

**PRARANCANGAN PABRIK EPIKLOOROHIDRIN  
DARI DIKLOOROHIDRIN DAN NATRIUM HIDROKSIDA  
KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus  
Perancangan Reaktor (RE-201)**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**RIZKIYAA OKTAVIA (1815041055)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**

**PRARANCANGAN PABRIK EPIKLOROHIDRIN  
DARI DIKLOROHIDRIN DAN NATRIUM HIDROKSIDA  
KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus  
Perancangan Reaktor (RE-201)**

**Oleh:**

**RIZKIYAA OKTAVIA  
1815041055**

**(Skripsi)**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
Sarjana Teknik

Pada  
Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK EPIKLOROHIDRIN ( $C_3H_5ClO$ ) DARI DIKLOROHIDRIN ( $C_3H_6Cl_2O$ ) DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) DENGAN KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN (PERANCANGAN REAKTOR (RE-201))

Oleh

RIZKIYAA OKTAVIA

Epiklorohidrin merupakan salah satu produk kimia yang digunakan untuk memproduksi resin epoksi, gliserin sintesis, surfaktan, *elastomer*, serta dapat digunakan pada proses *painting and coating*. Epiklorohidrin diproduksi dengan proses dehidroklorinasi dengan bahan baku diklorohidrin dan natrium hidroksida.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 16.000 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 Epiklorohidrin sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp562.168.439.812,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp99.206.195.261,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp661.374.635.073,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 38,88%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sup>a</sup></i>	= 1,64 tahun
<i>Return on Investment before Taxes (ROI)<sup>b</sup></i>	= 51%
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sup>a</sup></i>	= 43%
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 51,92%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 26,82%

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

Kata kunci: Epiklorohidrin, Diklorohidrin, Natrium Hidroksida, Ekonomi.

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF EPICHLOROHYDRIN (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>ClO) FROM DICHLOROHYDRIN (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>O) AND SODIUM HYDROXIDE (NaOH) WITH CAPACITY 16.000 TONS/YEAR (DESIGN OF REACTOR (RE-201))

By

**RIZKIYAA OKTAVIA**

Epichlorohydrin is a chemical product used to produce epoxy resin, synthetic glycerin, surfactants, elastomers, and can be used in painting and coating processes. Epichlorohydrin is produced by dehydrochlorination process with dichlorohydrin and sodium hydroxide as raw materials.

The factory's production capacity is planned at 16.000 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 Epichlorohydrin are:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp562.168.439.812,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp99.206.195.261,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp661.374.635.073,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 38,88%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sup>a</sup></i>	= 1,64 tahun
<i>Return on Investment before Taxes (ROI)<sup>b</sup></i>	= 51%
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sup>a</sup></i>	= 43%
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 51,92%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 26,82%

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

Key words: Epichlorohydrin, Dichlorohydrin, Sodium hydroxide, Economics.

Judul Skripsi

**PRARANCANGAN PABRIK EPIKLOROHIDRIN  
DARI DIKLOROHIDRIN DAN NATRIUM  
HIDROKSIDA KAPASITAS 16.000 TON/TAHUN  
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa

**Rizkiyaa Oktavia**

No. Pokok Mahasiswa

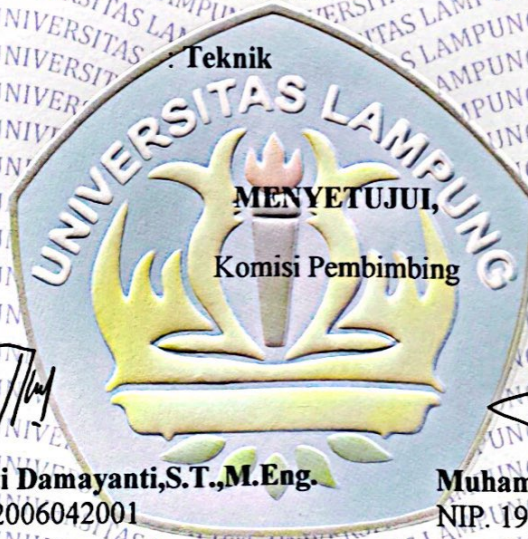
**1815041055**

Program Studi

**Teknik Kimia**

Fakultas

**Teknik**



**Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.**  
NIP. 197904192006042001

**Muhammad Haviz, S.T., M.T.**  
NIP. 199001282019031015

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 197407122000032001

**MENGESAHKAN**

1. **Tim Penguji**

**Ketua**

**Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.**

**Sekretaris**

**Muhammad Haviz, S.T., M.T.**

**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

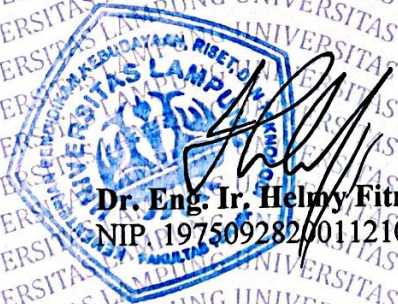
**Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**

**Taharuddin, S.T., M.Sc.**

2. **Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc.)**

**NIP. 197509282001121002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Januari 2024**

## 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, 20 Februari 2024



Rizkiyaa Oktavia

NPM. 1815041055

## RIWAYAT HIDUP



**Rizkiyaa Oktavia**, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 27 Oktober 1999, anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Achmad Supriyadi dan Ibu Inunsih.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDS Gula Putih Mataram pada tahun 2012, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Gula Putih Mataram pada tahun 2015 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 01 Kencong Jember pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada tahun 2021, penulis melaksanakan penelitian dengan Judul “Reaktivasi *Spent Bleaching Earth* (SBE) menggunakan Asam Klorida (HCl) sebagai Adsorben pada Proses Pemucatan Minyak Kelapa Sawit Mentah (CPO)”. Selain itu, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjar Negeri, Natar, Lampung Selatan dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PTPN VII Unit Bekri pada tahun 2021 dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Digester dan *Screw Press* pada Stasiun Pengempaan Pabrik *Crude Palm Oil* (CPO)”.



## **Motto dan Persembahan**

“Cukupah Allah menjadi penolong kami, dan Allah adalah sebaik-baiknya pelindung”

(Q.S Ali Imran: 173)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al Insyirah: 5)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al Baqarah: 286)

“Made me learn a little bit faster. Made my skin a little bit thicker. Makes me that much smarter. So thanks for making me a fighter”

(Christina Aguilera)

“It takes some work to make it work, it takes some good to make it hurt, it takes some bad for satisfaction”

(Jason Mraz)

“So whatever you don't let go”

(Coldplay)

“Everything you want is a dream away”

(Coldplay)

“Jadilah cahaya dalam kegelapan”

(Rizkiyaa Oktavia)

*Dengan mengucap syukur kepada Allah SWT,  
Kupersembahkan karya kecilku ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Ayah dan Mama tercinta,  
Alhamdulillah terimakasih untuk segala do'a yang dipanjatkan dan kasih  
sayang yang tak terhingga untuk putrimu ini.*

*Mbak dan Kakakku,  
Alhamdulillah terimakasih untuk do'a dan dukungannya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku tersayang,  
Terimakasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,  
Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,  
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida Kapasitas 16.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberikan saran dan motivasi terkait tugas akhir ini.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir, yang telah memberikan saran dan motivasi terkait tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat, sabar dalam membimbing, motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar dalam membimbing, serta memberikan arahan, motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Ibu Dr. Herti Utami, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik, saran yang sangat amat membangun demi memastikan kephahaman dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Bapak Taharuddin, S.T.,M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik, saran yang sangat amat membangun demi memastikan kephahaman dalam pengerjaan tugas akhir ini.

7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal untuk terus berkembang di masa depan.
8. Semua keluarga tercinta, Ayah, Mama, Mbak Via dan Kakak Dwi yang selalu memberikan nasehat, semangat dan dukungan luar biasa kepada penulis, sehingga perjalanan perkuliahan ini dapat terselesaikan. Terimakasih sudah mau sabar menunggu anak dan adik bungsumu ini lulus. Tanpa doa dan dukungan dari kalian semua, mungkin penulis tidak akan dapat menyelesaikan tugas akhir dan tanggung jawab lainnya diperkuliahan.
9. Naufal Pangestu U, S.T. yang telah membantu, membersamai, serta memberikan dukungan tanpa henti untuk penulis. Terimakasih ya.
10. Cecan Premiumku. Terimakasih kepada Eca, Nitha, Kiwul dan Cece yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tanggung jawab diperkuliahan dengan semangat terus menjalani hingga akhirnya kita semua bisa melewati semua rintangan yang ada.
11. Deliana Sari, selaku Partner TA untuk kerja samanya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Kimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih banyak sudah membantu, membersamai dalam banyak hal selama penulis berada di Teknik Kimia.
13. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan kebaikan untuk penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 20 Februari 2024

Penulis,

Rizkiyaa Oktavia

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	5
1.4 Analisis Pasar .....	6
1.5 Kapasitas Pabrik .....	9
1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik .....	10
<b>BAB II PEMILIHAN PROSES .....</b>	<b>15</b>
2.1 Macam-macam Proses Pembuatan Epiklorohidrin.....	15
2.2 Seleksi Proses.....	17
2.3 Pemilihan Proses.....	42
2.4 Uraian Proses .....	44
<b>BAB III SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>48</b>
3.1. Spesifikasi Bahan Baku .....	48
3.3. Spesifikasi Produk utama.....	50
3.3. Spesifikasi Produk Samping .....	51
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI .....</b>	<b>53</b>
4.1. Neraca Massa .....	53
4.2. Neraca Energi.....	61
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT.....</b>	<b>81</b>
5.1 Spesifikasi Alat Proses.....	81
5.2 Spesifikasi Alat Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	105
5.3 Spesifikasi Alat Unit Pembangkit Steam.....	131
5.4 Spesifikasi Alat Unit Penyediaan Udara Tekan.....	138

5.5 Spesifikasi Alat Unit Refigerasi.....	141
5.6 Spesifikasi Alat Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	146
<b>BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....</b>	<b>150</b>
6.1. Unit Utilitas.....	150
6.2. Unit Pengolahan Limbah .....	165
6.3. Laboratorium.....	166
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	168
<b>BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....</b>	<b>172</b>
7.1. Lokasi Pabrik .....	172
7.2. Tata Letak Pabrik.....	174
7.3. Estimasi Area Pabrik.....	177
<b>BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI</b>	
<b>PERUSAHAAN .....</b>	<b>179</b>
8.1. Bentuk Perusahaan.....	179
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	181
8.3. Tugas dan Wewenang .....	184
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	190
8.5. Pembagian Pukul Kerja Karyawan .....	191
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	193
8.7. Kesejahteraan Karyawan .....	198
8.8. Cuti.....	198
8.9. Pakaian Kerja .....	198
8.10. Pengobatan .....	198
8.11. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS Kesehatan) .	199
8.12. Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	199
<b>BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....</b>	<b>201</b>
9.1. Total Capital Investment (TCI).....	202
9.2. Total Production Cost (TPC) .....	204
9.3. Evaluasi Ekonomi .....	205
9.4. Angsuran Pinjaman.....	207
9.5. Discounted Cash Flow (DCF).....	207
<b>BAB X SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>209</b>

10.1. Simpulan .....	209
10.2. Saran .....	209

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA****LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI****LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT****LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS****LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI****LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REACTOR (RE-201)**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Data Ketersediaan Bahan Baku .....	5
1.2. Perkembangan Impor Epiklorohidrin di Indonesia .....	7
1.3. Kriteria Pemilihan Lokasi Pabrik .....	11
2.1. Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ pada Setiap Komponen.....	18
2.2. Nilai Konstanta $C_p$ (kJ/mol.K).....	20
2.3. Nilai $\Delta G^{\circ}_f$ pada Setiap Komponen.....	21
2.4. Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ pada Setiap Komponen.....	24
2.5. Nilai $\Delta G^{\circ}_f$ pada Setiap Komponen.....	27
2.6. Perbandingan Nilai <i>Gibbs Free Energy</i> dan Entalpi Reaksi .....	29
2.7. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin .....	30
2.8. Mol Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin Dan Natrium Hidroksida .....	34
2.9. Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin Dan Natrium Hidroksida .....	35
2.10. Harga Bahan Baku untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida .....	35
2.11. BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin.....	36



2.12.	Mol/jam Bahan Baku dan Produk yang dibutuhkan pada Proses Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida .....	39
2.13.	Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida .....	40
2.14.	Harga Bahan Baku untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida .....	41
2.15.	Perbandingan Keuntungan Proses Pembuatan Epiklorohidrin .....	42
2.16.	Perbandingan Proses Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dengan Natrium Hidroksida dan Reaksi Diklorohidrin dengan Kalsium Hidroksida .....	43
4.1.	Neraca Massa Total <i>Mixing Tank</i> .....	55
4.2.	Neraca Massa Total <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	56
4.3.	Neraca Massa Total Reaktor (RE-201) .....	57
4.4.	Neraca Massa Total <i>Distillation Coloumn</i> (DC-301).....	58
4.5.	Neraca Massa Total <i>Condensor</i> (CD-301).....	58
4.6.	Neraca Massa Total <i>Reboiler</i> (RB-301).....	59
4.7.	Neraca Massa Total <i>Evaporator</i> (EV-301) .....	60
4.8.	Neraca Massa Total <i>Decanter</i> (DE-301).....	61
4.9.	Konstanta Cp untuk Komponen Padat .....	62
4.10.	Konstanta Cp untuk Komponen Liquid.....	62
4.11.	Nilai $\int_{T_{ref}}^T C_p dT$ masing-masing komponen pada fasa solid .....	65
4.12.	Nilai $\int_{T_{ref}}^T C_p dT$ masing-masing komponen pada fasa cair dan suhu tertentu dan $T_{ref} = 298,15$ K. ....	65

4.13.	Neraca Energi Total pada <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	68
4.14.	Neraca Energi Total pada <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	69
4.15.	Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-101).....	70
4.16.	Neraca Energi pada Reaktor (RE-201).....	71
4.17.	Neraca Energi pada <i>Heater</i> (HE-301).....	72
4.18.	Neraca Energi Condensor (CD-301).....	73
4.19.	Neraca Energi Reboiler (RB-301).....	74
4.20.	Neraca Energi pada Evaporator (EV-301).....	75
4.21.	Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-301).....	76
4.22.	Neraca Energi pada <i>Condensor</i> (CD-302).....	77
4.23.	Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-301).....	78
4.24.	Neraca Energi pada Dekanter (DE-301).....	79
5.1.	Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_3H_6Cl_2O$ (ST-101).....	81
5.2.	Spesifikasi Gudang Bahan Baku NaOH (GB-101).....	82
5.3.	Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	83
5.4.	Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	84
5.5.	Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-301).....	85
5.6.	Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	86
5.7.	Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	87
5.8.	Spesifikasi Menara Distilasi (DC-301).....	88
5.9.	Spesifikasi Kondensor (CD-301).....	89
5.10.	Spesifikasi Reboiler (RB-101).....	89
5.11.	Spesifikasi Heater (HE-301).....	90
5.12.	Spesifikasi Kondensor (CD-302).....	91

5.13.	Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	92
5.14.	Spesifikasi Akumulator (ACC-301).....	94
5.15.	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-301) .....	95
5.16.	Spesifikasi Heater (HE-301).....	96
5.17.	Spesifikasi <i>Cooler</i> I (CO-101).....	97
5.18.	Spesifikasi <i>Cooler</i> II (CO-301) .....	97
5.19.	Spesifikasi <i>Cooler</i> III (CO-302).....	98
5.20.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-101).....	99
5.21.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-102).....	100
5.22.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-201).....	100
5.23.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-301).....	101
5.24.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-302).....	101
5.25.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-303).....	103
5.26.	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-304).....	104
5.27.	Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	105
5.28.	Spesifikasi <i>Dissolution Tank</i> Tawas (DT– 401).....	105
5.29.	Spesifikasi <i>Dissolution Tank</i> Kaporit (DT – 402).....	106
5.30.	Spesifikasi <i>Dissolution Tank</i> NaOH (DT – 403).....	107
5.31.	Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL–401).....	107
5.32.	Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	108
5.33.	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-401) .....	109
5.34.	Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> .....	110
5.35.	Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> .....	110
5.36.	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT–401).....	111

5.37.	Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-402)	112
5.38.	Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-403)	112
5.39.	Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-404)	113
5.40.	Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	113
5.41.	Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	114
5.42.	Spesifikasi Tangki Air Proses (ST-406)	115
5.43.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-401)	116
5.44.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-402)	117
5.45.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-403)	117
5.46.	Spesifikasi Pompa Utilitas Air (PU-404)	118
5.47.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	119
5.48.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	120
5.49.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	121
5.50.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	122
5.51.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	122
5.52.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	123
5.53.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	124
5.54.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	125
5.55.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	126
5.56.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	127
5.57.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	127
5.58.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	128
5.59.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	129
5.60.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	130

5.61.	Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-501) .....	131
5.62.	Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501) .....	132
5.63.	Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501).....	133
5.64.	Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-502).....	133
5.65.	Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-503) .....	134
5.66.	Spesifikasi Pompa Utilitas <i>Steam</i> (PUS-501).....	135
5.67.	Spesifikasi Pompa Utilitas <i>Steam</i> (PUS-502).....	136
5.68.	Spesifikasi Pompa Utilitas <i>Steam</i> (PUS-503).....	137
5.69.	Spesifikasi Blower <i>Steam</i> (BS– 501) .....	138
5.70.	Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601)).....	138
5.71.	Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (CM-601).....	139
5.72.	Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-601).....	139
5.73.	Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-601).....	140
5.74.	Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-602).....	140
5.75.	Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-603).....	140
5.76.	Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-603).....	141
5.77.	Spesifikasi <i>Receiver</i> (RC-701) .....	141
5.78.	Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (EV-701) .....	142
5.79.	Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-701).....	142
5.80.	Spesifikasi <i>Compressor</i> (CM – 701).....	143
5.81.	Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-701) .....	144
5.82.	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-701).....	145
5.83.	Spesifikasi Generator Listrik (GL-801).....	146
5.84.	Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV-301).....	147

5.82.	Spesifikasi Crystallizer (CR-301).....	148
5.83.	Spesifikasi Centrifuge (CF-301) .....	149
6.1.	Kebutuhan Air untuk Sanitasi dan Sarana Umum.....	151
6.2.	Kebutuhan Air untuk Pendinginan .....	153
6.3.	Kebutuhan Air untuk Steam .....	156
6.4.	Kebutuhan Air untuk Pengenceran.....	156
6.5.	Kebutuhan Air untuk Pemadam Kebakaran ( <i>Hydrant</i> ) .....	156
6.6.	Kebutuhan Air Total.....	157
6.7.	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	169
6.8.	Alat Ukur Variabel Proses.....	169
7.1.	Perincian Luas Area Pabrik Epiklorohidrin.....	177
8.1.	Jadwal Kerja Masing-Masing Regu .....	192
8.2.	Perincian Tingkat Pendidikan.....	193
8.3.	Jumlah Operator Alat Proses .....	195
8.4.	Jumlah Operator Alat Utilitas.....	195
8.5.	Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	196
9.1.	<i>Fixed Capital Investment</i> .....	202
9.2.	<i>Manufacturing Cost</i> .....	203
9.3.	<i>General Expenses</i> .....	204
9.4.	Hasil Uji Kelayakan Ekonomi (Aries & Newton, 1955).....	208

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Persentase Kegunaan Epiklorohidrin di Industri.....	4
Gambar 1.2. Grafik Impor Epiklorohidrin di Indonesia.....	7
Gambar 2.1. Diagram Alir Uraian Proses Pembuatan Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan NaOH .....	45
Gambar 4.1. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	54
Gambar 4.2. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> .....	55
Gambar 4.3. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Reactor</i> (RE-201) .....	56
Gambar 4.4. Blok Diagram Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-301) .....	57
Gambar 4.5. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Evaporator</i> (EV-301) .....	59
Gambar 4.6. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Decanter</i> (DC-301).....	60
Gambar 4.7. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixing Tank</i> (MT-101) .....	67
Gambar 4.8. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixed Point</i> (MP-101) .....	68
Gambar 4.9. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-101).....	69
Gambar 4.10. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Reactor</i> (re-201).....	71
Gambar 4.11. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Heater</i> (HE-301) .....	72
Gambar 4.12. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Condensor</i> (CD-301).....	73
Gambar 4.13. Blok Diagram Neraca Energi pada Reboiler (RB-301).....	74
Gambar 4.14. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Evaporator</i> (EV-301).....	75
Gambar 4.15. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-301).....	76
Gambar 4.16. Blok Diagram Neraca Energi pada Condensor (CD-302).....	77
Gambar 4.17. Blok Diagram Neraca Energi pada Cooler (CO-302) .....	78
Gambar 4.18. Blok Diagram Neraca Energi pada Dekanter (DE-301).....	79
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i> .....	154
Gambar 6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	155
Gambar 7.1. Tata Letak Pabrik .....	178
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	183

Gambar 9.1. <i>Grafik Break Even Point (BEP)</i> .....	206
Gambar 9.2. <i>Kurva Cumulative Cash Flow</i> .....	207



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang sedang melakukan upaya peningkatan di segala sektor, termasuk sektor perindustrian. Industri kimia memegang peran penting dalam perkembangan dan kemajuan negara dengan kebutuhan produk kimia masih belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri. Kebutuhan produk tersebut masih dilakukan dengan mengimpor dari berbagai negara untuk memenuhinya, terutama bahan – bahan yang dapat diproses lebih lanjut menjadi bahan yang lebih bermanfaat dalam kehidupan sehari – hari.

Epiklorohidrin dengan rumus kimia  $C_3H_5ClO$  merupakan bahan kimia yang digunakan dalam memproduksi produk kimia, otomotif, dan elektronik. Di industri kimia biasanya epiklorohidrin digunakan untuk memproduksi resin epoksi, resin-resin poli amida dan juga berfungsi sebagai *stabilizer* pada senyawa yang mengandung klorin seperti pestisida, karet dan solven (Bijsterbosch *et al.*, 1994). Epiklorohidrin di industri kimia juga dapat digunakan untuk memproduksi resin epoksi, gliserin sintetis, surfaktan, *elastomer* dan lain-lain. Sedangkan dalam

industri otomotif dan elektronik, epiklorohidrin banyak digunakan pada proses painting and coating (Suci, 2019). Berdasarkan data dari *Grand View Research* (2017) pada tahun 2030 kebutuhan epiklorohidrin dunia diperkirakan akan mengalami tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 5,4% hingga mencapai USD 4,40 miliar. Meningkatnya penggunaan resin, meningkatnya permintaan cat dan pelapis di sektor konstruksi adalah beberapa faktor utama yang mendorong pertumbuhan pasar epiklorohidrin dunia. Proses *finishing* di industri tekstil saat ini telah menggunakan resin sintetik untuk membuat kain yang tidak mudah kusut dan anti serangga.

Pada saat ini belum terdapat pabrik epiklorohidrin di Indonesia, sehingga kebutuhan epiklorohidrin di Indonesia dipenuhi dengan impor dari berbagai negara. Pendirian pabrik epiklorohidrin di Indonesia dapat mengurangi kebutuhan impor epiklorohidrin serta dapat membantu mengurangi pengeluaran devisa negara untuk mengimpor bahan tersebut. Pendirian pabrik ini juga dapat mengurangi angka pengangguran dan tingkat kemiskinan dengan adanya lapangan pekerjaan baru. Pabrik ini juga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan epiklorohidrin dalam negeri dan akan meningkatkan perekonomian negara.

## **1.2 Kegunaan Produk**

Epiklorohidrin atau EPCH memiliki banyak manfaat di bidang industri. Beberapa kegunaan epiklorohidrin dalam berbagai aplikasi:

### 1. Resin epoksi

Bisphenol A Epoxy Resin merupakan resin yang diproduksi dengan reaksi kondensasi antara epiklorohidrin dan fenol. Digunakan untuk menggabungkan struktur epoksi dasar dengan bahan yang mengandung hidrogen aktif, seperti aldehida, poliamida, dan poliamina. Dan dapat juga digunakan sebagai pengikatan silang dengan bahan pengawet amina atau asam.

### 2. Industri Tekstil

Dalam industri tekstil epiklorohidrin digunakan untuk memodifikasi gugus karboksil wol. Produk yang dihasilkan memiliki daya tahan yang lama serta baik terhadap serangga dan jamur. Turunan epiklorohidrin dalam industri tekstil digunakan sebagai *emulsifying*, *washing agent*, *softening*, dan *dispersing*.

### 3. Industri kertas

Digunakan sebagai *humectant*, *flocculant*, dan *anti-static agent*.

### 4. *Ion-Exchanger* Resins

Epiklorohidrin digunakan untuk menghasilkan resin penukar anion dan kation. Epiklorohidrin sebagai resin penukar anion dapat memurnikan air minum dan membersihkan udara yang tercemar.

### 5. *Surface Active Agent*

*Surface active agent* berbasis epiklorohidrin disintesis dengan mengkondensasi epiklorohidrin dengan poliamina ditambah asam lemak.

Produk ini digunakan dalam kosmetik, sampo, detergen, *water softeners*, dan *demulsifiers*.

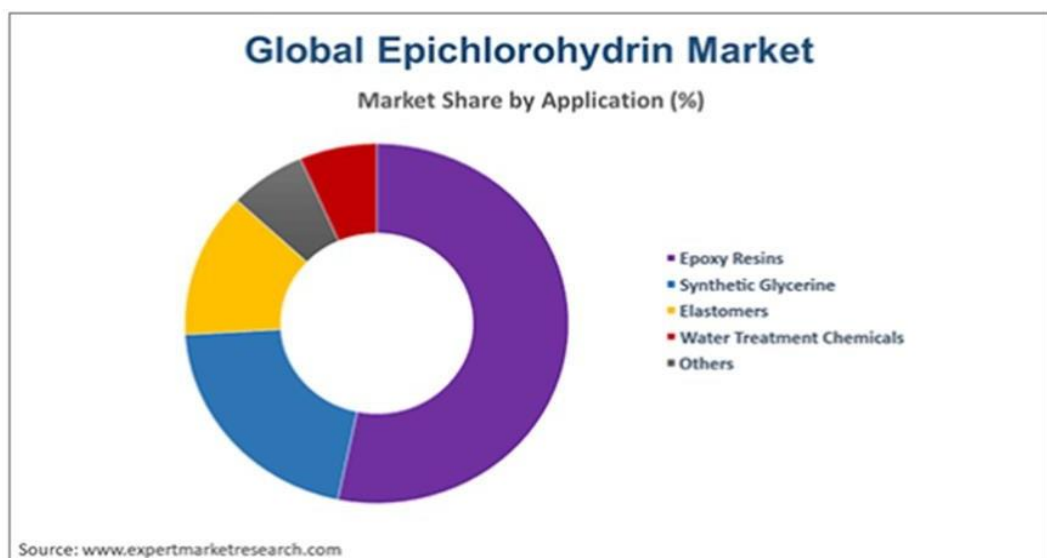
#### 6. *Plasticizer*

Epiklorohidrin jika direaksikan dengan alkohol, alkoholat, atau garam natrium dari stearat, oleat, palmitat, miristat, dan asam lemak lainnya akan menghasilkan produk yang digunakan sebagai *plasticizer* polimer vinil dan *plasticizer* untuk poliuretan.

#### 7. Produk Pertanian

Dengan mereaksikan epiklorohidrin dengan alkohol atau garam natrium dari alkilfenol akan menghasilkan produk pestisida, bakterisida, dan fungisida.

Gambar 1.1 Persentase Kegunaan Epiklorohidrin di Industri



<https://www.expertmarketresearch.com/reports/epichlorohydrin-market>

Aplikasi terbesar epiklorohidrin adalah sebagai bahan baku resin epoksi. Resin epoksi yang dihasilkan dari epiklorohidrin digunakan di berbagai industri termasuk perekat, pelapis, dan plastik, sedangkan gliserin sintetik digunakan secara kuat di industri kosmetik dan di industri insektisida komersial, farmasi, pelarut, tekstil, dan sektor kertas.

### 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik epiklorohidrin yang akan didirikan adalah diklorohidrin ( $C_3H_6Cl_2O$ ) dan natrium hidroksida (NaOH). Perusahaan yang menghasilkan diklorohidrin ( $C_3H_6Cl_2O$ ) dan natrium hidroksida (NaOH) dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku	Kebutuhan Bahan Baku (Ton/Tahun)	Produsen	Kapasitas (Ton/Tahun)
Diklorohidrin	24.914	PT. Jinan Finer Chemical.Co.,Ltd, China	150.000
		Solvay Company, Jepang	110.000

Bahan Baku	Kebutuhan Bahan Baku (Ton/Tahun)	Produsen	Kapasitas (Ton/Tahun)
NaOH	7.398	PT. Asahimas Chemical, Cilegon	700.000
		PT. Pindo Deli, Karawang.	65.000

Berdasarkan Tabel 1.1 kedua perusahaan tersebut memiliki kapasitas yang dapat memenuhi kebutuhan bahan baku yang di butuhkan untuk mendirikan pabrik epiklorohidrin dengan kapasitas produksi 16.000 ton/tahun sehingga keberlangsungan bahan baku tersebut dapat terpenuhi.

#### 1.4 Analisis Pasar

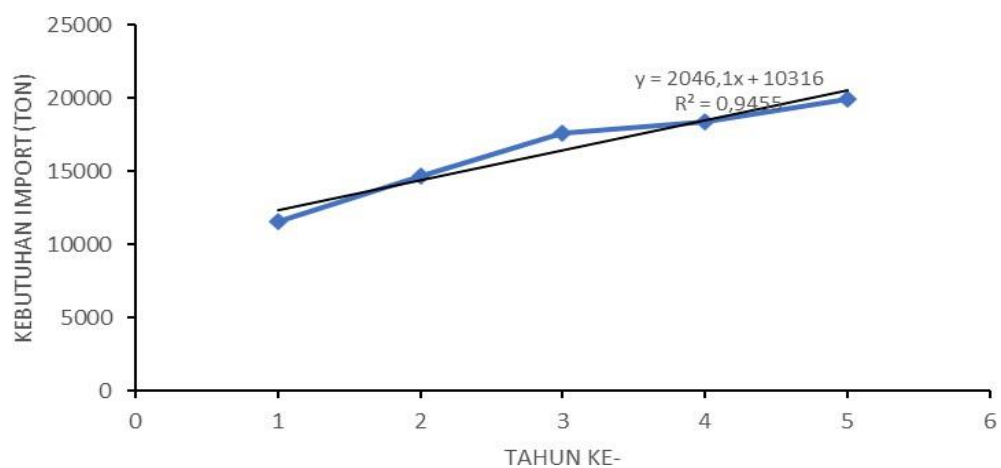
Analisis pasar dilakukan untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap kebutuhan suatu produk. Kebutuhan pasar suatu produk dapat dianalisis menggunakan beberapa aspek, salah satunya adalah analisis sistem perekonomian terbuka yang meliputi ekspor dan impor produk (Sugiarto, 2000). Kebutuhan impor epiklorohidrin di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan selama 5 tahun terakhir. Kebutuhan impor epiklorohidrin di Indonesia dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 1.2 Perkembangan Impor Epiklorohidrin di Indonesia

No	Tahun	Import (Ton)
1	2017	11593.1
2	2018	14675.64
3	2019	17632.78
4	2020	18418.52
5	2021	19952.2

(Sumber : UN Comtrade, 2017-2021)

Berdasarkan data pada Tabel 1.2 maka dapat dibuat regresi linier yang menyatakan hubungan antara tahun dengan jumlah impor epiklorohidrin di Indonesia pada tahun 2017-2021.



Gambar 1.2 Grafik Impor Epiklorohidrin di Indonesia

Pada Gambar 1.2., sumbu x merupakan tahun ke-n

Tahun 2017 = tahun ke-1

Tahun 2018 = tahun ke-2

Tahun 2019 = tahun ke-3

Tahun 2020 = tahun ke-4

Tahun 2021 = tahun ke-5

Untuk memprediksikan kebutuhan impor epiklorohidrin di Indonesia tahun berikutnya dapat diperhitungkan dengan menggunakan metode regresi linier:

$$y = ax + b$$

Keterangan:

$y$  = kebutuhan impor epiklorohidrin (ton/tahun)

$x$  = tahun ke-n

$b$  = *intercept*

$a$  = gradien garis miring

sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 2046,1x + 10316$$

Pabrik ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2027, dimana tahun tersebut sama dengan tahun ke- 11. Kebutuhan epiklorohidrin di Indonesia pada tahun tersebut diperkirakan dengan mensubstitusikan harga tahun ( $x$ ) = 11 ke persamaan diatas, maka diketahui bahwa kebutuhan impor epiklorohidrin di Indonesia adalah:



$$y = 2046,1 (11) + 10316$$

$$y = 32.823 \text{ (Ton)}$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus yang terdapat pada Gambar 1.1 maka didapatkan prediksi impor epiklorohidrin di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 32.823 ton/tahun.

### **1.5 Kapasitas Pabrik**

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor produk di dalam negeri yang belum terpenuhi, selain itu dalam menentukan kapasitas produksi epiklorohidrin juga dapat dilihat dari kapasitas pabrik yang sudah ada di luar negeri sebagai pertimbangannya. Hal tersebut dikarenakan pabrik yang sudah berdiri telah memiliki analisis ekonomi yang memberikan keuntungan sesuai dengan kapasitas produksi yang dihasilkan. Beberapa pabrik epiklorohidrin telah berdiri di luar negeri adalah Thai Organics di Rayong, Thailand dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun, Sumitomo di Niihara, Jepang dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun, dan Solvay di Rheinberg, Jerman dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun.

Di Indonesia sendiri belum terdapat pabrik epiklorohidrin, maka data kebutuhan epiklorohidrin di Indonesia dapat diambil dari impor kebutuhan produk tersebut. Dengan perhitungan persamaan garis lurus data impor epiklorohidrin pada tahun 2027 didapatkan sebesar 32.823 ton/tahun.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan impor epiklorohidrin di Indonesia dan kapasitas pabrik epiklorohidrin di luar negeri yang sudah berdiri, maka kapasitas pabrik epiklorohidrin pada tahun 2027 direncanakan sebesar 50% (merujuk pada UU No. 5 Tahun 1999 tentang larangan praktik monopoli perdagangan) dari kebutuhan epiklorohidrin adalah sebesar 16.000 ton/tahun. Kapasitas pabrik epiklorohidrin yang sudah beroperasi memiliki kapasitas 10.000 - 380.000 ton/tahun, dengan demikian kapasitas pabrik 16.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

### **1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Dalam mendirikan sebuah pabrik, lokasi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. Lokasi pabrik yang tepat dapat menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta keuntungan yang diperoleh maksimal. Bahan baku NaOH didapatkan dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dan PT. Pindo Deli di Karawang, dimana pabrik penyuplai bahan baku tersebut berada di Cilegon dan Karawang. Aplikasi terbesar epiklorohidrin adalah sebagai bahan baku resin epoksi yang sebagian besar terletak di Cilegon dan Karawang, oleh karena itu lokasi pabrik yang akan dipertimbangkan dalam mendirikan pabrik EPCH yaitu Cilegon dan Karawang. Berikut merupakan beberapa faktor dalam pemilihan lokasi pabrik:

Tabel 1. 3 Kriteria Pemilihan Lokasi Pabrik

Kriteria	Lokasi	
	Cilegon	Karawang
Bahan baku	Diklorohidrin dari PT. Jinan Finer Chemical.Co., Ltd. di Cina dan NaOH dari PT. Asahimas Chemical	Diklorohidrin dari PT. Jinan Finer Chemical.Co., Ltd. di Cina dan NaOH dari PT. Pindo Deli
Transportasi	Pelabuhan dan transportasi darat	Pelabuhan dan transportasi darat
Sumber Air	Sumber air dari Sungai Cidanau dan Waduk Krenceng	Sumber air dari Sungai Citarum
Pemasaran	Industri elastomer, karet, tekstil, detergen, dan resin epoxy	Industri elastomer, tekstil, dan detergen
UMR	Rp4.657.222 /bulan	Rp5.176.179/bulan

Berdasarkan Tabel 1.3 tentang kriteria pemilihan lokasi pabrik dapat dijelaskan lebih lanjut tentang faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik, antara lain sebagai berikut:

a. Lokasi Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan memudahkan proses produksi dan meminimalkan biaya transportasi. Bahan baku yang dibutuhkan berupa diklorohidrin yang diperoleh dengan cara mengimpor dari PT. Jinan Finer Chemical.Co., Ltd. di Cina melewati jalur laut. Sementara itu, kebutuhan NaOH dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dan PT. Pindo Deli di Karawang. Berdasarkan lokasi penyediaan bahan baku Cilegon dan Karawang memiliki potensi yang sama karena baik Cilegon maupun Karawang memiliki jarak yang dekat ke pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan tempat arus keluar dan masuk impor ekspor dan dekat dengan lokasi industri yang menyuplai NaOH.

b. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik yang dipilih harus dekat dengan daerah pemasaran atau dekat dengan konsumen hal ini dilakukan untuk menghemat biaya distribusi serta mempermudah pemasaran produk yang dihasilkan. Epiklorohidrin digunakan pada industri elastomer dan resin epoksi tersebut banyak berdiri di Cilegon dan Karawang. Industri resin yang berada di kota Cilegon adalah PT. Dover Chemical dan PT Chandra Asri Petrochemical dan PT. Hade Sejati Pratama di

Karawang, adapun industri elastomer antara lain PT. Synthetic Rubber Indonesia di Cilegon dan PT. Sumi Rubber Indonesia di Karawang. Dari dua lokasi tersebut Cilegon lebih unggul dari Karawang, karena penggunaan terbesar epiklorohidrin pada industri resin yang banyak terdapat di Cilegon.

c. Sumber Air

Pemilihan lokasi harus dekat dengan sumber air dimana dalam suatu pabrik air digunakan sebagai air pendingin, air proses, serta untuk kebutuhan sehari-hari bagi karyawan dan masyarakat. Kebutuhan air tersebut berasal dari Sungai Cidanau dan Waduk Krenceng di Cilegon dan Sungai Citarum di Karawang. Kedua lokasi tersebut memiliki sumber air yang memadai untuk kebutuhan industri.

d. Sarana Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai sarana penunjang untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Pemilihan lokasi berdirinya pabrik sebaiknya letaknya sedekat mungkin dengan kawasan industri yang terdapat transportasi yang lancar baik darat dan laut, sehingga arus dari bahan baku impor lebih mudah dan lancar serta transportasi darat yang memiliki infrastruktur yang cukup baik. Keadaan tersebut dapat mempermudah pemasaran produk. Cilegon dan Karawang merupakan kawasan industri yang dekat dengan jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermuatan besar sehingga pengiriman bahan baku dan pendistribusian produk lebih mudah.

Berdasarkan faktor- faktor diatas, dapat disimpulkan bahwa kedua daerah memiliki potensi yang sama untuk didirikannya pabrik. Namun dilihat dari daerah pemasaran

kota Cilegon lebih unggul karena aplikasi terbesar epiklorohidrin adalah sebagai bahan baku resin epoksi dimana di kota Cilegon terdapat banyak industri resin epoksi serta upah minimum regional (UMR) kota Cilegon lebih rendah. Maka dari beberapa faktor pemilihan lokasi Cilegon merupakan kota yang cukup strategis untuk didirikan pabrik epiklorohidrin.

## BAB II

### PEMILIHAN PROSES

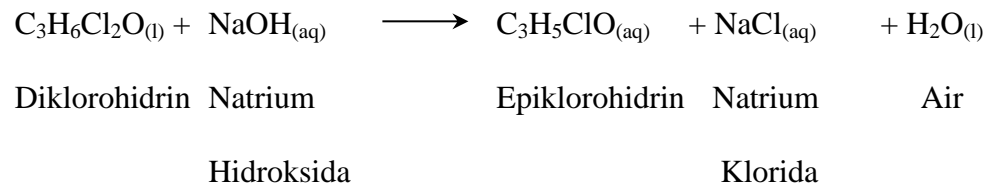
#### 2.1. Macam-macam Proses Pembuatan Epiklorohidrin

Berikut merupakan beberapa macam proses pembuatan epiklorohidrin:

##### 1. Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

Proses pembuatan epiklorohidrin dilakukan dengan mereaksikan diklorohidrin dengan natrium hidroksida pada suhu 0 - 40 °C selama 1 detik - 180 menit.

Reaksi yang terjadi adalah:

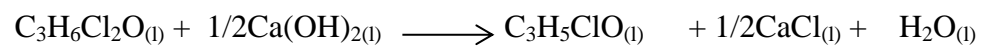


Reaksi dilakukan dengan mengumpankan diklorohidrin dan NaOH ke dalam reaktor berpengaduk pada tekanan atmosfer, sehingga membentuk epiklorohidrin dan natrium klorida. Setelah itu campuran yang dihasilkan dari reaksi masuk kedalam separator untuk memisahkan NaCl dengan epiklorohidrin. Kemudian epiklorohidrin dimurnikan sehingga didapatkan epiklorohidrin dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Konversi reaksi

dapat mencapai 93,5% dengan kondisi operasi 32 °C selama 25 menit (Dirix *et al.*, 2016).

## 2. Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida

Proses pembuatan epiklorohidrin dilakukan dengan mereaksikan diklorohidrin dengan kalsium hidroksida, dengan reaksi sebagai berikut



Diklorohidrin	Kalsium	Epiklorohidrin	Kalsium	Air
	Hidroksida		Klorida	

Diklorohidrin dan CaOH dimasukkan ke prereaktor untuk direaksikan menjadi epiklorohirin. Kemudian umpan keluar dari prereaktor direaksikan lebih lanjut ke *reaction stripping coloum*. Keluaran *reaction stripping coloum* terbagi menjadi 2 aliran yaitu produk epiklorohidrin dan air merupakan bagian atas, sedangkan limbah menjadi produk bawah. Untuk produk epiklorohidrin dan air dikondensasi dan dilanjutkan proses pemisahan di separator. Produk epiklorohirin yang didapatkan ditampung pada tangki penyimpanan. Untuk air yang sedikit mengandung epiklorohidrin selanjutnya di *recycle* kembali menuju *reaction stripping coloum*. Sementara limbah akan dikondensasi kemudian akan dialirkan menuju tangki air limbah. Konversi didapatkan sebesar 96,1% (Milchret *et al*, 2012).



## 2.2. Seleksi Proses

### 2.2.1. Berdasarkan nilai *gibbs free energy* dan entalpi reaksi.

Pemilihan proses berdasarkan kelayakan termodinamika dapat dilihat dari nilai perubahan entalpi ( $\Delta H_{rxn}$ ) dan perubahan *gibbs free energy* ( $\Delta G_{rxn}$ ). Nilai dari *gibbs free energy* ( $\Delta G_{rxn}$ ) berguna dalam menentukan reaksi tersebut dikategorikan spontan atau tidak spontan pada reaksi kimia.  $\Delta G_{rxn} > 0$  menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan. Sedangkan  $\Delta G_{rxn} < 0$  atau bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan (Smith *et al.*, 2001).

$\Delta H_{rxn}$  bernilai positif (+) maka menunjukkan bahwa reaksi bersifat endotermis, sedangkan apabila  $\Delta H_{rxn}$  bernilai negatif (-) maka menunjukkan bahwa reaksi bersifat eksotermis. Jika reaksi eksotermis maka membutuhkan pendingin untuk menjaga temperatur reaksi pada kondisi operasi, dan jika reaksi endotermis maka dibutuhkan panas untuk menjaga temperatur reaksi pada kondisi operasi (Yaws *et al.*, 1999).

Nilai dari  $\Delta H_{rxn}$  dan  $\Delta G_{rxn}$  reaksi dari kedua proses dapat dihitung sebagai berikut:

#### a. Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

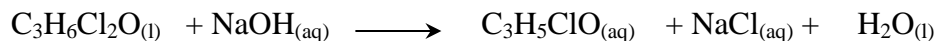
Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut.



**Tabel 2. 1.** Nilai  $\Delta H^{\circ}f$  pada Setiap Komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H^{\circ}f_{298}$ (kJ/mol)
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	-161,5
$NaOH_{(aq)}$	-425,6
$C_3H_5ClO_{(aq)}$	-107,8
$NaCl_{(aq)}$	-411,2
$H_2O_{(l)}$	-241,8

Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut.



- Menghitung nilai  $\Delta H^{\circ}rxn$  pada suhu  $25^{\circ}C$

$$\Delta H^{\circ}rxn (25^{\circ}C) = \sum^{produk} v_i \cdot \Delta H^{\circ}f_i - \sum^{reaktan} v_i \cdot \Delta H^{\circ}f_i$$

(Himmelblau, 2003)

Keterangan :

$\Delta H^{\circ}f$  = Perubahan entalpi dari unsur hingga membentuk senyawa pada kondisi standar  $25^{\circ}C$  dan 1 atm

$\Delta H^{\circ}_{rxn}$  = Perubahan entalpi yang untuk 1 mol komponen yang bereaksi pada 25 °C dan 1 atm per reaktan pembatas

$\Delta H_{rxn}$  = Perubahan entalpi untuk lebih atau kurang dari 1 mol komponen yang bereaksi pada kondisi operasi per reaktan pembatas

$\Delta H^{\circ}_{fi}$  =  $\Delta H^{\circ}_{f}$  komponen i pada kondisi standar pada tekanan tetap

$$\Delta H^{\circ}_{rxn}(25^{\circ}\text{C}) = (\Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_5\text{ClO} + \Delta H_f \text{ NaCl} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O} + \Delta H_f \text{ NaOH})$$

$$\Delta H^{\circ}_{rxn}(25^{\circ}\text{C}) = ((-107,8 + (-411,2) + (-241,8)) - ((-161,5) + (-425,6)))$$

$$\Delta H^{\circ}_{rxn}(25^{\circ}\text{C}) = (-760,8) - (-587,1)$$

$$\Delta H^{\circ}_{rxn}(25^{\circ}\text{C}) = -173,7 \text{ kJ/mol}$$

- Menghitung nilai  $\Delta H_{rxn}$  pada kondisi suhu operasi 32 °C atau 305,15 K

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

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

**Tabel 2. 2.** Nilai Konstanta Cp (kJ/mol.K) (Yaws, 1999)

Bahan	Senyawa Kimia	A	B	C	D
Natrium hidroksida	NaOH	87,639	-0,000483	-4,5423E-06	1,1863E-09
Epiklorohidrin	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO	53	0,57412	-0,0015783	1,8687E-06
Natrium Klorida	NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09
Air	H <sub>2</sub> O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07
Diklorohidrin	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> O	85,462	0,44791	-0,0012858	1,6933E-06
Kalsium hidroksida	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,0895	0	0	0
Kalsium Klorida	CaCl <sub>2</sub>	102,53	2,00625E-08	-9,23442E-09	1,40702E-09

Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 32\text{ }^{\circ}\text{C} = 305,15\text{ K}$$

$$T_0 = 25\text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15\text{ K}$$

Reaksi yang terjadi:



$$\Delta A = (A \text{ C}_3\text{H}_5\text{ClO} + A \text{ NaCl} + A \text{ H}_2\text{O}) - (A \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O} + A \text{ NaOH})$$

$$\Delta A = (1 \times 53) + (1 \times 95,016) + (1 \times 92,053) - (1 \times 85,462) + (1 \times 87,639)$$

$$\Delta A = 66,602$$

Maka dengan cara yang sama maka untuk nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  sebagai berikut:

$$\Delta B = 0,05566$$

$$\Delta C = -0,00050$$

$$\Delta D = 7,14 \times 10^{-7}$$

$$\Delta H_{305,15} = -173,7 + (8,314 \times 5,75) \text{ kJ/mol}$$

$$= -125,89 \text{ kJ/mol}$$

**Tabel 2. 3.** Nilai  $\Delta G^{\circ}f$  pada Setiap Komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta G^{\circ}f_{298}$ (kJ/mol)
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	-83,09
$NaOH_{(aq)}$	-379,5
$C_3H_5ClO_{(aq)}$	-36,74
$NaCl_{(aq)}$	-384,1
$H_2O_{(l)}$	-228,6

- Menghitung nilai  $\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}}$  pada suhu 25°C

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = \sum^{\text{produk}} \nu_i \cdot \Delta G^{\circ}_i - \sum^{\text{reaktan}} \nu_i \cdot \Delta G^{\circ}_i$$

(Smith, 2022)

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = (\Delta G \text{ C}_3\text{H}_5\text{ClO} + \Delta G \text{ NaCl} + \Delta G \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O} + \Delta G \text{ NaOH})$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = ((-107,8 + (-411,2) + (-241,8)) - ((-161,5) + (-425,6)))$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = (-760,8) - (-587,1)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = -173,7 \text{ kJ/mol}$$

- Menghitung nilai  $\Delta G_{\text{rxn}}$  pada suhu operasi yaitu 32 °C atau 305,15 °C

$$\Delta G_{\text{rxn}} = (\Delta H^{\circ} - \frac{T}{T_0} (\Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ})) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai  $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT$  adalah sebagai berikut :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2}$$

Untuk mencari nilai  $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T}$  adalah sebagai berikut :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + [\Delta B + (\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2}) (\frac{T+T_0}{2})] (T - T_0)$$

Maka nilai  $\Delta G_{\text{rxn}}$  adalah sebagai berikut :

$$\Delta G_{rxn} = \Delta H^O - \frac{T}{T_0} (\Delta H^O - \Delta G^O) + R \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2} \right] - RT \left[ \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[ \Delta B + \left( \Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left( \frac{T+T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

Sehingga nilai dimasukkan ke persamaan untuk didapatkan  $\Delta G_{rxn}$  sebesar:

$$\Delta G_{rxn} = \Delta H^O - \frac{T}{T_0} (\Delta H^O - \Delta G^O) + R \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2} \right] - RT \left[ \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[ \Delta B + \left( \Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left( \frac{T+T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right] \quad (\text{Smith,2001})$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{rxn} &= -173,7 - \frac{305,15}{298,15} - 173,7 - (-186,85) + 8,314 \left[ 66,602 + \frac{0,05566}{2} \right. \\ &\quad \times 298,15 (1,0234 + 1) + \frac{-0,00050}{3} \times 298,15^2 (1,0234^2 + 1,0234 + 1) \\ &\quad \left. + \frac{7,14 \times 10^{-7}}{1,023 \times 298,15^2} \right] - 8,314 \times 305,15 \left[ 66,602 \ln \frac{305,15}{298,15} + \left[ 0,05566 + \left( - \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. 0,00050 + \frac{7,14 \times 10^{-7}}{298,15^2 \times 305,15^2} \right) \left( \frac{305,15 + 298,15}{2} \right) \right] (305,15 - 298,15) \right] \\ \Delta G_{rxn} &= -1892 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Keterangan :

$\Delta G^{\circ f}$  = Perubahan energi gibs dari unsur hingga membentuk senyawa pada kondisi standar 25 °C dan 1 atm

$\Delta G^{\circ rxn}$  = Perubahan energi gibs untuk 1 mol komponen yang bereaksi pada 25 °C dan 1 atm

$\Delta G_{rxn}$  = Perubahan energi gibs untuk lebih atau kurang dari 1 mol komponen yang bereaksi pada kondisi operasi

$\nu_i$  = Koefisien komponen i

### b. Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida

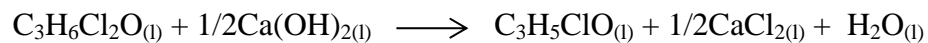
Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan kalsium hidroksida adalah sebagai berikut.



**Tabel 2. 4.** Nilai  $\Delta H^{\circ}_f$  pada setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H^{\circ}_f_{298}$ (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_{(l)}$	-161,5
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(l)}$	-986,09
$\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_{(l)}$	-107,8
$\text{CaCl}_{(l)}$	795,4
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-241,8

Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut.





- Menghitung nilai  $\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}$  pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}(25^{\circ}\text{C}) = \sum^{\text{produk}} v_i \cdot \Delta H^{\circ}_{f_i} - \sum^{\text{reaktan}} v_i \cdot \Delta H^{\circ}_{f_i}$$

(Himmelblau, 2003)

Keterangan:

$\Delta H^{\circ}_f$  = Perubahan entalpi dari unsur hingga membentuk senyawa pada kondisi standar  $25^{\circ}\text{C}$  dan 1 atm

$\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}$  = Perubahan entalpi untuk 1 mol komponen yang bereaksi pada  $25^{\circ}\text{C}$  dan 1 atm per reaktan pembatas

$\Delta H_{\text{rxn}}$  = Perubahan entalpi untuk lebih atau kurang dari 1 mol komponen yang bereaksi pada kondisi operasi per reaktan pembatas

$\Delta H^{\circ}_{f_i}$  =  $\Delta H^{\circ}_f$  komponen i pada kondisi standar pada tekanan tetap

$$\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}(25^{\circ}\text{C}) = (\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_5\text{ClO} + \frac{1}{2} \Delta H_f \text{CaCl}_2 + \Delta H_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O} + \frac{1}{2} \Delta H_f \text{Ca}(\text{OH})_2)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}(25^{\circ}\text{C}) = ((-107,8) + (1/2 \times (-795,4) + (-241,8)) - ((-161,5) + (1/2 \times (-986,09)))$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}(25^{\circ}\text{C}) = 702,645 \text{ kJ/mol}$$

- Menghitung nilai  $\Delta H_{rxn}$  reaksi pada kondisi suhu operasi  $70^\circ\text{C}$  atau  $343,15\text{K}$

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

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

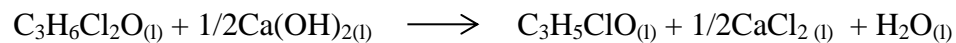
Diketahui:

$$R = 8,314$$

$$T = 70^\circ\text{C} = 343,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Reaksi yang terjadi:



$$\Delta A = (A \text{ C}_3\text{H}_5\text{ClO} + A \text{ CaCl} + A \text{ H}_2\text{O}) - (A \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O} + A \text{ Ca}(\text{OH})_2)$$

$$\Delta A = (1 \times 53) + (1/2 \times 102,5331) + (1 \times 92,053) - (1 \times 85,462) + (1 \times$$

$$0,0895)$$

$$\Delta A = 110,4468$$

Maka dengan cara yang sama maka untuk nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  sebagai

berikut:

$$\Delta B = 0,08625701$$

$$\Delta C = -0,000503535$$

$$\Delta D = 7,107 \times 10^{-7}$$

$$\Delta H_{343,15} = 702,645 + (8,314 \times 97,89) \text{ kJ/mol}$$

$$= 1516,53 \text{ kJ/mol}$$

**Tabel 2. 5.** Nilai  $\Delta G^{\circ}f$  pada Setiap Komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta G^{\circ}f_{298}$ (kJ/mol)
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	-83,09
$Ca(OH)_2_{(l)}$	-898,49
$C_3H_5ClO_{(l)}$	-36,74
$CaCl_{(l)}$	-748,8
$H_2O_{(l)}$	-228,6

- Menghitung nilai  $\Delta G^{\circ}rxn$  pada suhu  $25^{\circ}C$

$$\Delta G^{\circ}rxn = \sum^{produk} v_i \cdot \Delta G^{\circ}i - \sum^{reaktan} v_i \cdot \Delta G^{\circ}i$$

(Smith, 2022)

Keterangan:

$\Delta G^{\circ}f$  = Perubahan energi gibs dari unsur hingga membentuk senyawa pada kondisi standar  $25^{\circ}C$  dan 1 atm

$\Delta G^{\circ}rxn$  = Perubahan energi gibs untuk 1 mol komponen yang bereaksi pada  $25^{\circ}C$  dan 1 atm

$\Delta G_{rxn}$  = Perubahan energi gibs untuk lebih atau kurang dari 1 mol komponen yang bereaksi pada kondisi operasi

vi = Koefisien komponen i

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = (\Delta G_{\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}} + \frac{1}{2} \Delta G_{\text{CaCl}_2} + \Delta G_{\text{H}_2\text{O}}) - (\Delta G_{\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}} + \frac{1}{2} \Delta G_{\text{Ca(OH)}_2})$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = ((-36,74) + (1/2 \times -748,8) + (-228,6)) - ((-83,09) + (1/2 \times -898,49))$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = -107,405 \text{ kJ/mol}$$

- Menghitung nilai  $\Delta G_{\text{rxn}}$  pada suhu operasi yaitu  $70^{\circ}\text{C}$  atau  $343,15^{\circ}\text{C}$

$$\Delta G_{\text{rxn}} = (\Delta H^{\circ} - \frac{T}{T_0} (\Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ})) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai  $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT$  adalah sebagai berikut :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} dT = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2}$$

Untuk mencari nilai  $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T}$  adalah sebagai berikut :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_{P_0}}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + [\Delta B + (\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2}) (\frac{T+T_0}{2})] (T - T_0)$$

Maka nilai  $\Delta G$  adalah sebagai berikut :

$$\Delta G_{\text{rxn}} = \Delta H^{\circ} - \frac{T}{T_0} (\Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ}) + R [ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2} ] - RT [ \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + [\Delta B + (\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2}) (\frac{T+T_0}{2})] (T - T_0) ]$$

Sehingga nilai dimasukkan ke persamaan untuk didapatkan  $\Delta G$  sebesar:

$$\Delta G_{rxn} = \Delta H^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} \times T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} \times T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau \times T_0^2} \right] - RT \left[ \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[ \Delta B + \left( \Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left( \frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

(Smith,2001)

Maka didapatkan nilai  $\Delta G_{rxn}$  dengan memasukkan persamaan diatas:

$$\Delta G_{rxn} = -12252 \text{ kJ/mol}$$

**Tabel 2. 4.** Perbandingan Nilai *Gibbs Free Energy* dan Entalpi Reaksi

Jenis Proses	$\Delta H^{\circ}rxn$ (kJ/mol)	$\Delta G^{\circ}rxn$ (kJ/mol)	$\Delta H_{rxn}$ (kJ/mol)	$\Delta G_{rxn}$ (kJ/mol)
Diklorohidrin dan NaOH	-173,7	-186,85	-125,90	-1892
Diklorohidrin dan Ca(OH) <sub>2</sub>	702,645	-107,405	1516,53	-12252

### 2.2.2. Tinjauan Ekonomi

Kapasitas produksi yang dirancang pada pendirian pabrik epiklorohidrin di tahun 2027 ini sebesar 16.000 ton/ tahun. Kemurnian dari epiklorohidrin yang akan dihasilkan sebesar 99%, sehingga didapatkan kapasitas produksi tanpa pengotor sebesar:

$$\frac{16.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times 99\% = 15.840 \text{ ton/tahun}$$

Dalam satu tahun, pabrik dirancang untuk beroperasi selama 330 hari, maka

kapasitas produksi untuk setiap  $\frac{kg}{jam}$  sebesar :

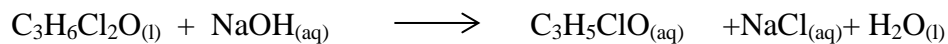
$$\frac{15.840 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} = \frac{2.000 \text{ kg}}{\text{jam}}$$

**Tabel 2. 5.** Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin

Komponen	Senyawa Kimia	BM (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (rupiah/kg)
Diklorohidrin	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> O	128,99	1	15.641,95
Natrium hidroksida	NaOH	40	0,36	5.631,10
Epiklorohidrin	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO	92,52	5	78.209,75
Kalsium hidroksida	Ca(OH) <sub>2</sub>	74	1	15.641,95

**a. Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida**

Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut:

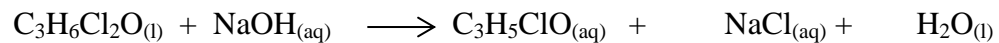


Untuk kapasitas produksi  $C_3H_5ClO$  sebesar  $\frac{2.000 \text{ kg}}{\text{jam}}$  dengan besar konversi reaksi antara  $C_3H_6Cl_2O$  dan  $NaOH$  sebesar 93,5% , maka jumlah mol/jam  $C_3H_5ClO$  yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_3H_5ClO &= \frac{\text{massa } C_3H_5ClO}{BM \text{ } C_3H_5ClO} \\ &= \frac{2000 \text{ kg/jam}}{0,09 \text{ kg/mol}} \\ &= 21.616,95 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan Patent US 9.447,061 B2 reaksi dilakukan dengan 1064 gram 1,3-dicloro-2-propanol (8,25 mol) dan ditambahkan 1752 gram 18% natrium hidroksida (7,9 mol). Sehingga didapatkan rasio  $NaOH : C_3H_6Cl_2O$  sebesar 1 : 1,044, dan perbandingan koefisien stokiometri reaksi dari  $NaOH$  1 : 1  $C_3H_6Cl_2O$ , maka reaksi pembatas adalah  $NaOH$  (Dirix *et al.*, 2016).

Diketahui persamaan reaksi sebagai berikut:



Produk  $C_3H_5ClO$  yang diinginkan sebanyak 21.616,95 mol/jam

Untuk mencari reaktan mula-mula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} NaOH_{(aq)} \text{ umpan} &= \frac{\text{Mol Epiklorohidrin}}{\text{konversi}} \\ &= \frac{21.616,95}{93,5\%} \end{aligned}$$

$$= 23.119,73 \text{ mol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_{(l)} \text{ umpan} &= \frac{\text{Rasio mol C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}}{\text{Rasio mol NaOH}} \times \text{mol NaOH mula-mula} \\ &= \frac{1,044}{1} \times 23.119,73 \text{ mol/jam} \\ &= 24.144,02 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan mol bereaksi maka dilakukan cara sebagai berikut:

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah reaktan mula-mula}}$$

$$\text{Bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula}$$

Maka

$$\begin{aligned} \text{NaOH Bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula} \\ &= 93,5\% \times \text{NaOH umpan} \\ &= 93,5\% \times 23.119,73 \\ &= 21.616,95 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O Bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula} \\ &= 93,5\% \times \text{NaOH umpan} \\ &= 93,5\% \times 23.119,73 \\ &= 21.616,95 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{C}_3\text{H}_5\text{ClO Bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula} \\
 &= 93,5\% \times \text{NaOH umpan} \\
 &= 93,5\% \times 23.119,73 \\
 &= 21.616,95 \text{ mol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NaCl Bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula} \\
 &= 93,5\% \times \text{NaOH umpan} \\
 &= 93,5\% \times 23.119,73 \\
 &= 21.616,95 \text{ mol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O Bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula} \\
 &= 93,5\% \times \text{NaOH umpan} \\
 &= 93,5\% \times 23.119,73 \\
 &= 21.616,95 \text{ mol/jam}
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh:

	$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_{(l)}$	$+$	$\text{NaOH}_{(aq)}$	$\longrightarrow$	$\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_{(aq)}$	$+$	$\text{NaCl}_{(aq)}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Mula-mula	24.144,02		23.119,73		-				
Bereaksi			21.616,95		21.616,95		21.616,95		21.616,95
<hr/>									
Sisa	2.527,07		1.502,78		21.616,95		21.616,95		21.616,95

Diperoleh mol/jam bahan baku dan produk yang dibutuhkan pada proses pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida sebagai berikut :

**Tabel 2. 8.** Mol Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin Dan Natrium Hidroksida

Komponen	Mol/jam
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	24.144,02
$NaOH_{(aq)}$	23.119,73
$C_3H_5ClO_{(aq)}$	21.616,95

Massa yang dibutuhkan sebesar = mol/jam x BM

Massa  $C_3H_6Cl_2O$  yang dibutuhkan = 24.144,02 mol/jam x 0,13 kg/mol

= 3.114,34 kg/jam

Maka dengan cara yang sama diperoleh massa bahan baku dan produk untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida sebagai berikut :

**Tabel 2. 9.** Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin Dan Natrium Hidroksida

Komponen	Kg/jam
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	3.114,34
$NaOH_{(aq)}$	924,79

Maka, harga bahan baku untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida yang dibutuhkan sebesar :

Harga untuk kapasitas produksi = Massa yang dibutuhkan x harga per 1 kg

Harga  $C_3H_6Cl_2O$  yang dibutuhkan =  $3.114,34 \text{ kg/jam} \times 15.503 \text{ rupiah/kg}$   
 = 48.281.572,65 rupiah/jam

Maka dengan cara yang sama diperoleh harga bahan baku untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida sebagai berikut :

**Tabel 2. 10.** Harga Bahan Baku untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

Komponen	Rupiah/jam
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	48.281.572,65
$NaOH_{(aq)}$	286.740,14
Total	53.921.892,18

Harga produk epiklorohidrin sesuai dengan kapasitas produksi sebesar :

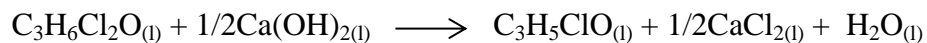
$$\begin{aligned} \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\ &= 2.000 \text{ kg/jam} \times 93.018 \text{ rupiah/jam} \\ &= 186.036.000 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

Maka keuntungan yang diperoleh dari pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= 186.036.000 \text{ rupiah/jam} - 53.921.892,18 \text{ rupiah/jam} \\ &= 137.467.687 \text{ rupiah/jam} \end{aligned}$$

#### **b. Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida**

Proses reaksi pembentukan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dan kalsium klorida adalah sebagai berikut :



**Tabel 2. 11.** BM Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin

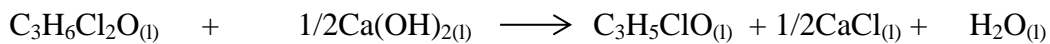
Komponen	Senyawa Kimia	BM (kg/mol)
Diklorohidrin	$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}$	0,13
Kalsium hidroksida	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,07
Epiklorohidrin	$\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}$	0,09

Untuk kapasitas produksi  $C_3H_5ClO$  sebesar  $\frac{2.000 \text{ kg}}{\text{jam}}$  maka jumlah mol/jam

$C_3H_5ClO$  yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_3H_5ClO &= \frac{\text{massa } C_3H_5ClO}{BM \text{ } C_3H_5ClO} \\ &= \frac{2.000 \text{ kg/jam}}{0,09 \text{ kg/mol}} \\ &= 21.616,95 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Diketahui persamaan reaksi sebagai berikut:



Produk  $C_3H_5ClO$  yang diinginkan sebanyak 21.616,95 mol/jam

Besar konversi reaksi  $C_3H_6Cl_2O$  menjadi  $C_3H_5ClO$  sebesar 96,1% (Milchret *et al.*, 2012). Untuk mencari reaktan mula-mula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_3H_6Cl_2O_{(l)} \text{ umpan} &= \frac{\text{Mol Epiklorohidrin}}{\text{konversi}} \\ &= \frac{21.616,95}{96,1\%} \\ &= 22.494,22 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ca(OH)_{2(l)} \text{ umpan} &= \frac{\text{Rasio mol } Ca(OH)_2}{\text{Rasio mol } C_3H_6Cl_2O} \times \text{mol } C_3H_6Cl_2O \text{ mula-mula} \\ &= \frac{1/2}{1} \times 22.494,22 \text{ mol/jam} \\ &= 11.247,11 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari mol bereaksi dilakukan cara sebagai berikut:

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah reaktan bereaksi}}{\text{jumlah reaktan mula-mula}}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{jumlah reaktan mula-mula}$$

$$= 96\% \times \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O umpan}$$

$$= 96\% \times 22.494,22$$

$$= 21.616,95 \text{ mol/jam}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 \text{ bereaksi} = \frac{\text{Koefisien Ca(OH)}_2}{\text{Koefisien C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}} \times \text{konversi} \times \text{jumlah C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O umpan}$$

$$= \frac{1/2}{1} \times 96\% \times 22.494,22$$

$$= 10.808,47$$

$$\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula}$$

$$= 96\% \times \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O umpan}$$

$$= 21.616,95 \text{ mol/jam}$$

$$\text{CaCl bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula}$$

$$= 96\% \times \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O umpan}$$

$$= 21.616,95 \text{ mol/jam}$$

$$\text{H}_2\text{O bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{Reaktan umpan mula-mula}$$

$$= 96\% \times \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O umpan}$$

$$= 21.616,95 \text{ mol/jam}$$

Maka diperoleh:

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_{(l)} + 1/2\text{Ca}(\text{OH})_{2(l)} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_{(l)} + 1/2\text{CaCl}_{2(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

Mula-mula	22.517,65	11.258,83	-	-	-
Bereaksi	21.616,95	10.808,47	21.616,95	21.616,95	21.616,95
Sisa	900,71	450,35	21.616,95	21.616,95	21.616,95

Diperoleh mol/jam bahan baku dan produk yang dibutuhkan pada proses pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan kalsium hidroksida sebagai berikut :

**Tabel 2. 12.** Mol/jam Bahan Baku dan Produk yang dibutuhkan pada Proses Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida

Komponen	Mol/jam
$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_{(l)}$	22.517,65
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	11.258,83
$\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_{(aq)}$	21.616,95

Massa yang dibutuhkan sebesar = mol/jam x BM

Massa  $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}$  yang dibutuhkan = 22.517,65 mol/jam x 0,13 kg/mol

$$= 2.904,55 \text{ kg/ jam}$$

Dengan cara yang sama diperoleh massa bahan baku dan produk untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida sebagai berikut :

**Tabel 2. 13.** Massa Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

<b>Komponen</b>	<b>Kg/jam</b>
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	2.901,53
$Ca(OH)_{2(aq)}$	833,15

Maka, harga bahan baku untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida yang dibutuhkan sebesar :

$$\text{Harga untuk kapasitas produksi} = \text{Massa yang dibutuhkan} \times \text{harga per 1 kg}$$

$$\text{Harga } C_3H_6Cl_2O \text{ yang dibutuhkan} = 2.901,53 \text{ kg/jam} \times 15.503 \text{ rupiah/kg}$$

$$= 45.029.272 \text{ rupiah/jam}$$

Maka dengan cara yang sama diperoleh harga bahan baku untuk pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida sebagai berikut :



**Tabel 2. 14.** Harga Bahan Baku untuk Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi  
Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

<b>Komponen</b>	<b>Rupiah/jam</b>
$C_3H_6Cl_2O_{(l)}$	45.029.272,27
$Ca(OH)_2_{(l)}$	12.916.373,94
Total	57.945.646,21

Harga produk epiklorohidrin sesuai dengan kapasitas produksi sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Harga untuk kapasitas produksi} &= \text{Massa yang dihasilkan} \times \text{Harga per 1 kg} \\
 &= 2.000 \text{ kg/jam} \times 93.018 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 186.036.000 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

Maka, keuntungan yang diperoleh dari pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{harga bahan baku} \\
 &= 186.036.000 \text{ rupiah/jam} - 57.945.646 \text{ rupiah/jam} \\
 &= 128.090.354 \text{ rupiah/jam}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah data perbandingan keuntungan antara proses pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dengan natrium hidroksida dan melalui reaksi diklorohidrin dan kalsium hidroksida untuk kapasitas produksi 2.000 kg/jam .

**Tabel 2. 15.** Perbandingan Keuntungan Proses Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dengan Natrium Hidroksida dan melalui Reaksi Diklorohidrin dan Kalsium Hidroksida

<b>Jenis proses</b>	<b>Harga bahan baku</b>	<b>Harga produk</b>	<b>Keuntungan</b>
Diklorohidrin dan NaOH	Rp 48.568.312	Rp 186.036.000	Rp137.467.687
Diklorohidrin dan Ca(OH) <sub>2</sub>	Rp57.945.646	Rp 186.036.000	Rp 128.090.354

### 2.3. Pemilihan Proses

Dari uraian jenis proses dan seleksi proses pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dengan natrium hidroksida dan melalui reaksi diklorohidrin dan kalsium hidroksida di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

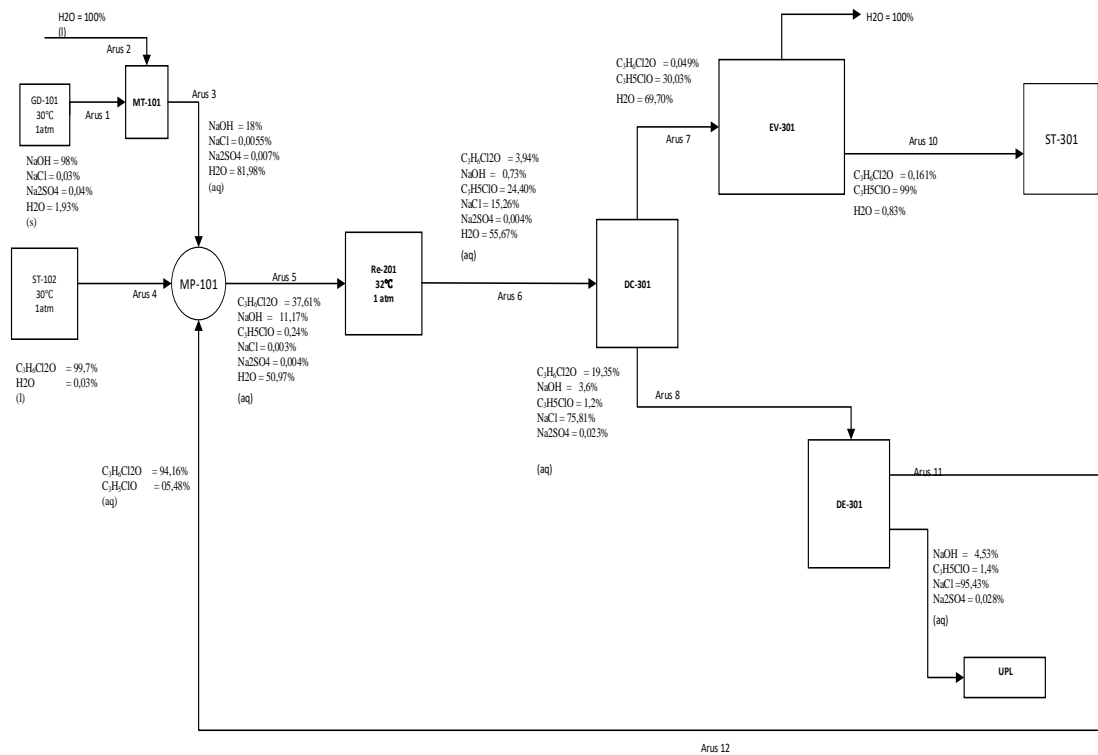
**Tabel 2. 16.** Perbandingan Proses Pembuatan Epiklorohidrin melalui Reaksi Diklorohidrin dengan Natrium Hidroksida dan melalui Reaksi Diklorohidrin dengan Kalsium Hidroksida

<b>Kriteria</b>	<b>Reaksi Diklorohidrin dengan Natrium Hidroksida</b>	<b>Reaksi Diklorohidrin dengan Kalsium Hidroksida</b>
Bahan Baku	$C_3H_6Cl_2O$ , NaOH	$C_3H_6Cl_2O$ , $Ca(OH)_2$
Fase Reaksi	Cair - cair	Cair - cair
Reaktor	Reaktor berpengaduk	Prereaktor dan <i>Reaction Stripping Coloum</i>
Konversi (%)	93,5	96,1
Produk Samping	NaCl	CaCl
$\Delta Grxn$ (kJ/mol)	-1892	-12252
Keuntungan	Rp137.467.687 (untuk kapasitas 2.000 kg/jam)	Rp 128.090.354 (untuk kapasitas 2.000 kg/jam)
$\Delta Hrxn$ (kJ/mol)	-125,90	1516,53
Temperatur Operasi ( $^{\circ}C$ )	32	70

Ditinjau dari data perbandingan diatas, maka proses yang dipilih adalah reaksi diklorohidrin dan natrium hidroksida dengan pertimbangan kondisi operasi pada suhu yang lebih rendah yaitu 32 °C pada tekanan atmosfer serta konversi reaksi sebesar 93,5%. Berdasarkan nilai  $\Delta H_{rxn}$ , didapatkan nilai perubahan entalpi sebesar -125,90 kJ/mol maka secara keseluruhan reaksi yang terjadi yaitu eksotermis. Proses ini juga berlangsung secara spontan, dibuktikan dengan hasil perhitungan didapatkan nilai  $\Delta G_{rxn}$  pada suhu operasi didapatkan sebesar -1892 kJ/mol dimana jika  $\Delta G_{rxn} < 0$  maka reaksinya berjalan spontan. Selain itu, proses reaksi diklorohidrin dengan natrium hidroksida memiliki keuntungan yang lebih besar (Rp137.467.687) dibandingkan dengan reaksi kalsium hidroksida (Rp128.090.354).

#### **2.4. Uraian Proses**

Proses pembuatan epiklorohidrin melalui reaksi diklorohidrin dengan natrium hidroksida dapat dikelompokkan menjadi tiga tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk. Dalam proses pembuatan epiklorohidrin digunakan bahan baku berupa diklorohidrin yang disimpan dalam tangki penyimpanan ST-101 dan NaOH disimpan dalam GD-101 dengan kondisi 30°C dan tekanan 1atm. Deskripsi umum pembuatan epiklorohidrin dari diklorohidrin dan NaOH dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Diagram Alir Uraian Proses Pembuatan Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan NaOH.

Keterangan:

ST : *Storage Tank*

GD : *Gudang*

MT : *Mixing Tank*

RE : *Reaktor*

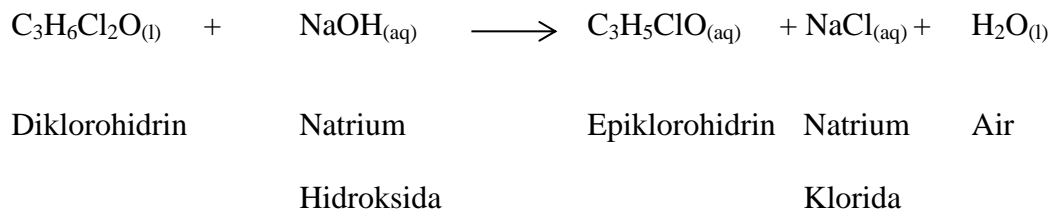
MD : *Menara Distilasi*

MP : *Mixing Point*

DE : *Dekanter*

EV : *Evaporator*

Tahap awal pembuatan epiklorohidrin dari diklorohidrin dan NaOH yaitu dengan melarutkan bahan baku berupa NaOH 98% dan H<sub>2</sub>O ke dalam *mixing tank* (MT-101) yang diencerkan menjadi larutan NaOH 18%. Campuran dari *mixing tank* (MT-101) dan *storage tank* (ST-102) selanjutnya dikontakkan dalam *mixing point* dan didinginkan suhunya dengan menggunakan Cooler dari suhu 74°C menjadi 32°C kemudian mengalirkannya secara kontinyu menuju reaktor (RE-201). Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut :



Reaksi pembentukan yang terjadi didalam reaktor bersifat eksotermis dan spontan. Reaksi di dalam reaktor berlangsung dengan kondisi operasi pada suhu 32 °C pada tekanan 1 atm dengan konversi optimum yang dihasilkan dari reaksi ini sebesar 93,5% (Dirix, 2016). Produk keluaran dari reaktor berupa epiklorohidrin natrium klorida, air, sisa natrium hidroksida, serta diklorohidrin. Campuran tersebut dialirkan menuju menara distilasi (DC-301) berdasarkan prinsip kesetimbangan fasa dengan hasil atas berupa H<sub>2</sub>O dan produk epiklorohidrin yang akan dipisahkan kembali menjadi produk epiklorohidrin dengan kemurnian 99% menggunakan alat

Evaporator (Ev-301) dengan menguapkan H<sub>2</sub>O yang terkandung didalamnya. Hasil bawah menara distilasi berupa diklorohidrin, NaOH, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan sedikit epiklorohidrin yang selanjutnya dialirkan ke dekanter untuk memisahkan dari campurannya dengan prinsip perbedaan densitas. Sebelum masuk dekanter, produk bawah yang dihasilkan dari menara distilasi didinginkan dengan cooler mencapai suhu operasi dekanter (DE-301) yaitu 35°C dan tekanan 1 atm. Hasil bawah dekanter berupa NaCl dan NaOH yang kemudian akan ditampung di UPL (Unit Pengolahan Limbah). Hasil atas dari dekanter berupa epiklorohidrin dan diklorohidrin yang selanjutnya akan di *recycle* ke *mixing point* (MP-101).

## BAB III

### SPEKIFIKASI PRODUK DAN BAHAN BAKU

#### 3.1. Spesifikasi Bahan Baku

##### 1. Diklorohidrin ( $C_2H_4Cl_2$ )

Kemurnian	: 99%
Fasa	: Cair
Berat Molekul	: 98,96 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 83,7 °C
Titik Lebur (1atm)	: -4 °C
Tekanan Uap (25°C)	: 0,75 mmHg
Densitas (20°C)	: 1,205 kg/L
Kelarutan (20°C)	: 110 g/L dalam air
Identifikasi Bahaya	: Bahaya jika terkena kulit, bahaya jika tertelan dan dapat menyebabkan kanker

Sumber : 1) Sigma Aldrich (2022)

2) Canadian Ingredient Disclosure List (2006)

##### 2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Kemurnian	: 98%
Fasa	: Padat



Berat Molekul	: 40,01 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 1390 °C
Titik Lebur (1atm)	: 318,4 °C
Tekanan Uap (25°C)	: 0,75 mmHg
Densitas (20°C)	: 1,363 kg/L
Kelarutan (20°C)	: 109 gr/100 g air
Identifikasi bahaya	: BAHAYA ! Korosif !  Dapat berakibat fatal jika tertelan ! Dapat berbahaya jika dihirup. Menyebabkan luka bakar untuk setiap bagian yang terkena !  Untuk mata atau kontak kulit, segera bilas dengan air selama paling sedikit 15 menit. Dalam kasus tertelan, JANGAN dibuat muntah. Berikan sejumlah besar air atau susu.  Dapatkan pertolongan medis segera.

Sumber : 1) Science Stuff Inc (2009)  
2) Perry (1997)

### 3. Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Fasa	: Padat
Berat Molekul	: 142,04 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 1700 °C
Titik Lebur (1atm)	: 880 °C
Tekanan Uap (25°C)	: 0,75 mmHg
Densitas (20°C)	: 2,463 kg/L
Kelarutan (20°C)	: 0,496 kg/L
Identifikasi bahaya	: Kelas Bahaya – Toksisitas akut, kulit (Kategori 5). Berbahaya jika terkena kulit (H313)

Sumber : 1) PT. Smart-Lab Indonesia (2019)  
2) Perry (1997)

## 3.2. Spesifikasi Produk Utama

### 1. Epiklorohidrin ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}$ )

Kemurnian	: 99%
Fasa	: Cair
Berat Molekul	: 92,52 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 117°C
Titik Beku (1atm)	: -57 °C
Tekanan Uap (25°C)	: 17,3 mmHg
Densitas (20°C)	: 1,187 kg/L

Kelarutan	: 6,6 kg/100 kg air
Identifikasi Bahaya	: Mudah terbakar. Beracun jika terhirup, kontak dengan kulit, dan jika tertelan. Menyebabkan luka bakar. Dapat menyebabkan sensitisasi oleh kontak kulit. Dapat menyebabkan kanker.

Sumber : 1) Groupe Veritas (2015)  
2) Perry (1997)

### 3.2. Spesifikasi Produk Samping

#### 1. Natrium Klorida (NaCl)

Fasa	: Cair
Berat Molekul	: 58,44 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 1461 °C
Titik Lebur (1atm)	: 801 °C
Densitas (20°C)	: 2,17 g/cm <sup>3</sup>
Kelarutan	: 358 g/L
Identifikasi bahaya	: Bahan ini tidak diklasifikasikan sebagai berbahaya menurut undang-

undang Uni Eropa dan  
Bukan bahan atau  
campuran berbahaya  
menurut Peraturan (EC) No  
1272/2008.

Sumber : PT. Smart-Lab Indonesia (2006)

## 2. Air (H<sub>2</sub>O)

Fasa	: Cair
Berat Molekul	: 18,1 kg/kmol
Titik Didih, (1 atm)	: 100 °C
Titik Lebur (1atm)	: 0°C
Tekanan Uap (25°C)	: 17, 535 mm Hg
Densitas	: 0,9982 kg/L
pH	: 7

Sumber : LabChem (2020)

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Epiklorohidrin dengan kapasitas 16.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Persen *Return on Investment* (ROI) sesudah pajak 43 %.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 1,64 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 38,88 % menunjukkan jumlah biaya produksi sama dengan jumlah pendapatan.
4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 26,82 % menunjukkan batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 51,92 %, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sebesar 6% sehingga *investor* akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

#### **B. Saran**

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan dari hasil analisis ekonomi di atas maka pabrik Epiklorohidrin dengan kapasitas enam belas ribu ton per tahun baik untuk dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba, 2023. *Harga Bahan Kimia*. Diakses melalui [www.Alibaba.com](http://www.Alibaba.com) pada 8 Januari 2023.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. In McGraw-Hill Chemical Engineering Series. New-York: McGraw-Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik, 2022. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) pada 24 Oktober 2022.
- 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.
- Dean, John A. 1999. *Lange's Handbook of Chemistry 15<sup>th</sup> edition*. Mcgraw-Hill Co :New York.
- Dirix., 2016. *Process for Preparing Epichlorohydrin from Dichlorohydrin*. United States Patent No. US 9,447,061 B2.
- 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.
- Yalowsky, Samuel H. 2010. *Handbook of Aqueous Solubility Data 2<sup>nd</sup> edition*. Taylor and Francis Group : United States of America.
- Hill, Charles G. 1977. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- 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.
- L.Ma., W. zhu., X. Q. Yuan and Q. Yue. 2007. *Synthesis of Epichlorohydrin from Dichloropropanols Kinetics Aspects of the Process*. Chemical Engineering Research and Design : China.
- McCabe, W. L. and Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga, Jakarta.
- Milchert, E., Krzyzanowska, A., Hnat, A, W., and Pazdzioch, W. 2012. *The Influence of Technological Parameters on Dehydrochlorination of Dichloropropanols*. Industrial & Engineering Chemistry Research

- 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. Asahimas Chemical, 2022. *Data Kapasitas Produksi NaOH*. Diakses melalui [www.asc.co.id](http://www.asc.co.id) pada 10 Desember 2022.
- PT. Jinan Finer Chemical, 2022. *Data Kapasitas Produksi Diklorohidrin*. Diakses melalui [www.finerchem.com](http://www.finerchem.com) pada 11 Desember 2022.
- Sirya, R, P, 2015. *Prarancangan Pabrik Epichlorohydrin dari Dichlorohydrin dan Sodium Hidroksida dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun*. Skripsi, Lampung: Universitas Lampung.
- Smith, J. M., h.c. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.
- Suci, A, E, 2019. *Prarancangan Pabrik Kimia Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun*. Skripsi, Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- 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.
- 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.



UN Comtrade, 2022. *Data Impor Epiklorohidrin di Indonesia*. Diakses melalui [www.comtrade.un.org](http://www.comtrade.un.org) pada 14 November 2022.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann: Washington.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co., New York.