa, Ayu, Bunga, Cindy, Clarisa, Elin, Ester, Ferin, Kiki, Nazal, Sarah, Indah, Esha, Helen, Jennie, Mia, Fenti, Beti, Tiara, Fika dan Esvi. *See u soon girls*,
15. Temen-temen absurd nan kocak juga angkatan 2017: Alfred, Heri, Agta, Ashari, Fida, Fikri, Jaman, Jimmy, Agung, Bilal, Levi, Memet, Rifki, Rian, Swarna, Topan, Wildan, Farras dan Didi.
16. Dewan Syuro Fossi-FT, Reksa, Rosibi, Alizar, Ronaldo, Rinol, Fakhri, Rere, Dwi, Dian, Diah, Desi, Eva, Zia dan semua staff Fossi-FT yang telah kebersamai masa organisasi di Fakultas Teknik.

17. Teman-teman BEM FT, Fernando, Danar, Anggista, Andre, Ikram, Farras, Widya, Nova, Revi dan Pitry teman-teman seperjuangan.
18. Teman-teman DPM-U Abdi, Soli, Adin, Rendi, Syarif, Dedi, Guntur, Anjas, Fahrezi, Irwan, Valen, Diyah, Naura, Nadiyah, Salma, Bila, Meli, Prastika, Vina, Lila, Ani, Novita, Mba Ser, dan Dewi yang telah memberi banyak cerita menarik dan menjadi keluarga baru diakhir-akhir semester.
19. Ms. Dewi dan seluruh rekan kerja Griya Edukasi serta Uwa Petshop, yang banyak memaklumi dan bersabar atas terbaginya waktu untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.
20. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat di Jurusan Teknik Kimia yang memberikan cerita, pembelajaran dan pengalaman selama berada di kampus.
21. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga karya terbaik penulis ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembacanya, Aamiin.

Bandar Lampung, Mei 2023

Atika Putri Karina

## DAFTAR ISI

Halaman

### DAFTAR TABEL

### DAFTAR GAMBAR

<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kegunaan Produk .....	2
1.3. Kapasitas Produksi Rancangan .....	3
1.4. Ketersediaan Bahan Baku .....	6
1.5. Penentuan Lokasi Pabrik .....	7
<b>II. TINJAUAN PROSES .....</b>	<b>9</b>
2.1. Tinjauan Proses .....	9
2.2. Pemilihan Proses .....	9
2.3. Uraian Proses .....	18
<b>III. SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>22</b>
3.1. Spesifikasi Bahan Baku .....	22
3.2. Spesifikasi Bahan Pembantu .....	23
3.3. Spesifikasi Produk.....	23
<b>IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI .....</b>	<b>24</b>
4.1. Neraca Massa .....	24
4.2. Neraca Energi .....	28
<b>V. SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>41</b>

5.1. Spesifikasi Peralatan Proses .....	42
5.2. Spesifikasi Peralatan Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	52
5.3. Spesifikasi Peralatan Pembangkit <i>Steam</i> .....	72
5.4. Spesifikasi Peralatan Penyedia Udara Instrumentasi .....	77
5.5. Spesifikasi Peralatan Pembangkit dan Pendistribusian Listrik ....	79
<b>VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....</b>	<b>80</b>
6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	80
6.2. Unit Penyedia <i>Steam</i> .....	86
6.3. Unit Penyedia Listrik .....	86
6.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	87
6.5. Udara Pabrik dan Udara Instrumentasi .....	87
6.6. Unit Pengolahan Limbah .....	89
6.7. Laboratorium .....	89
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	90
<b>VII. TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>91</b>
7.1. Lokasi Pabrik .....	91
7.2. Tata Letak Pabrik .....	92
7.3. Prakiraan Area Lingkungan .....	93
<b>VIII. SISTEM OPERASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN .....</b>	<b>95</b>
8.1. Bentuk Perusahaan .....	95
8.2. Struktur Organisasi .....	96
<b>IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>105</b>
9.1. Investasi .....	105
9.2. Evaluasi Ekonomi .....	107
<b>X. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>139</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>140</b>

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>143</b>
<b>LAMPIRAN A NERACA MASSA</b>	
<b>LAMPIRAN B NERACA ENERGI</b>	
<b>LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERALATAN PROSES</b>	
<b>LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS</b>	
<b>LAMPIRAN E PERHITUNGAN INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI</b>	
<b>LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Impor Etil klorida di Indonesia .....	3
1.2. Impor Etil klorida Negara Lain .....	4
1.3. Produsen Etilen di Indonesia .....	5
1.4. Produsen Hidrogen klorida di Indonesia .....	6
2.1. Harga komponen bahan baku dan produk .....	9
2.2. Stoikiometri persamaan proses Hidroklorinasi Etil alkohol .....	10
2.3. Stoikiometri persamaan proses Hidroklorinasi Etilen .....	11
2.4. Nilai $S_{298}$ dan $\Delta H^{\circ}_f$ setiap komponen .....	14
2.5. Konstanta kapasitas panas setiap komponen .....	14
2.6. Nilai $C_{p463}$ dan $S_{463}$ setiap komponen .....	15
2.7. Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ setiap komponen .....	16
2.8. Konstanta kapasitas panas setiap komponen .....	16
2.9. Nilai $C_{p443}$ dan $S_{443}$ setiap komponen .....	17
2.10. Perbandingan proses pembuatan Etil klorida .....	18
4.1. Neraca massa Tangki Penyimpanan Hidrogen klorida (TP-101) .....	25
4.2. Neraca massa Reaktor (R-201) .....	25
4.3. Neraca massa Vaporizer (VP-101) .....	26
4.4. Neraca massa Kondenser (CD-301) .....	26
4.5. Neraca massa Knock Out Drum (KO-301) .....	26
4.6. Neraca massa Flash Drum (FD-301) .....	27
4.7. Neraca massa Menara Distilasi (MD-301) .....	27
4.8. Neraca massa Kondenser (CD-302) .....	27
4.9. Neraca massa Reboiler (RB-301) .....	28
4.10. Konstanta kapasitas panas komponen gas .....	30
4.11. Konstanta kapasitas panas komponen cair .....	30



4.12.	Nilai $\int_{T_{ref}}^T C_P dT$ masing-masing komponen pada fasa vapor dengan T tertentu dan $T_{ref} = 298,15$ K .....	31
4.13.	Nilai $\int_{T_{ref}}^T C_P dT$ masing-masing komponen pada fasa liquid dengan T tertentu dan $T_{ref} = 298,15$ K .....	33
4.14.	Data suhu kritis ( $T_c$ ), tekanan kritis ( $P_c$ ) dan faktor asentrik ( $\omega$ ) Komponen .....	34
4.15.	Neraca energi Expansion Valve (EV-101) .....	34
4.16.	Neraca energi Heater (HE-101) .....	34
4.17.	Neraca energi Vaporizer (VP-101) .....	35
4.18.	Neraca energi Compressor stage 1 (CM-101) .....	35
4.19.	Neraca energi Intercooler .....	35
4.20.	Neraca energi Compressor stage 2 (CM-101) .....	36
4.21.	Neraca energi total Compressor (CM-101) .....	36
4.22.	Neraca energi Reaktor (R-201) .....	36
4.23.	Neraca energi total Condenser (CD-301) .....	37
4.24.	Neraca energi Expansion Valve (EV-301) .....	37
4.25.	Neraca energi Knock Out Drum (KO-301) .....	37
4.26.	Neraca energi Expansion Valve (EV-303) .....	38
4.27.	Neraca energi Flash Drum (FD-301) .....	38
4.28.	Neraca energi Compressor (CM-301) .....	38
4.29.	Neraca energi Heater (HE-301) .....	39
4.30.	Neraca energi Menara Distilasi (MD-301) .....	39
4.31.	Neraca energi Condenser (CD-302) .....	39
4.32.	Neraca energi Reboiler (RB-301) .....	40
4.33.	Neraca energi total <i>Cooler</i> (CO-301) .....	40
4.34.	Neraca energi Expansion Valve (EV-303) .....	40
5.1.	Spesifikasi Tangki Penyimpanan HCl (TP-101) .....	41
5.2.	Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_2H_5Cl$ (TP-301) .....	42
5.3.	Spesifikasi Akumulator (ACC-101) .....	42
5.4.	Spesifikasi Akumulator (ACC-301) .....	43
5.5.	Spesifikasi Compressor (CM-101) .....	43
5.6.	Spesifikasi Compressor (CM-301) .....	44

5.7.	Spesifikasi Kondenser (CD-301) .....	44
5.8.	Spesifikasi Kondenser (CD-302) .....	45
5.9.	Spesifikasi Cooler (CO-301) .....	45
5.10.	Spesifikasi Heater (HE-101) .....	46
5.11.	Spesifikasi Heater (HE-301) .....	46
5.12.	Spesifikasi Vaporizer (VP-101) .....	47
5.13.	Spesifikasi Reboiler (RB-301) .....	48
5.14.	Spesifikasi Knock Out Drum (KO-301) .....	48
5.15.	Spesifikasi Flash Drum (FD-301) .....	49
5.16.	Spesifikasi Reaktor (R-201) .....	49
5.17.	Spesifikasi Menara Distilasi (D-301) .....	50
5.18.	Spesifikasi Pompa (PP-101) .....	51
5.19.	Spesifikasi Pompa (PP-302) .....	51
5.20.	Spesifikasi Pompa (PP-303) .....	52
5.21.	Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401) .....	52
5.22.	Spesifikasi Gudang Penyimpanan Bahan Kimia (GD-401) .....	53
5.23.	Spesifikasi Screw Conveyor (SC-401) .....	53
5.24.	Spesifikasi Bucket Elevator (BE-401) .....	54
5.25.	Spesifikasi NaOH Dissolving Tank (DT-401) .....	54
5.26.	Spesifikasi Screw Conveyor (SC-402) .....	55
5.27.	Spesifikasi Bucket Elevator (BE-401) .....	55
5.28.	Spesifikasi Clarifier (CL-401) .....	56
5.29.	Spesifikasi Sand Filter (SF-401) .....	56
5.30.	Spesifikasi Tangki Air Filter (FWT-401) .....	57
5.31.	Spesifikasi Tangki Air Domestik (DOWT-401) .....	58
5.32.	Spesifikasi Tangki Air Hydrant (HT-401) .....	58
5.33.	Spesifikasi Hot Basin (HB-401) .....	59
5.34.	Spesifikasi Cooling Tower (CT-401) .....	59
5.35.	Spesifikasi Cold Basin (CB-401) .....	60
5.36.	Spesifikasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Dissolving Tank (DT-402) .....	60
5.37.	Spesifikasi Storage Tank Dispersant (ST-401) .....	61
5.38.	Spesifikasi Storage Tank Inhibitor (ST-402) .....	62

5.39.	Spesifikasi Cation Exchanger (CE-401) .....	62
5.40.	Spesifikasi Anion Exchanger (AE-401) .....	63
5.41.	Spesifikasi Demin Water Storage Tank (ST-401) .....	63
5.42.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-401) .....	64
5.43.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-402) .....	64
5.44.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-403) .....	65
5.45.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-404) .....	65
5.46.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-405) .....	66
5.47.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-406) .....	66
5.48.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-407) .....	67
5.49.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-408) .....	67
5.50.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-409) .....	68
5.51.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-410) .....	68
5.52.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-411) .....	69
5.53.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-412) .....	69
5.54.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-413) .....	70
5.55.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-414) .....	70
5.56.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-415) .....	71
5.57.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-416) .....	71
5.58.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-417) .....	72
5.59.	Spesifikasi Deaerator (DA-501) .....	72
5.60.	Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501) .....	73
5.61.	Spesifikasi Boiler (BO-501) .....	73
5.62.	Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-502) .....	74
5.63.	Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-503) .....	74
5.64.	Spesifikasi Pompa Utilitas Steam (PUS-501) .....	75
5.65.	Spesifikasi Pompa Utilitas Steam (PUS-502) .....	76
5.66.	Spesifikasi Pompa Utilitas Steam (PUS-503) .....	76
5.67.	Spesifikasi Air Dryer (AD-601) .....	77
5.68.	Spesifikasi Air Compressor (CM-601) .....	77
5.69.	Spesifikasi Cyclone (CN-601) .....	78
5.70.	Spesifikasi Blower (BL-601) .....	78

5.71.	Spesifikasi Blower (BL-602) .....	78
5.72.	Spesifikasi Blower (BL-603) .....	79
5.73.	Spesifikasi Generator (GS-701) .....	79
6.1.	Keperluan air untuk umum ( <i>General Uses</i> ) .....	81
6.2.	Peralatan yang membutuhkan steam .....	81
6.3.	Peralatan yang membutuhkan air pendingin .....	82
6.4.	Total kebutuhan air .....	84
6.5.	Pengendalian variabel utama proses .....	90
7.1.	Perincian luas area pabrik Etil klorida .....	93
8.1.	Jadwal pembagian jam kerja karyawan shift .....	98
8.2.	Jumlah operator berdasarkan jenis alat proses .....	99
8.3.	Jumlah operator berdasarkan jenis alat utilitas .....	99
8.4.	Jumlah karyawan berdasarkan jabatan .....	100
9.1.	Fixed Capital Investment .....	105
9.2.	Manufacturing cost .....	106
9.3.	General Expenses .....	107
9.4.	Angsuran Pinjaman .....	109
9.5.	Periode pengembalian modal dan perkiraan nilai IRR .....	138

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Grafik kebutuhan Etil klorida di Indonesia .....	3
6.1. Cooling tower .....	83
7.1. Tata letak pabrik .....	94
8.1. Garis besar organisasi perusahaan .....	103
8.2. Bagan struktur organisasi .....	104
9.1. Grafik variasi tingkat produksi basis tahun .....	108
9.2. Kurva cumulative cash flow terhadap umur pabrik .....	109

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia terus menggalakkan usaha peningkatan taraf hidup masyarakatnya melalui pembangunan di segala aspek seperti lingkungan, sosial dan ekonomi. Salah satu wujud pembangunan tersebut adalah dengan pembangunan industri kimia di Indonesia. Pembangunan industri kimia di Indonesia diharapkan mampu mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain, memperluas lapangan pekerjaan, menghemat devisa negara dan mempercepat laju pertumbuhan ekonomi.

Hal ini memacu Indonesia untuk lebih efisien dalam melakukan terobosan baru sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pangsa pasar dan daya saing di samping harus ramah lingkungan. Salah satu upaya peningkatan sektor industri adalah dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik kimia dalam negeri yang nantinya diharapkan mampu menembus pasar ekspor internasional.

Berdasarkan data pentahapan pembangunan industri dan pentahapan industri prioritas oleh Kementerian Perindustrian Indonesia pada tahun 2015, industri farmasi, kosmetik dan alat kesehatan berada di urutan kedua serta industri polimer berada di urutan ketujuh dalam jajaran industri prioritas di tahun 2025-2035. Salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri tersebut adalah Etil klorida. Etil klorida merupakan bahan kimia yang digunakan dalam bidang industri obat-obatan atau farmasi, refrigeran dan bahan pembuat senyawa organik. Selain itu Etil klorida digunakan dalam produksi Tetra etil lead (TEL) dan sebagai bahan baku pembuatan Etil

selulosa yaitu senyawa kimia yang digunakan dalam industri plastik dan pernis (Kirk and Othmer, 2004). Dilihat dari fungsinya kebutuhan Etil klorida ini akan semakin meningkat dalam industri, baik dibidang kimia maupun kesehatan dalam dan luar negeri.

Pada tahun 1997 kebutuhan Etil klorida di Indonesia mencapai 8.200 ton. Angka ini terus meningkat sampai 29.740 ton di tahun 2020 yang seluruhnya diperoleh dari impor beberapa negara seperti, Cina, Singapura dan Korea (Trade Map, 2021). Dengan memperhatikan kebutuhan dalam negeri dan kegunaannya, maka pabrik pembuatan Etil klorida ini sangat potensial didirikan di Indonesia. Sehubungan dengan hal tersebut maka dibuatlah suatu prarancangan pabrik pembuatan Etil klorida dengan bahan baku Etilen dan Hidrogen klorida.

## 1.2. Kegunaan Produk

Etil klorida digunakan untuk produksi Etil selulosa, pelarut, pendingin, anastesi topikal, industri pewarna, obat-obatan serta sebagai obat pengurang rasa sakit pada luka bakar dan sengatan serangga. Dalam pembuatan etil selulosa, Etil klorida digunakan sebagai bahan baku yang direaksikan dengan alkali selulosa yang selanjutnya Etil selulosa digunakan sebagai agen etilasi pada industri cat dan pernis, pada pembuatan Etil benzena untuk industri polimer serta pada sintesis zat warna dan zat kimia halus (Kirk and Othmer, 2004).

Pada industri polimer, Etil benzena untuk produksi Stirena digunakan dalam jumlah yang banyak untuk membuat Polistirena. Dimana Etil benzena dapat dietilasi dengan reaksi Etil klorida dan Benzena. Selain itu Etil klorida juga sebagai *refrigerant* dalam pewarna asam, sebagai pelarut dalam polimerisasi olefin serta sebagai aktivator polimerisasi untuk menghasilkan polikuinolin (Kirk and Othmer, 2004) yang mana sebagai agen etilasi, *refrigerant*, anastesi topikal dan pelarut, Etil klorida ini memiliki spesifikasi yang sama.

### 1.3. Kapasitas Produksi Rancangan

Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik Etil klorida yang akan dirancang, sebelumnya perlu diketahui dengan jelas kebutuhan impor dalam negeri. Hal ini dilakukan untuk melihat banyaknya kapasitas yang perlu dicukupi didalam negeri. Data impor Etil klorida di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 1.1.** Impor Etil klorida di Indonesia

(Badan Pusat Statistik, 2021; Trade Map, 2021)

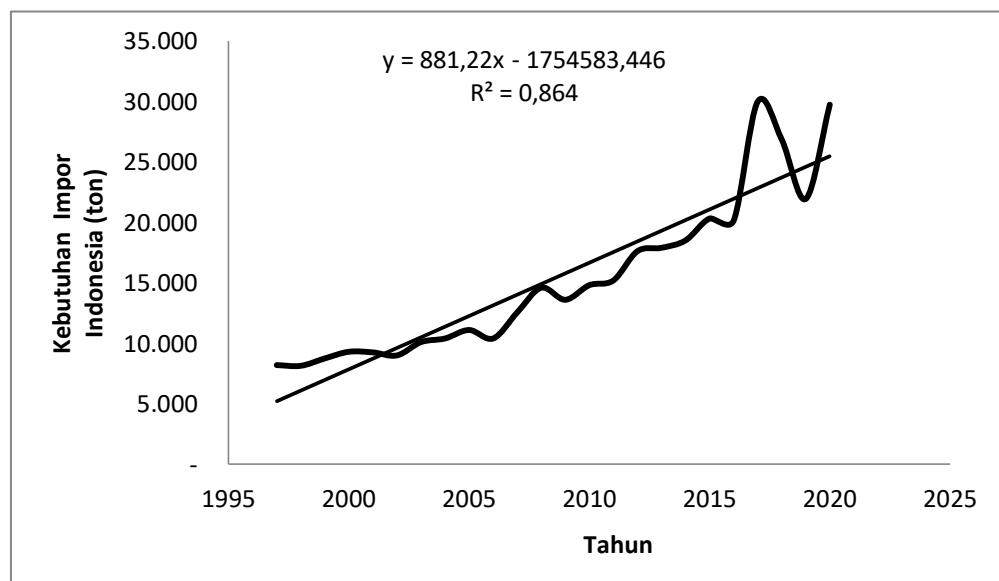
Tahun	Kebutuhan (ton)
1997	8.200
1998	8.140
1999	8.750
2000	9.300
2001	9,250
2002	9.000
2003	10.100
2004	10.400
2005	11.100
2006	10.400
2007	12.550
2008	14.600
2009	13.600
2010	14.810
2011	15.200
2012	17.620
2013	17.900
2014	18.510
2015	20.320
2016	20.140
2017	29.980
2018	26.860



Tabel 1.1. (lanjutan)

2019	21.940
2020	29.740

Berdasarkan data yang diperoleh didapati peningkatan nilai yang signifikan pada tahun 2017 serta penurunan jumlah impor etil klorida sampai pada tahun 2018, namun terjadi peningkatan kembali jumlah etil klorida pada tahun 2019, yang menyebabkan nilai error yang cukup besar. Hal ini disebabkan oleh beberapa kemungkinan diantaranya peningkatan dan penurunan penggunaan produk-produk yang dibuat dari bahan baku etil klorida, dengan mengabaikan hal tersebut perhitungan tetap dilanjutkan. Sehingga, untuk menentukan kapasitas produksi pabrik yang direncanakan berdiri pada tahun 2026 dapat dihitung dengan metode linier dari data impor dalam negeri dengan grafik dibawah ini.



**Gambar 1.1.** Grafik Kebutuhan Etil klorida di Indonesia.

Dari hasil linierisasi diperoleh persamaan  $y = 881,221x - 1.754.583$  dimana x menunjukkan tahun impor dan y menunjukkan kapasitas impor dalam ton/tahun. Kemudian dengan persamaan tersebut didapatkan kebutuhan Etil klorida dalam negeri di tahun 2026 sebanyak 30.770 dan pabrik ini direncanakan akan memenuhi 50% kebutuhan Etil klorida di tahun 2026. Meski demikian target penjualan Etil klorida ini tidak hanya sampai

memenuhi kebutuhan dalam negeri saja, tetapi juga menargetkan penjualan ke negara tetangga seperti Singapura, Malaysia, Thailand dan seterusnya. Data kebutuhan Etil klorida negara lain yang dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.2.** Impor Etil klorida Negara Lain  
(Trade Map, 2021; UNdata, 2021)

Negara	Kebutuhan (ton)
India	25.250
Malaysia	16.660
Singapore	10.690
Myanmar	4.360
Brunei Darussalam	44.360
Taipei	23.170
Korea	1.860
Filipina	1.840
Thailand	2.980
France	157.910
Swedia	95.540
Sri Lanka	2.630

Melihat banyaknya permintaan Etil klorida di luar negeri memberikan peluang penjualan Etil klorida sampai ke negara lain. Hal ini dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan kapasitas pabrik Etil klorida di Indonesia dimana direncanakan pabrik Etil klorida ini akan memenuhi 5% dari rata-rata kapasitas luar negeri yaitu sebesar 21.615 ton. Sehingga total kapasitas pabrik Etil klorida pertahunnya dapat dihitung sebagai berikut.

$$m = m_1 + m_2$$

$$m = (15.385 + 21.615) \text{ ton/th}$$

$$m = 37.000 \text{ ton/th}$$

Dengan,  $m$  = kapasitas pabrik baru

$m_1$  = kapasitas dalam negeri (ton/th)

$m_2$  = kapasitas luar negeri (ton/th)

jadi, kapasitas pabrik Etil klorida yang akan dibangun pada tahun 2026 adalah sebesar 37.000 ton/tahun. Dengan kapasitas sebesar ini diharapkan:

- Dapat menghentikan impor Etil klorida dari luar negeri yang terus meningkat, sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi dengan hasil produksi industri pabrik lokal.
- Dapat menambah devisa nasional dengan melakukan ekspor produk ke negara di kawasan Asia.
- Dapat menggerakkan pertumbuhan industri dengan membuka kesempatan berdirinya industri lain yang menggunakan Etil klorida sebagai bahan baku.
- Membuka lapangan kerja bagi penduduk di sekitar wilayah industri.

#### 1.4. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk kelangsungan hidup suatu pabrik. Untuk menjamin kontinuitas produksi, bahan baku harus mendapat perhatian yang serius agar jumlah produksi tidak terganggu. Bahan baku yang digunakan untuk membuat Etil klorida adalah etilen dan hidrogen klorida. Di Indonesia terdapat beberapa pabrik penghasil etilen dan hidrogen klorida seperti berikut.

**Tabel 1.3.** Produsen Etilen di Indonesia

(PT. Chandra Asri, 2018; PT. Pertamina, 2019)

Nama	Lokasi	Kapasitas
PT Pertamina	Balongan	61.000 ton/tahun
PT Chandra Asri Petrochemical	Anyer	860.000 ton/tahun

**Tabel 1.4.** Produsen Hidrogen Klorida di Indonesia (Mustaina, 2015)

Nama	Lokasi	Kapasitas
PT Sulfindo Adhi Usaha	Serang	131.000 ton/ tahun
PT Asahimas Subentra Chemical	Anyer	4.000 ton/ tahun
PT Timuraya Tunggal	Karawang	85.000 ton/ tahun

Dari data diatas dapat dilihat bahwa PT Chandra Asri merupakan pabrik penghasil etilen terbesar dengan total produksi mencapai 600.000 ton/tahun (PT. Chandra Asri, 2018) dan produksi hidrogen klorida terbesar dihasilkan oleh PT Sulfindo Adhi Usaha dengan kapasitas produksi 131.000 ton/tahun (PT Sulfindo Adhi Usaha, 2021). Melihat besarnya produksi kedua perusahaan ini, maka pabrik Etil klorida yang akan didirikan di tahun 2026 akan menggunakan bahan baku yang berasal dari PT Chandra Asri dan PT Sulfindo Adhi Usaha serta pabrik lain sebagai penunjang, sehingga dapat meminimalisir kelangkaan bahan baku produksi.

### **1.5. Penentuan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik sehingga diperlukan pertimbangan yang matang. Hal ini dikarenakan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan, penentuan kelangsungan produksi dan eksistensinya di masa mendatang serta meminimalisasi biaya produksi dan distribusi. Adapun lokasi pendirian pabrik Etil klorida direncanakan di Desa Gunung Sugih, Kec.Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten dengan pertimbangan sebagai berikut:

#### **1. Ketersediaan bahan baku**

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga ketersediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Lokasi pendirian pabrik di Cilegon ini cukup tepat mengingat sumber bahan baku etilen diperoleh dari PT Chandra Asri yang berlokasi di Cilegon dan bahan baku lain yaitu hidrogen klorida berasal dari PT Sulfindo Adhi Usaha di Serang. Pemilihan lokasi ini diharapkan dapat mengurangi biaya transportasi dan mempercepat proses pengiriman.

#### **2. Pemasaran**

Lokasi pabrik di Cilegon menjadi sangat strategis bila dilihat dari sisi pemasaran, dimana target penjualan Etil klorida adalah industri polimer

seperti PT Tripolita dan PT Yamatogomu di Karawang dan industri cat seperti PT ICI Paints di Bogor yang merupakan pasar potensial untuk pemasaran Etil klorida.

### 3. Sistem Transportasi

Sistem transportasi di daerah ini cukup lengkap meliputi jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermuatan besar untuk kebutuhan distribusi produk etilen klorida ke pabrik tujuan maupun keperluan pembangunan pabrik dan pelabuhan yang digunakan untuk transportasi bahan baku produksi.

### 4. Sarana pendukung utilitas

Utilitas atau fasilitas pendukung produksi Etil klorida berupa air dapat dengan mudah ditemukan di kawasan ini. Air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasi berupa air demin dan air pendingin serta non-operasi berupa air *portable* didapat dari aliran Sungai Cidanau.

## II. TINJAUAN PROSES

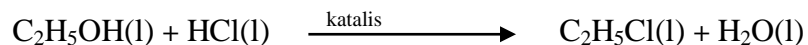
### 2.1. Tinjauan Proses

Etil Klorida atau yang dikenal sebagai *Chloroethane* dan *Monochloroethane* adalah salah satu senyawa kimia yang berwujud gas pada suhu kamar dan tekanan atmosfer dengan titik didih normalnya 12,2°C dan mudah ditekan menjadi cairan yang bening dan jernih (Kirk and Othmer, 2004). Di abad ke-15 Etil Klorida diproduksi dari Etanol dan Hidrogen Klorida untuk pertama kalinya oleh Valentine. Namun pembuatan Etil Klorida skala industri baru dimulai pada tahun 1922 di USA sebagai bahan dasar pembuatan TEL atau bahan aditif untuk meningkatkan kualitas anti *knocking* gasoline (Kirk and Othmer, 2004).

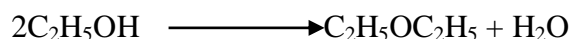
Dalam pembuatan Etil Klorida secara industri terdapat tiga proses yang dapat digunakan yaitu, Hidroklorinasi Etil Alkohol, Hidroklorinasi Etilen dan Klorinasi Etan (Kirk and Othmer, 2004).

#### 1. Hidroklorinasi Etil Alkohol

Proses hidroklorinasi alkohol terjadi antara Etil Alkohol dan Hidrogen Klorida pada suhu 150 - 190°C dengan bantuan  $ZnCl_2$  dengan reaksi yang terjadi adalah:



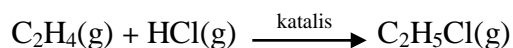
Proses ini berlangsung pada tekanan 2 atm dan dilakukan dalam *reactor Fixed bed multitube*. Produk yang dihasilkan dari proses ini konversinya mencapai 95% dari berat Etanol, dengan kemurnian produk mencapai 99%. Hal yang menjadi perhatian dalam proses ini adalah reaksi samping antara kombinasi dua molekul Etanol yang menghasilkan Dietil Eter sesuai dengan reaksi sebagai berikut :



Untuk itu perlu dicegah dengan penambahan Hidrogen Klorida berlebih 10-15% eksess (Kirk and Othmer, 2004).

## 2. Hidroklorinasi Etilen

Proses hidroklorinasi Etilen dilakukan dengan mereaksikan Etilen dan Hidrogen Klorida dengan reaksi sebagai berikut:



Proses ini dapat dijalankan dalam fase uap dan fase cair, bila proses dijalankan pada fasa uap, reaksi berlangsung dalam reaktor *fixed bed* menggunakan katalis *Zirconium Oxychloride*. Konversi reaksi dapat dicapai sampai 90% dengan kondisi operasi 130 - 250°C dan tekanan 28,2 atm.

Pada suhu 200-250°C konversi kesetimbangan akan semakin menurun, biasanya kondisi ini dilakukan untuk mencapai laju reaksi yang lebih cepat. Meski di suhu tinggi reaksi dapat berjalan lebih cepat, tetapi kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya polimerisasi dan dapat merusak katalisator (Thodos and Stutzman, 1958; Kirk and Othmer, 2004).

## 2.2. Pemilihan Proses

### 1. Berdasarkan Kelayakan Ekonomi

Keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik per kilogram produk dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan kelayakan ekonomi pada proses yang dipilih. Berikut harga untuk masing – masing komponen bahan baku maupun produk :

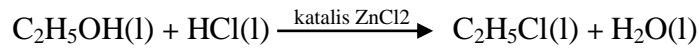
**Tabel. 2.1.** Harga Komponen Bahan Baku dan Produk (Alibaba.com, 2021)

Komponen	Harga (US\$)/kg	Harga (Rp)/kg
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	2,74 – 3,24	47.919
HCl	0,10 – 0,15	2.175
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,10 – 5,00	71.173
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	1,00 – 99,00	1.409.953

Tabel 2.1. (lanjutan)

C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	4,90 – 7,90	116.841
Cl <sub>2</sub>	1,50 – 2,00	28.518

## 1. Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol



Dengan konversi reaksi : 95%

Berdasarkan persamaan stoikiometri maka diperoleh:

**Tabel 2.2.** Stoikiometri persamaan proses Hidroklorinasi Etil Alkohol.

	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	HCl	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	H <sub>2</sub> O
Mula-mula	$n_{A0}$	$n_{B0}$		
Bereaksi	$-n_{A0} \cdot X$	$-n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$
Akhir	$n_{A0} \cdot (1 - X)$	$n_{B0} - n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$

Basis 1 kg C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl yang terbentuk, maka akan diperoleh mol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl

$$\begin{aligned} \text{mol C}_2\text{H}_5\text{Cl} &= \frac{\text{massa C}_2\text{H}_5\text{Cl terbentuk}}{\text{BM C}_2\text{H}_5\text{Cl}} \\ &= \frac{1 \text{ kg}}{64,51 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \\ &= 15,50 \text{ mol} \end{aligned}$$

Karena koefisien C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, maka mol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl yang terbentuk sama dengan mol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH yang bereaksi, sehingga mol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH umpan masuk reaktor dapat dicari dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{mol C}_2\text{H}_5\text{Cl} &= n_{A0} \cdot X \\ 15,50 \text{ mol} &= n_{A0} \cdot 0,95 \\ 15,50 \text{ mol} &= 0,95 \cdot n_{A0} \\ n_{A0} &= \frac{15,50 \text{ mol}}{0,95} \\ n_{A0} &= 16,316 \text{ mol} \end{aligned}$$

Massa C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH mula-mula = mol x BM

$$\begin{aligned} &= 16,316 \text{ mol} \times 46,07 \text{ g/mol} \\ &= 751,679 \text{ gram} = 0,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{Rp}47.919/\text{kg} \times 0,752 \text{ kg} \\ &= \text{Rp}36.035,088 \end{aligned}$$



Untuk mencari mol HCl mula-mula dapat diperoleh melalui:

$$n_B = n_{B0} - n_{A0} \cdot X$$

Dengan  $n_B = 0$ , karena HCl habis bereaksi, maka

$$n_B = n_{B0} - n_{A0} \cdot X$$

$$0 = n_{B0} - (16,316 \text{ mol} \cdot 0,95)$$

$$n_{B0} = 15,500 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa HCl mula-mula} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 15,500 \text{ mol} \times 36,458 \text{ g/mol} \\ &= 564,975 \text{ gram} = 0,565 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost HCl} &= \text{Rp}2.175/\text{kg} \times 0,565 \text{ kg} \\ &= \text{Rp}1.229 \end{aligned}$$

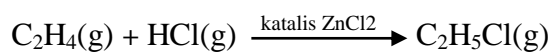
Karena H<sub>2</sub>O tidak dijual maka biaya H<sub>2</sub>O = Rp0,-

$$\begin{aligned} \text{Total harga bahan baku} &= \text{Cost C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Cost HCl} \\ &= \text{Rp}36.035,088 + \text{Rp}1.229 \\ &= \text{Rp}37.264,088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total harga produk} &= \text{Cost H}_2\text{O} + \text{Total Cost C}_2\text{H}_5\text{Cl} \\ &= \text{Rp}0 + \text{Rp}1.409.953 \\ &= \text{Rp}1.409.953 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{total harga produk} - \text{total harga bahan} \\ &\quad \text{baku} \\ &= \text{Rp}1.409.953 - \text{Rp}37.264,088 \\ &= \text{Rp}1.372.688,912 \end{aligned}$$

## 2. Proses Hidroklorinasi Etilen



**Tabel 2.3.** Stoikiometri persamaan proses Hidroklorinasi Etilen.

	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	HCl	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl
Mula-mula	$n_{A0}$	$n_{B0}$	
Bereaksi	$-n_{A0} \cdot X$	$-n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$
Akhir	$n_{A0} \cdot (1 - X)$	$n_{B0} - n_{A0} \cdot X$	$n_{A0} \cdot X$

Basis 1 kg  $C_2H_5Cl$  yang terbentuk, maka akan diperoleh mol  $C_2H_5Cl$  akhir sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{mol } C_2H_5Cl &= \frac{\text{massa } C_2H_5Cl \text{ terbentuk}}{\text{BM } C_2H_5Cl} \\ &= \frac{1 \text{ kg}}{64,51 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \\ &= 15,50 \text{ mol} \end{aligned}$$

Karena koefisien  $C_2H_5Cl = C_2H_4$ , maka mol  $C_2H_5Cl$  yang terbentuk sama dengan mol  $C_2H_4$  yang bereaksi, sehingga mol  $C_2H_4$  umpan masuk reaktor dapat dicari dengan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{mol } C_2H_5Cl &= n_{A0} \cdot X \\ 15,50 \text{ mol} &= n_{A0} \cdot 0,90 \\ 15,50 \text{ mol} &= 0,90 \cdot n_{A0} \\ n_{A0} &= \frac{15,50 \text{ mol}}{0,90} \\ n_{A0} &= 13,95 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_2H_4 \text{ mula-mula} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 13,95 \text{ mol} \times 28,05 \text{ g/mol} \\ &= 391,297 \text{ gram} = 0,391 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost } C_2H_4 &= \text{Rp}71.173,25/\text{kg} \times 0,391 \text{ kg} \\ &= \text{Rp}27.828,64 \end{aligned}$$

Untuk mencari mol HCl mula-mula dapat diperoleh melalui:

$$n_B = n_{B0} - n_{A0} \cdot X$$

Dengan  $n_B = 0$ , karena HCl habis bereaksi, maka

$$\begin{aligned} n_B &= n_{B0} - n_{A0} \cdot X \\ 0 &= n_{B0} - (13,95 \text{ mol} \cdot 0,90) \end{aligned}$$

$$n_{B0} = 12,55 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa HCl mula-mula} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 12,55 \text{ mol} \times 36,458 \text{ g/mol} \\ &= 457,730 \text{ gram} = 0,457 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost HCl} &= \text{Rp}2.175/\text{kg} \times 0,457 \text{ kg} \\ &= \text{Rp}993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total harga bahan baku} &= \text{Cost } C_2H_4 + \text{Cost HCl} \\ &= \text{Rp}27.828,64 + \text{Rp}993,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp}28.822,61 \\
 \text{Total harga produk} &= \text{Cost } \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \\
 &= \text{Rp}1.409.953 \\
 \text{Keuntungan} &= \text{total harga produk} - \text{total harga bahan baku} \\
 &= \text{Rp}1.409.953 - \text{Rp}28.822,61 \\
 &= \text{Rp}1.381.130,39
 \end{aligned}$$

## 2. Berdasarkan Kelayakan Termodinamika

Pemilihan proses berdasarkan kelayakan termodinamika dapat dilihat dari nilai perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) dan perubahan *gibbs free energy* ( $\Delta G$ ). Pada sebuah proses kimia perlu diketahui bagaimana kondisi panas reaksi untuk sebuah proses berjalan dengan optimal sehingga diketahui apakah proses berjalan membutuhkan panas atau menghasilkan panas sebagai dasar dalam mendesain reaktor (Smith *et al.*, 2001).

Proses dengan sistem tertutup, bertekanan konstan dan reversible secara mekanis, aliran stabil dimana nilai energi potensial dan energi kinetik diabaikan dan kerja sama dengan nol maka panas reaksi sama dengan perubahan entalpi sistem ( $\Delta H$ ).  $\Delta H$  negatif menunjukkan reaksi eksotermis, konstanta kesetimbangan berkurang dan temperatur meningkat, sebaliknya  $\Delta H$  positif menunjukkan reaksi endotermis (Smith *et al.*, 2001).

Panas reaksi standar didefinisikan sebagai perubahan entalpi ketika sejumlah reaktan pada keadaan temperatur standarnya bereaksi membentuk produk dalam keadaan temperatur standarnya (Smith *et al.*, 2001).

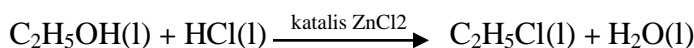
Nilai perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) negatif menunjukkan reaksi berjalan secara eksotermis sedangkan nilai perubahan entalpi positif menunjukkan reaksi endotermis (Coulson *et al.*, 2002).

Sebuah reaksi kimia pada suhu dan tekanan tertentu berlangsung pada penurunan nilai *gibbs free energy*. Reaksi kimia berhenti dan berada pada kesetimbangan kimia ketika nilai *gibbs free energy*

mencapai nilai minimum sedangkan reaksi kimia tidak dapat berlangsung ketika nilai *gibbs free energy* meningkat (Cengel).

$\Delta G$  atau perubahan *Gibbs free energy* yang mengidentifikasi apakah sebuah proses berjalan secara spontan ( $\Delta G < 0$ ), pada kesetimbangan ( $\Delta G = 0$ ) atau proses tidak dapat dilanjutkan ( $\Delta G > 0$ ) (Lee, 2000). Sehingga perlu diperhatikan nilai  $\Delta G$  untuk memilih proses mana yang lebih menguntungkan secara termodinamik. Nilai  $\Delta H$  dan  $\Delta G$  reaksi dari ketiga proses dapat dihitung sebagai berikut:

#### 1. Hidroklorinasi Etil Alkohol



**Tabel 2.4.** Nilai  $S_{298}$  dan  $\Delta H^{\circ}_f$  setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$S_{298}$ (J/mol.K)	$\Delta H^{\circ}_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	161	-277,7
HCl	186,8	-167,15
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	0,2758	-136,8
$\text{H}_2\text{O}$	188,72	-241,8

$$\Delta H^{\circ} = \sum_i v_i \Delta H^{\circ}_f i \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ} &= (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \Delta H^{\circ}_f \text{HCl}) \\ &= (-136,68 + (-241,8)) - (-277,7 + (-167,15)) \\ &= 66,25 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kondisi termodinamika disuhu reaksi  $190^{\circ}\text{C}$ , maka digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\Delta H = \Delta H^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = \Delta A (T-T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2-T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3-T_0^3) + \frac{\Delta D}{4} (T^4-T_0^4)$$

**Tabel 2.5.** Konstanta Kapasitas Panas setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Koef	A	B x $10^3$	C x $10^6$	D x $10^{-5}$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-1	-8,321	-7,181	-2,3752	0
HCl	-1	-3,156	-0,623	-0,151	0

Tabel 2.5. (lanjutan)

C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	1	6,986	30,01	2,3861	0
H <sub>2</sub> O	1	3,47	1,45	0,121	0
Total	0	-1,021	23,656	-0,0191	0

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (-1,021)(463-298) + \left(\frac{23,656}{2}\right)(10^{-3})(463^2-298^2) + \left(\frac{-0,0191}{3}\right)(10^{-6})(463^3-298^3)$$

$$= 1.316,254 \text{ J/mol}$$

$$= 1,3162 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{463} = 66,25 + (8,314 \times 1,3162) \text{ kJ/mol}$$

$$= 77,193 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$\Delta G_{463} = \Delta H_{463} - T\Delta S_{463}$$

$$S_2 = S_1 + C_p \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$S_{463} = S_{298} + C_p \ln \frac{T_1}{T_2}$$

$$C_p = A + B.T + C.T^2 \quad (\text{Yaws, 1999})$$

Dengan data  $S_1$  pada Tabel 2.7 dan data konstanta kapasitas panas pada Tabel 2.8 maka  $C_{p463}$  dan  $S_{463}$  dapat dihitung dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2.6. Nilai  $C_{p463}$  dan  $S_{463}$  setiap komponen

Komponen	$C_{p463}$ (J.mol.K)	$S_{463}$ (J/mol.K)
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	12,11	166,36
HCl	3,47	188,33
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	21,39	9,70
H <sub>2</sub> O	4,17	190,56

$$\text{Sehingga, } \Delta S = \sum v_i.S(\text{produk}) - \sum v_i.S(\text{reaktan}) \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$\Delta S_{463} = (\Delta S \text{ C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \Delta S \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta S \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + \Delta S \text{ HCl})$$

$$= (9,70+190,56) - (166,36+188,33)$$

$$= -154,43 \text{ J/mol.K}$$

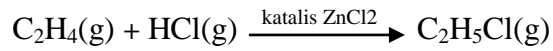
$$= -0,154 \text{ kJ/mol.K}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$\Delta G_{463} = 77,193 \text{ kJ/mol} - 463 \text{ K} \times (-0,154 \text{ kJ/mol.K})$$

$$= 148,69 \text{ kJ/mol}$$

## 2. Hidroklorinasi Etilen



**Tabel 2.7.** Nilai  $\Delta H^{\circ}f$  setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$S_{298}$ (J/mol.K)	$\Delta H^{\circ}f_{298}$ (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_4$	219,45	52,3
HCl	186,8	-92,3
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	275,78	-112,1

$$\Delta H^{\circ} = \sum_i v_i \Delta H^{\circ}f_i \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \Delta H_f \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} - (\Delta H_f \text{C}_2\text{H}_4 + \Delta H_f \text{HCl})$$

$$= -112,1 - (52,3 + (-92,3))$$

$$= -72,10 \text{ kJ/mol}$$

Untuk mengetahui kondisi termodinamika disuhu reaksi  $175^{\circ}\text{C}$ , maka digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\Delta H = \Delta H^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = A(T - T_0) + B/2(T^2 - T_0^2) + C/3(T^3 - T_0^3) + D/4(T^4 - T_0^4)$$

**Tabel 2.8.** Konstanta Kapasitas Panas setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Koef	A	$B \times 10^3$	$C \times 10^6$	$D \times 10^{-5}$
$\text{C}_2\text{H}_4$	-1	-1,424	-14,394	4,392	0
HCL	-1	-3,156	-0,623	-0,151	0
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	1	6,986	30,01	2,3861	0
Total	-1	2,406	14,993	6,6271	0

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (2,406)(443-298) + \left(\frac{14,993}{2}\right)(10^{-3})(443^2-298^2) + \left(\frac{6,6271}{3}\right)(10^{-6})$$

$$(443^3-298^3)$$

$$= 1.287,922 \text{ J/mol}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,287 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta H_{443} &= (-72,10 + 8,314 \times 1,2879) \text{ kJ/mol} \\
 &= -61,392 \text{ kJ/mol} \\
 \Delta G_{443} &= \Delta H_{443} - T\Delta S_{443} \\
 S_{443} &= S_{298} + C_p \ln \frac{T_1}{T_2} \\
 C_p &= A + B.T + C.T^2 \quad (\text{Yaws, 1999})
 \end{aligned}$$

Dengan data  $S_1$  pada Tabel 2.7 dan data konstanta kapasitas panas pada Tabel 2.8 maka  $C_{p443}$  dan  $S_{443}$  dapat dihitung dan didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 2.9.** Nilai  $C_{p443}$  dan  $S_{443}$  setiap komponen

Komponen	$C_{p443}$ (J.mol.K)	$S_{443}$ (J/mol.K)
$C_2H_4$	6,93	222,22
HCl	3,46	188,77
$C_2H_5Cl$	20,74	284,01

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga, } \Delta S &= \sum v_i.S(\text{produk}) - \sum v_i.S(\text{reaktan}) \quad (\text{Chang, 2004}) \\
 \Delta S_{443} &= S_{C_2H_5Cl} - (S_{C_2H_4} + S_{HCl}) \\
 &= (284,01) - (222,22 + 188,77) \\
 &= -0,126 \text{ kJ/mol.K} \\
 \Delta G_{443} &= \Delta H_{443} - T\Delta S_{443} \\
 \Delta G_{443} &= -61,392 \text{ kJ/mol} - 443 \text{ K} \times (-0,126 \text{ kJ/mol.K}) \\
 &= -5,41 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 S_{298} &= \text{entropy komponen di suhu 298 K (kJ/mol.K)} \\
 \Delta H^{\circ}_{f298} &= \text{entalpi pembentukan reaksi standar (kJ/mol)} \\
 \Delta H^{\circ} &= \text{entalpi reaksi standar (kJ/mol)} \\
 \Delta H &= \text{entalpi reaksi (kJ/mol)} \\
 R &= \text{tetapan gas ideal (8,314 J/mol.K)} \\
 C_p &= \text{konstanta panas (J.mol.K)} \\
 T &= \text{suhu reaksi (K)} \\
 T_o &= \text{suhu standar (K)} \\
 \Delta G &= \text{energi bebas gibbs reaksi (kJ/mol)}
 \end{aligned}$$

$S_2$	= entropi reaksi (kJ/mol.K)
$S_1$	= entropi reaksi standar (kJ/mol.K)
$\Delta S$	= perubahan entropi reaksi (kJ/mol.K)

Dari perhitungan secara ekonomi dan termodinamik didapatkan data untuk setiap proses produksi etil klorida yang hasilnya ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.10.** Perbandingan Proses Pembuatan Etil Klorida

Parameter	Proses 1	Proses 2
Bahan Baku	Etil Alkohol dan HCl	Etilen dan HCl
Harga Bahan Baku	50.094/kg	73.348/Kg
Suhu Reaksi	190	170
Konversi	95%	90%
$\Delta H$ (kJ/mol)	77,193	-61,392
$\Delta G$ (kJ/mol)	148,69	-5,41
Jenis Reaksi	Endotermis	Eksotermis
Reaksi Samping	Ada	Tidak Ada
Keuntungan	Rp1.372.688,912	Rp1.381.130,39

Berdasarkan perbandingan pada tabel diatas metode yang yang dipilih dalam produksi etil klorida kali ini adalah proses hidroklorinasi etilen, hal ini berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

- Membutuhkan sedikit energi untuk menjalankan reaksi dilihat dari nilai  $\Delta G^0$  yang negatif dan suhu reaksi yang rendah
- Tidak ada reaksi samping
- Keuntungan lebih tinggi dari proses lain

### 2.3. Uraian Proses

#### 1. Tahap Penyediaan Bahan Baku

Etilen gas yang disuplai dari PT Chandra Asri dialirkan melalui pipa pada tekanan 31,6 atm dengan suhu 40°C menuju *expansion valve*



(EV-101) untuk diturunkan tekanan dan suhunya pada 7,83 atm dan 37,92°C, selanjutnya etilen dipanaskan dengan *heater* (HE-101) sampai 176°C sebelum akhirnya memasuki reaktor.

Hidrogen klorida cair yang berasal dari tangki penyimpanan (TP-101) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan ke *vaporizer* (VP-101) untuk diuapkan mencapai suhu 175,2°C kemudian dialirkan ke *compressor* (CM-101) untuk dinaikkan tekanannya sampai 7,83 atm dan suhu keluar 176°C, selanjutnya dialirkan menuju (R-201) untuk bereaksi dengan etilen.

## 2. Tahap Reaksi

Bahan baku etilen dan hidrogen klorida memasuki reaktor (R-201) pada fasa gas diproses menjadi etil klorida dengan suhu reaksi 176°C dan tekanan 7,83 atm. Reaktor yang digunakan adalah jenis *packed tower* dengan katalis *zirconium oxychloride* ( $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ) (US Patent 2140508; Thodos and Stutzman, 1958).

## 3. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan

Gas keluar reaktor berupa etil klorida dan zat-zat lain yang tidak bereaksi dialirkan menuju *Condenser* (CD-301) untuk dikondensasikan pada suhu 112,97°C dan tekanan 7,83 atm dilanjutkan dengan menurunkan tekanan menggunakan *expansion valve* (EV-301) hingga 5 atm dan suhu 112,90°C sebelum dipisahkan pada separator *knockout drum* (KO-301).

Separator *knockout drum* (KO-301) memisahkan gas yang tidak terkondensasi dan liquid hasil kondensasi. Zat-zat pada fasa gas dilepaskan ke udara dan cairan hasil pemisahan keluar diturunkan tekanannya sampai 2 atm dengan suhu keluar 112,80°C untuk selanjutnya memasuki *separator flash drum* (FD-301) dengan tujuan memisahkan sebagian besar HCl.

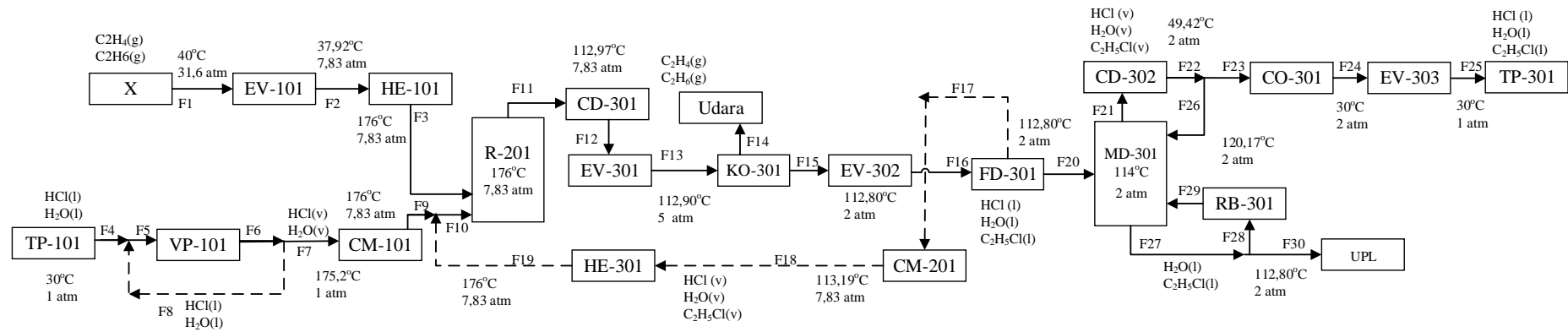
Gas keluaran *separator flash drum* (FD-301) selanjutnya menuju *heater* (HE-301) dikondisikan pada suhu 176°C dan tekanan 7,83 atm sebelum diumpankan kembali ke reaktor (R-01). Cairan keluaran *separator flash drum* (FD-301) dialirkan ke menara distilasi (MD-301)

untuk memisahkan produk utama berupa etil klorida dengan pengotor lainnya pada suhu  $114^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 atm.

Produk bawah keluaran menara distilasi berupa air dan sebagian kecil etil klorida diuapkan kembali menggunakan *reboiler* (RB-301) untuk dikembalikan ke menara distilasi (MD-301) pada suhu  $120,17^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 atm serta menuju unit pengolahan limbah pada suhu  $112,80^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 atm. Etil klorida dan sebagian kecil air yang menjadi produk atas menara distilasi (MD-01) dikondensasikan di *Condenser* (CD-302) pada suhu  $49,42^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 atm.

Selanjutnya etil klorida didinginkan menggunakan *Cooler* (CO-301) pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 atm serta dialirkan ke *expansion valve* (EV-303) untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan (TP-301) untuk disimpan sementara sebelum dipasarkan.

Diagram Alir Proses Produksi Etil Klorida



### III. SPESIFIKASI BAHAN

#### 3.1. Spesifikasi Bahan Baku

##### 1. Etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

Komposisi :

• C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> : 99,95 %

• C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 0,05 %

Berat molekul (BM) : 28 kg/kmol

Titik didih Normal : -103,71°C

Titik beku : -169,15°C

Titik nyala : -135°C

(PT Chandra Asri Petrochemical Tbk, 2022)

*Explosive Limits* : 2,7-36% mol di udara

Suhu kritis : 9,7°C

Tekanan kritis : 50,5 atm

Fasa : gas

(Kirk and Othmer, 2004)

##### 2. Hidrogen Klorida

Rumus Molekul : HCl

Berat Molekul (BM) : 36,5 kg/kmol

Titik didih : 81,5 - 110°C pada 760 mmHg

Titik beku : -114,22°C

Densitas cair pada 30°C : 0,585 g/cm<sup>3</sup>

Viskositas pada 25°C : 0,07 c<sub>p</sub>

Tekanan kritis : 8,19 atm

Suhu kritis : 96,8°C

(Kirk and Othmer, 2004)

Komposisi :

• HCl	: 33 %
• H <sub>2</sub> O	: 67 %
Fasa	: Cair
Warna	: putih kekuningan
Titik lebur	: -144,8 °C (gas) -25,4 °C (39,17% b/b)
Tekanan uap (20 °C)	: 36,5 mmHg
Kelarutan dalam air	: 82,3 g/100 ml

(PT. Sulfindo Adi Usaha, 2022)

### 3.2. Spesifikasi Bahan Pembantu

#### 1. Zirconium Oxychloride (ZrOCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O)

Berat Molekul (BM)	: 322,2 kg/kmol
Bentuk	: Butiran bola (smooth, uniform)
Ukuran	: 0,125 in
Bulk density	: 0,8 g/cm <sup>3</sup>
Porositas	: 0,5812
Partikel densitas	: 1,91 g/cm <sup>3</sup>

### 3.3. Spesifikasi Produk

#### 1. Etil Klorida (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl)

Komposisi :

• C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	: 99 %
• H <sub>2</sub> O	: 1%
Berat Molekul	: 64,5 kg/kmol
Titik didih	: 48,46°C
Titik beku	: -136,25°C
Titik nyala	: -43°C
Densitas cair pada 30°C	: 0,89 g/cm <sup>3</sup>
Tekanan kritis	: 52 atm
Suhu kritis	: 187°C

(Kirk and Othmer, 2004)

## X. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Etil klorida dengan kapasitas 37.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Persen *Return on Investment* (ROI) sesudah pajak 29%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,41 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 30,00% menunjukkan jumlah biaya produksi sama dengan jumlah pendapatan.
4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 16,80% menunjukkan batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 33,07%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sebesar 5,57% sehingga *investor* akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

### B. Saran

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan dari hasil analisis ekonomi diatas maka pabrik Etil klorida dengan kapasitas tiga puluh tujuh ribu ton per tahun baik untuk dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

Alibaba, 2021. *Harga Bahan Kimia*. Diakses melalui [www.Alibaba.com](http://www.Alibaba.com) pada 19 Juli 2021.

Badan Pusat Statistik, 2021. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). pada 10 Agustus 2021.

Brownell, L. E., and Young, E. H. 1956. *Process Equipment Design*. University of Michigan. John Wiley and Sons Inc. New York.

Coulson, J. M., and J. F. Richardson 2005. *Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Butterworth-Heinemann: Washington.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall International Inc: United States of America.

Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operation 3<sup>rd</sup> edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmelblau, David. 2004. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 7<sup>th</sup> edition* . Prentice Hall Inc, New Jersey.

Kern, Donald Q.1965. *Process Heat Trans*. Mcgraw-Hill Co.:New York.

Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 2004. “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 4<sup>th</sup> edition, vol.17. John Wiley and Sons Inc. New York.

- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2<sup>nd</sup> edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3<sup>rd</sup> edition*. Houston: Gulf Publishing Company.
- McCabe, W. L. and Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga, Jakarta.
- Mustaina, 2015. *Prarancangan Pabrik Etil Klorida dari Etilen dan Hidrogen Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun. Skripsi*, Lampung: Universitas Lampung.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.
- Peter, M. S., Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.
- PT. Chandra Asri, 2018. *Data Kapasitas Produksi Etilen*. Diakses melalui [www.chandra-asri.com](http://www.chandra-asri.com) pada 12 Agustus 2021.
- PT. Pertamina, 2019. *Data Kapasitas Produksi Etilen*. Diakses melalui [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com) pada 12 Agustus 2021.
- PT. Sulfindo Adhi Usaha, 2021. *Data Kapasitas Produksi Hidrogen Klorida*. Diakses melalui [www.sulfindo.com](http://www.sulfindo.com) pada 15 Agustus 2021.
- Smith, J. M., h.c. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.



- Syed R. Qasim. 1985. *Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*. Holt, Rinerhart and Winton, CBS College Publishing.
- Thodos, G. and Stutzman, L.F. 1958. *Reaction Kinetic Studies Synthesis of Ethyl Chloride*. The Technology Institute, Northwestern University.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> edition*. McGraw-Hill: New York.
- Trade Map, 2021. *Data Impor Etil Klorida di Indonesia*. Diakses melalui [www.trademap.org](http://www.trademap.org) pada 10 Agustus 2021.
- Treyball, R.E. 1983. *Mass Transfer Operation 3<sup>rd</sup> edition*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulrich, G. D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- UNdata, 2021. *Data Kebutuhan Etil Klorida di Indonesia*. Diakses melalui [www.data.un.org](http://www.data.un.org) pada 10 Agustus 2021.
- Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann: Washington.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co., New York.