

**PABRIK EPIKLOROHIDRIN DARI DIKLOROHIDRIN
DAN NATRIUM HIDROKSIDA**

PROPOSAL PRA RENCANA PABRIK



OLEH:

MOHAMMAD KIMPRIA PRABAWA NPM. 17031010186

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2024**



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri kimia, otomotif dan elektronik yang begitu pesat membuat permintaan terhadap epiklorohidrin meningkat setiap tahun. Epiklorohidrin dalam industri kimia diperlukan untuk memproduksi resin epoksi, gliserin sintesis, surfaktan, *elastomer* dan lain-lain. Sedangkan dalam industri otomotif dan elektronik, epiklorohidrin banyak digunakan pada proses *painting* dan *coating*.

Saat ini belum terdapat pabrik epiklorohidrin di Indonesia sehingga kebutuhan industri akan epiklorohidrin dipenuhi dari hasil impor. Oleh karena itu, pendirian pabrik epiklorohidrin memiliki prospek yang cukup positif untuk mengurangi impor epiklorohidrin. Bahkan berdasarkan data yang diperoleh dari *Grand View Research* memperkirakan bahwa pada tahun 2030 mendatang, penjualan epoklorohidrin dunia akan mencapai nilai 4,4 miliar USD. Nilai tersebut setara dengan kebutuhan epoklorohidrin dunia sebesar 1.100.000 ton dengan asumsi harga pasaran 4 USD per kilogram.

Pendirian pabrik epoklorohidrin ini diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat menurunkan angka pengangguran dan dapat mengurangi ketergantungan impor Indonesia. Hal ini juga dapat memicu tumbuhnya industri lain yang menggunakan epiklorohidrin dan meningkatkan pengembangan sumber daya manusia di Indonesia. Sehingga diharapkan dengan pendirian pabrik epiklorohidrin tersebut selain dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri juga dapat bersaing secara ekonomi di pasar global dan pada akhirnya akan meningkatkan perekonomian negara.



I.2 Manfaat

Epiklorohidrin banyak digunakan pada industri kimia, adapun kegunaannya adalah sebagai berikut:

1. Sebagai resin epoksi, dimana resin epoksi digunakan pada:
 - Dalam industri cat, digunakan agar lapisan mengkilap
 - Dalam industri otomotif, digunakan sebagai bahan perekat pada baja atau besi
2. Pada industri *elastomer*, epiklorohidrin berfungsi meningkatkan elastisitasnya.
3. Sebagai bahan baku pembuatan gliserol.

I.3 Aspek Ekonomi

Ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan kapasitas pabrik epiklorohidrin, salah satunya yaitu prediksi kebutuhan epiklorohidrin dalam negeri. Konsumsi epiklorohidrin diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang. Kebutuhan epiklorohidrin di Indonesia dipenuhi dengan cara impor karena belum tersedianya pabrik epiklorohidrin di Indonesia. Kebutuhan epiklorohidrin di Indonesia selama 5 tahun terakhir mengalami fluktuasi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik mengenai data impor epiklorohidrin di Indonesia dari tahun 2017-2021 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Kebutuhan Epiklorohidrin di Indonesia

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2018	15787,4250
2019	15999,1200
2020	16662,7900
2021	25019,2600
2022	33348,8300



Pra Rencana Pabrik “Pabrik Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida”

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS, 2022)

Pabrik epiklorohidrin yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi permintaan dalam negeri karena kebutuhan epiklorohidrin dalam negeri dipenuhi kebutuhannya dengan cara impor. Epiklorohidrin dipasarkan kepada pabrik yang menggunakan epiklorohidrin, seperti pada pabrik gliserol, resin epoksi, obat, kosmetik, sabun, pasta gigi, karet dan deterjen. Berikut beberapa pabrik tersebut :

- a. PT. Sumi Asih (Bekasi), PT. Cisadane Raya Chemical (Tangerang), sebagai penghasil gliserol.
- b. PT. Epotech Indonesia (Jakarta Selatan), PT. Kusuma Kemindo Sentosa (Jakarta Barat), sebagai penghasil resin epoksi.
- c. PT. Unilever Indonesia Tbk (Jakarta Selatan), PT Kao Indonesia (Bekasi), sebagai penghasil deterjen.
- d. PT. Santo Rubber (Jakarta Barat), sebagai penghasil karet.

Sedangkan untuk kelebihan produksinya akan diekspor ke luar negeri, seperti ke negara Malaysia, Thailand, Australia, dan negara-negara yang lain. Berikut data impor epiklorohidrin di Australia dan beberapa negara Asia pada tahun 2021 :

No	Negara	Total Impor (ton)
1	Malaysia	1.946,402
2	Thailand	117,909
3	Vietnam	184,312
4	Korea	71.226,997
5	Filipina	79,069
6	Jepang	16.947,102
7	India	46.718,800
8	Australia	219,687

Sumber: comtrade.un.org



Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida”

Data impor epiklorohidrin dari tahun 2018-2022 dapat digunakan dalam menentukan kapasitas produksi pabrik epiklorohidrin. Kapasitas produksi dapat dihitung dengan menggunakan metode least square dengan persamaan:

$$y = a + bx \dots\dots\dots(1)$$

$$b = \frac{n \sum X.Y - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan jumlah 5 data (n = 5), maka:

Tahun (X)	Kapasitas (Y)	X.Y	X ²
2018	15787,4250	31859023,6500	4072324
2019	15999,1200	32302223,2800	4076361
2020	16662,7900	33658835,8000	4080400
2021	25019,2600	50563924,4600	4084441
2022	33348,8300	67431334,2600	4088484
10100	106817,4250	215815341,4500	20402010

Menghitung nilai a dan b:

$$b = \frac{5 (215815341,4500) - (10.100)(106817,4250)}{5 (20.402.010) - (10.100)^2} = 4414,2950$$

$$a = \frac{1061817,4250}{5} - 4414,2950 \frac{10.100}{5} = -8895512,4150$$

Kemudian substitusi nilai a dan b ke persamaan (1):

$$y = -8895512,4150 + 4414,2950x$$

Pabrik epiklorohidrin direncanakan akan beroperasi pada tahun 2026, sehingga untuk mencari kebutuhan epiklorohidrin pada tahun 2026 (x = 2026), maka:

$$y = -8895512,4150 + 4414,295(2026) = 65.506.435$$

Dari perhitungan di atas didapatkan kebutuhan epiklorohidrin pada tahun 2026 sebesar 65506,4350 ton/tahun. Untuk perencanaan pabrik memproduksi 80% dari kebutuhan nasional, maka kapasitas produksi pabrik epiklorohidrin sebesar 50.000 ton/tahun.



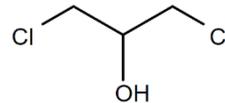
I.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

I.4.1 Bahan Baku

1. Diklorohidrin

Rumus molekul : $C_3H_6Cl_2O$

Rumus bangun :



Kemurnia : 98%, 2% air

Fase : Cair

Berat molekul : 128,99 kg/kmol

Titik didih, 1 atm : 174,3 °C

Tekanan uap, 25 °C : 0,75 mmHg

Kelarutan, 20 °C : 12 kg/100 L air

Densitas, 20 °C : 1,363 kg/L

Sifat khusus : *Irritant* dan beracun bila berkontak dengan kulit dan apabila terhirup, tidak mudah terbakar (*flash point* 85 °C)

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>)

2. Natrium Hidroksida

Rumus molekul : NaOH

Fase : Padat

Berat molekul : 39,99 kg/mol

Titik didih, 1 atm : 143 °C

Kelarutan : 109 kg/100 L air

Densitas : 1,515 kg/L



I.4.2 Bahan Pendukung

1. Trikloropropan

Rumus molekul	: $C_3H_5Cl_3$
Kemurnian	: 99%, 1% air
Fase	: Cair
Berat molekul	: 147,44 kg/kmol
Titik didih, 1 atm	: 156 °C
Tekanan uap, 25 °C	: 3,69 mmHg
Kelarutan, 20 °C	: $1,750 \times 10^{-6}$ kg/L air
Densitas, 20 °C	: 1,390 kg/L

I.4.3 Produk

1. Epiklorohidrin

Rumus molekul	: C_3H_5ClO
Kemurnian	: 99%
Fase	: Cair
Berat molekul	: 92,52 kg/kmol
Titik didih, 1 atm	: 117,9 °C
Tekanan uap, 25 °C	: 16,4 mmHg
Kelarutan, 20 °C	: 6,6kg/100 kg air
Kelarutan, 20 °C	: 118 kg/100 kg trikloropropan
Densitas, 20 °C	: 1,181 kg/L

I.4.4 Produk Samping

1. Natrium Klorida

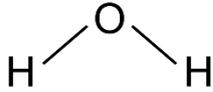
Rumus molekul	: NaCl
Rumus bangun	: Cl — Na
Berat molekul	: 58,44 kg/kmol
Titik didih	: 1465 °C
Titik lebur	: 800,7 °C
Kelarutan, 20 °C	: 35,9 kg/100 kg air
Densitas, 20 °C	: 1,939 kg/L



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida”

2. Air

Rumus molekul : H₂O

Rumus bangun : 

Berat molekul : 18,01 kg/kmol

Titik beku : 0 °C

Titik didih : 100 °C

Densitas, 25 °C : 0,9982 kg/L



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam – Macam Proses

Beberapa tahun perkembangan dalam teknologi, pembuatan epiklorohidrin dapat dilakukan dengan beberapa cara atau proses dan bahan baku yang dipergunakan juga berbeda pula. Adapun proses yang dapat digunakan dalam pembuatan epiklorohidrin adalah:

1. Pembuatan epiklorohidrin dengan mereaksikan diklorohidrin dan natrium hidroksida
2. Pembuatan epiklorohidrin dari alil klorida
3. Pembuatan epiklorohidrin dari gliserol dan asam klorida

II.1.1 Pembuatan Epiklorohidrin dengan Mereaksikan Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida

Pada proses ini, epiklorohidrin diproduksi dari reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida sehingga membentuk epiklorohidrin dan natrium klorida. Reaksi dijalankan dalam suatu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Suhu reaksi yang terjadi di dalam reactor pada kisaran suhu 40 – 90 °C dan reaksi dijalankan pada tekanan atmosferis (Patrick Gilbeau, 2010).

Reaksi:



Reaksi pembentukan epiklorohidrin tersebut membutuhkan pelarut organik seperti benzene, toluene, dan 1,2,3-trikloropropan. Diantara jenis pelarut tersebut, dipilih 1,2,3-trikloropropan karena memiliki massa jenis yang lebih berat daripada air dan titik didihnya berada diantara titik didih epiklorohidrin dan diklorohidrin (Viriot *et al.*, 1957).

Reaksi melibatkan 1064 gram 1,3-dichloro-2-propanol (8,25 mol) dengan menambahkan 1752 gram 18% w/w natrium hidroksida (7,9 mol) dengan waktu tinggal di dalam reaktor dalam rentang waktu 1 detik – 180 menit. Konversi yang terjadi sebesar 93,5% (Dirix *et al.*, 2015).



II.1.2 Pembuatan Epiklorohidrin dari Alil Klorida

Pembuatan epiklorohidrin dari alil klorida dengan tiga langkah reaksi utama, yaitu:

- $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_3(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq})$
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{HOCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{ClCH}_2\text{CHClCH}_2\text{OH}(\text{aq}) + \text{ClCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{Cl}(\text{aq})$
- $\text{ClCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Epiklorohidrin diproduksi dari klorohidrinasi alil klorida. Alil klorida diperoleh dengan kloronasi propena. Propena dipanaskan dan klorida diumpankan ke reactor, dimana bereaksi pada suhu tinggi dan tekanan sedang. Alil klorida diperoleh dengan distilasi. Hidrogen klorida yang dihasilkan dapat diperoleh kembali dalam penyerap gas buang.

Alil klorida kemudian direaksikan dengan asam hipoklorit yang menghasilkan diklorohidrin (2,3-dikloro-1-propanol dan 1,3-dikloro-2-propanol). Setelah itu diklorohidrin direaksikan dalam reactor tipe kolom dengan natrium hidroksida. Kondisi reaksi adalah 70 – 100 °C dan tekanan atmosfer. Hasil epiklorohidrin adalah 60% dan 65% terhadap propilena dan klorida yang diumpankan ke reaksi alil klorida (Faith, *et al.*, 1975).

II.1.3 Pembuatan Epiklorohidrin dari Gliserol dan Asam Klorida

Pembuatan epiklorohidrin dari gliserol dan asam klorida terdiri dari 2 tahap utama, yaitu:

- Pembentukan diklorohidrin dari gliserol dan klorin
 $\text{OHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})_{(\text{l})} + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{ClCH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{OH}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- Pembentukan epiklorohidrin dari diklorohisrin dan basa
 $\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{ClCH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CHOH}(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}(\text{aq}) + 2\text{NaCl}(\text{aq})$

Reaksi dilakukan dalam dua reaktor alir tangka berpengaduk (RATB) yang disusun seri. Reaksi dilakukan pada fase cair dimana reaktor pertama beroperasi pada tekanan rendah (1 – 4 bar) sedangkan reaktor kedua beroperasi pada tekanan sedang (5 – 20 bar) serta suhu pada masing-masing reaktor dijaga pada suhu 90 – 130 °C. Pada kedua reaktor digunakan kombinasi katalis berupa asam asetat 3%



dan asam maleat 8% untuk memperoleh selektivitas tinggi dan waktu reaksi yang lebih singkat.

Hasil reaksi pada reaktor kedua yang berupa campuran uap-cair gliserol, HCl, kloropropanadiol dan sedikit diklorohidrin dialirkan pada vaporizer. Hasil uap yang kaya air dan HCl dialirkan pada kolom *recovery* deklorinasi, sedangkan hasil cairan tersisa dialirkan pada reaktor pertama sehingga dapat dikonversi menjadi diklorohidrin. Produk reaktor pertama kemudian dilewatkan pada rangkaian vaporizer untuk mengambil HCl yang terikut sebagai uap, sedangkan cairan menuju kolom *recovery* diklorohidrin. Hasil bawah yang berupa produk yang kaya akan kloropropanadiol Sebagian besar dikembalikan pada reaktor pertama dan Sebagian dilakukan *purging* untuk membuang komponen berat.

Diklorohidrin yang dihasilkan kemudian dicampurkan dengan larutan NaOH sehingga terbentuk ECH dan garam. Reaksi pembentukan ECH dan pemisahan produk ECH dilakukan sekaligus dengan metode *reactive distillation*, sehingga dapat diperoleh produk berupa *crude* ECH pada sesi atas dan campuran diklorohidrin, garam klorida dan pengotor lain pada sesi bawah kolom. Hasil *crude* ECH ini perlu dimurnikan untuk memperoleh spesifikasi produk ECH yang diinginkan. Konversi diklorohidrin mencapai 99,2% (Cassarino *et al.*, 2009).

II.2 Seleksi Proses

Dari ketiga proses maka dipilih proses pembuatan epiklorohidrin dengan mereaksikan diklorohidrin dan natrium hidroksida karena berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku yang mudah diperoleh
2. Peralatan yang dipakai lebih sedikit dan mudah didapat atau mudah di rancang di Indonesia
3. Proses yang digunakan lebih sederhana sehingga biaya proses lebih murah
4. Produk yang dihasilkan mempunyai konversi cukup tinggi, yaitu mencapai 93,5%
5. Produk samping yang dihasilkan adalah NaCl yang mempunyai banyak kegunaan



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Epiklorohidrin dari Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida”

Kondisi operasi tiap proses untuk menghasilkan epiklorohidrin berbeda-beda sehingga dilakukan perbandingan antara berbagai proses berdasarkan faktor teknis.

Tabel II.1 Perbandingan antara Berbagai Proses berdasarkan Faktor Teknis

Spesifikasi	Proses 1	Proses 2	Proses 3
Reaktor	2 CSTR (****)	<i>Reactive Distillation Reactor</i> (**)	2 CSTR (****)
Jumlah reaksi	1 (****)	3 (**)	2 (***)
Fase reaksi	Cair (****)	Cair (****)	Cair (****)
Suhu (°C)	40 – 90 °C (****)	70 – 100 °C (***)	90 – 130 °C (**)
Tekanan	Atmosferik (****)	Atmosferik (****)	Reaktor I: 1 – 4 bar Reaktor II: 5 – 20 bar (**)
Konversi	93,5% (***)	60-65% (**)	99,2% (****)
Nilai	23	17	20

Keterangan:

Kurang = (*)

Cukup = (**)

Baik = (***)

Sangat baik = (****)

Dari tinjauan secara teknis, dapat disimpulkan bahwa proses yang paling baik adalah proses 1 yaitu proses pembentukan epiklorohidrin dengan mereaksikan diklorohidrin dan natrium hidroksida dengan nilai pertimbangan pemilihan proses terbesar.



II.3 Uraian Proses

Pada prarencana pabrik epiklorohidrin dapat dibagi menjadi 3 unit proses, yaitu:

1. Unit Pengendalian Bahan Baku
2. Unit Proses Epiklorohidrin
3. Unit Pemurnian Produk

II.3.1 Unit Pengendalian Bahan Baku

Pada proses persiapan bahan baku, diawali dengan mengalirkan NaOH 98% flakes menggunakan screw conveyor dari silo (F-110) ke Mixer (M-112) yang akan diencerkan menjadi larutan NaOH 18%. Setelah itu, larutan NaOH 18% keluar M-01 dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 80°C di heater (E-113) sebelum masuk ke reaktor alir tangka berpengaduk (R-210). Kemudian, diklorohidrin dari tangka penyimpanan (F-120) dan triklorohidrin dari tangka penyimpanan (F-130) dipompakan menuju mixer (M-122). Selanjutnya, arus keluaran mixer (M-122) dipanaskan terlebih dahulu di heater (E-132) sampai suhu 80°C sebelum masuk ke reaktor (R-210).

II.3.2 Unit Proses Epiklorohidrin

Reaksi pembentukan epiklorohidrin antara natrium hidroksida dari mixer (M-112) dengan arus campuran yang sudah dipanaskan menjadi 80°C keluar dari mixer (M-122) dan tekanan 1 atm dari reaktor alir tangki berpengaduk (R-210)

Di dalam reaktor terjadi reaksi sebagai berikut :



(Diklorohidrin) (Natrium Hidroksida) (Epiklorohidrin) (Natrium Klorida) (Air)

Reaksi dehidrokloronasi di atas bersifat *irreversible*. Reaksi yang terjadi juga merupakan reaksi yang bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga suhu reaksi reaktor pada suhu reaksi yang ditetapkan maka reaktor perlu dilengkapi dengan pendingin. Konversi optimum yang dihasilkan dari reaksi ini sebesar 93,5% terhadap NaOH.



II.3.3 Unit Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor berupa natrium klorida, air, sisa natrium hidroksida dan diklorohidrin serta epiklorohidrin yang larut dalam trikloropropan. Selanjutnya, produk keluaran reaktor tersebut didinginkan terlebih dahulu pada cooler (E-133) sampai suhu 65°C sebelum dipompakan menuju decanter (FL-230) untuk dipisahkan fase berat dan fase ringannya yang ditentukan dari densitas masing-masing fase. Fase berat berupa sedikit epiklorohidrin, diklorohidrin, natrium hidroksida, natrium klorida, dan air yang didinginkan terlebih dahulu di cooler untuk dipompakan menuju Unit Pengolahan Lanjut (UPL). Sedangkan fase ringan berupa epiklorohidrin, diklorohidrin, trikloropropan, dan air dipanaskan terlebih dahulu di heater sampai suhu $122,9^{\circ}\text{C}$ sebelum dipompakan menuju menara destilasi (D-310) untuk memisahkan air dari campurannya. Hasil atas Destilasi berupa air, epiklorohidrin, dan diklorohidrin diumpankan ke Destilasi.

Sedangkan hasil bawah Destilasi didinginkan terlebih dahulu menggunakan cooler dari suhu $126,56^{\circ}\text{C}$ menjadi 35°C untuk dipompakan ke UPL. Hasil atas Destilasi dialirkan ke evaporator, dan hasil bawahnya dipompakan ke UPL yang sebelumnya sudah didinginkan menggunakan cooler. Hasil keluaran bawah berupa produk epiklorohidrin 99% didinginkan terlebih dahulu pada cooler sehingga suhu mencapai 35°C kemudian disimpan di tangki penyimpanan. Sedangkan hasil keluaran atas Evaporator berupa air didinginkan terlebih dahulu di cooler sebelum dipompakan ke UPL.