

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri di Indonesia, khususnya dalam industri kimia mengalami perkembangan cukup besar. Parameter ukur dalam perkembangan ini dapat kita lihat dari jenis bahan kimia yang di produksi baik dalam negeri maupun luar negeri. Pada hasil ini, berarti meningkat pula akan kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang produksinya.

Ethylene Dichloride atau 1,2 – *dichloroethane* dengan rumus molekul $C_2H_4Cl_2$ merupakan senyawa yang sangat beracun dengan wujud berupa cairan seperti minyak dan tidak berwarna, mempunyai bau tidak enak. *Ethylene Dichloride* sedikit larut dalam air tetapi larut dalam pelarut polar seperti etanol dan benzen. Pada tekanan 1 atm *Ethylene Dichloride* mempunyai titik didih $83,7\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik beku $-35,5\text{ }^\circ\text{C}$ (Kirk & Othmer, vol. 6, 1993).

Ethylene Dichloride dimasa lalu lebih dikenal dengan nama *Dutch Oil*. Zat ini pertama sekali berhasil disintesa oleh ilmuan-ilmuan Belanda, yaitu dari gas etilen dan gas klorin diakhir abad ke-18. Etilen merupakan bahan baku yang digunakan dalam hampir semua proses produksi vinil klorida didunia. Pada proses produksi vinil klorida secara komersial pada saat ini merupakan kombinasi yang seimbang dari dua jenis proses. *Ethylene Dichloride* merupakan produk antara dalam proses produksi vinil klorida.

Pada awalnya *Ethylene Dichloride* merupakan produk samping dari hasil sintesa etilen oksida dan etilen klorida. Setelah perang Dunia II pabrik khusus etilen diklorida mulai dikembangkan pada tahun 1970. *Ethylene Dichloride* mulai menjadi produk *petroleum* dengan pertumbuhan terus meningkat seiring jumlah *Ethylene Dichloride* yang dibutuhkan dalam industri plastik terutarna *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) dan *Poly Vinyl Chloride* (PVC) yaitu sebesar 84%, dan sisanya digunakan sebagai pelarut dalam industri *anti-knocking agent* (Kirk & Othmer. vol. 6, 1993). Sintesis pertama *Ethylene Dichloride*, EDC (1,2

dichloroethane) terjadi pada 1795. Saat ini *Ethylene Dichloride* adalah bahan kimia dengan kecepatan produksi paling tinggi. Kecepatan pertumbuhan rata-rata > 10% yang mencapai selama 20 tahun terakhir. Etilena diklorida adalah cairan bening pada suhu kamar yang mudah larut dalam semua hidrokarbon terklorinasi dan dalam pelarut organik yang paling umum.

Proses *direct chlorination* dan *oxychlorination* dilakukan bersama-sama secara paralel karena sebagian pabrik besar EDC (*Ethylene Dichloride*) yang terhubung ke unit (VCM), proses *oxychlorination* digunakan untuk menyeimbangkan hidrogen klorida yang diperoleh dari produksi VCM tergantung pada rasio produksi EDC/VCM dari pabrik terpadu. Tambahan kelebihan hidrogen klorida dari proses lain seperti *chlorinolysis* (produksi *perkloroetilena* dan *tetrachloromethane*), atau *1,1,1-trichloroethane* (*1.1.1-Trichloroethane* dari *1.1-Dichloroethane*) dapat dimasukkan ke tahap *oxychlorination* untuk *balancing* yang tepat dalam *recovery* klorin (Ullmann, 2002).

Produk EDC di Indonesia masih dipenuhi oleh impor dari Cina, jika dilihat dari segi ekonomisnya produk ini merupakan produk yang sangat strategis dan menjanjikan. Berkembangnya industri *Ethylene Dichloride* di Indonesia, justru akan semakin berkembang pula pabrik (VCM) dan (PVC) sehingga akan mendongkrak perekonomian dan pembangunan bagi Indonesia sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Prarancangan Pabrik *Ethylene Dichloride* adalah sebagai berikut:

1. Apakah pabrik etilena diklorida dengan kapasitas 135.000 ton/tahun memenuhi kebutuhan kapasitas di Indonesia?
2. Apakah dengan proses Klorinasi langsung dari etilen dan klorin dapat menghasilkan produk *Ethylene Dichloride* dengan kapasitas 135.000 ton/tahun?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Adapun Tujuan dari Prarancangan Pabrik *Ethylene Dichloride* adalah sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia

2. Untuk menganalisis proses yang digunakan dapat menghasilkan produk *Ethylene Dichloride* dengan kapasitas 135.000 ton/tahun

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat pendirian pabrik *ethylene dichloride* adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran informasi rancangan pabrik pembuatan *ethylene dichloride* dari etilen dan klorin dengan proses oksiklorinasi dengan kapasitas 135.000 ton/tahun
2. Dapat menganalisis kelayakan pabrik tersebut
3. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan *Ethylene Dichloride* dan memberikan kesempatan bagi industri-industri lain yang menggunakan etilena diklorida.

1.5 Batasan Masalah

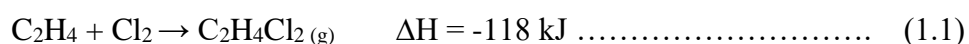
Batasan masalah dalam prarancangan ini hanya mencangkup pada kapasitas pabrik dan penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (Steady State)* pabrik *Ethylene Dichloride* dengan proses *direct chloronation, dynamic mode*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, *Autodesk inventor, AutoCAD P&ID Drawings, Plot Plant* dan tugas khusus.

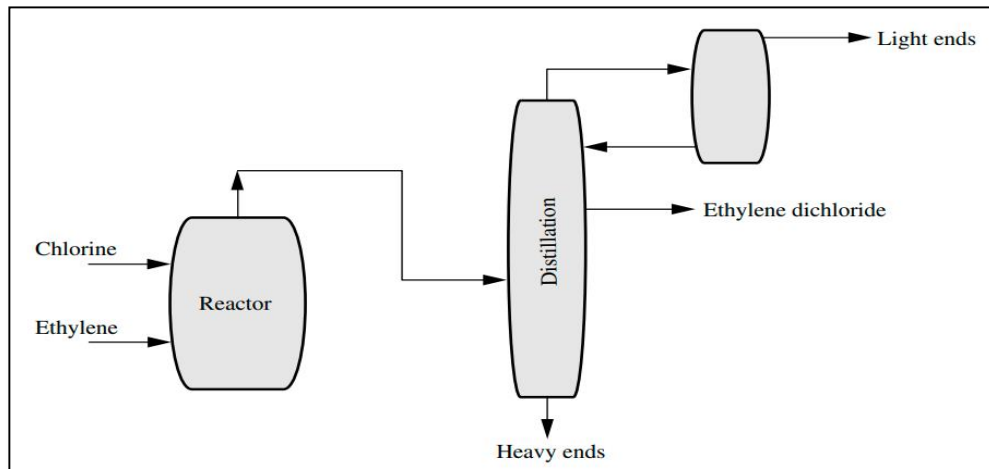
1.6 Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses pembuatan *Ethylene Dichloride* yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun beberapa proses pembuatan *Ethylene Dichloride* adalah proses klorinasi langsung dan *Oxychlorination*.

1.6.1 Proses Klorinasi Langsung

Pada proses klorinasi langsung etilen direaksikan dengan klorin, reaksi ini berlangsung secara adisi dan eksotermis dengan persamaan (1.1).





Gambar 1.1 Proses Pembuatan *Ethylene Dichloride* Secara Langsung (*Direct Chlorination*)

Produk etilen diklorida mempunyai kemurnian lebih dari 99,64%. Proses klorinasi langsung dapat dilakukan pada fase gas maupun cair. (Kirk & Othmer, 1996). Reaksi fase gas menggunakan katalis padat FeCl_3 dengan mereaksikan *Ethylene* dan *Chlorine* dalam *Fix Bed Multitube Reactor*. Suhu umpan masuk reaktor $86,58^\circ\text{C}$ dan suhu uap keluar diatas 135°C . Reaksi berlangsung pada temperatur diatas 85°C dan biasanya dilakukan pada tekanan atmosfer. Perbandingan etilen dan klorin adalah *equimolar* dengan *yield* sebesar 90-95% (Groggin, 1958). Setelah keluar dari reaktor, produk dalam fase gas ini kemudian dikondensasikan. Komponen cair yang berupa produk etilen diklorida dimunikan untuk memperoleh hasil dengan kemurnian tertentu. Proses ini tidak membutuhkan penambahan katalis yang terus menerus karena posisi katalis tetap (Faith dkk, 1961).

Reaksi fase cair berlangsung dalam reaktor gelembung dengan katalis FeCl_3 untuk membentuk *Ethylene Dichloride*. Proses berlangsung pada suhu $50-65^\circ\text{C}$ dengan *yield* 90-95%. Produk gas hasil atas reaktor diembunkan dalam dua tahap kemudian dipisahkan dalam separator. Produk *Ethylene Dichloride* cair hasil separator bersama dengan hasil bawah reaktor dicuci dengan NaOH dalam tangki pencuci. Selanjutnya *Ethylene Dichloride* dipisahkan dari fraksi beratnya dalam menara distilasi. Proses ini membutuhkan penambahan katalis secara terus menerus (Kirk & Othmer, 1996).

1.6.1.1 Tinjauan Thermodinamika Pada Proses Klorinasi Langsung

Pada perancangan reaktor yang digunakan, untuk mengetahui apakah reaksi berjalan secara endotermis atau eksotermis maka perlu dilakukan pencarian entalpi dari reaksi yang terjadi, sehingga diketahui apakah reaktor yang di gunakan membutuhkan suplai pemanas atau pendingin.



Reaksi di atas merupakan reaksi pembentukan *Ethylene Dichloride* dari *Ethylene* dan *Chlorine*, reaksi beroperasi pada suhu 135°C dan tekanan 4 atm. Berikut ini merupakan penentuan entalpi reaksi *Ethylene* dan *Chlorine* menjadi *Ethylene Dichloride*.

$$\Delta H_f = A + B T + C T^2 \dots\dots\dots (1.3)$$

$$\Delta G_f = A + B T + C T^2 \dots\dots\dots (1.4)$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat harga nilai entalpi dan nilai energi gibbs pada masing-masing komponen pembentukan *Ethylene Dichloride* pada buku yang di tulis oleh Carl L. Yaws (1999). Harga nilai entalpi dan energi gibbs dapat kita lihat pada Tabel 1.1 dan 1.2 di bawah ini.

Tabel 1.1 Harga Nilai Entalpi Pembentukan pada Kondisi Standar

KOMPONEN	A	B	C
C ₂ H ₄ Cl	- 119,407	-6,05E-02	1,97E-05
C ₂ H ₄	63,053	-4,11E-02	1,66E-05
Cl ₂	0	0,00E+00	0,00E+00

Sumber: Yaws, Carl L (1999)

Tabel 1.2 Harga Nilai Energi Gibbs Pembentuk pada Kondisi Standar

KOMPONEN	A	B	C
C ₂ H ₄ Cl	-139,549	1,86E-01	1,38E-05
C ₂ H ₄	51,752	4,93E-02	1,73E-05
Cl ₂	0	0,00E+00	0,00E+00

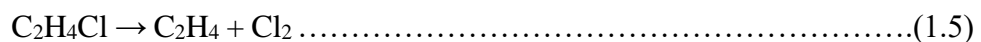
Sumber: Yaws, Carl L (1999)

Tabel 1.3 Nilai Entalpi dan Energi Gibbs pada Kondisi Standar

KOMPONEN	ΔH_F	ΔG_F
C_2H_4Cl	-132,6584958	-52,4935
C_2H_4	40,86374559	102,0264
Cl_2	0	0

1. Mencari nilai ΔH_f° 408,15 K pada reaksi utama.

Reaksi utama pada tekanan 4 atm dengan suhu 135°C (408,15 K)



Maka, ΔH_{reaksi} (408,15 K)

$$\Delta H_{reaksi} = \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_{reaksi} = (\Delta H^\circ_f C_2H_4 + Cl_2) - (\Delta H^\circ_f C_2H_4Cl)$$

$$\Delta H_{reaksi} = ((49,05283204 \text{ kJ/mol}) + ((0 \text{ kJ/mol}) + (-135,6584958 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_{reaksi} = -181,7113278 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{reaksi} = -181.711,33 \text{ J/mol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga *enthalpy* reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas. Sedangkan reaksi berjalan searah atau bolak balik dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan perubahan energi Gibbs yakni:

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT} \quad \text{atau;} \quad \Delta G_{298} = -RT \ln K \text{ (Smith Van Ness,1987) } \dots\dots (1.6)$$

Dimana:

ΔG° = Energi bebas gibbs

R = Konstanta gas (R = 8,314 kJ/mol K)

T = Temperature (K)

K = Kontanta kesetimbangan reaksi

2. Mencari nilai K 298,15 pada reaksi utama.

$$\Delta G_{reaksi} (480,15 \text{ K})$$

Reaksi utama

$$\Delta G_{reaksi} = \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G_{reaksi} = (\Delta G^\circ_f C_2H_4Cl) - (\Delta G^\circ_f C_2H_4 + Cl_2)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = ((-52,4935 \text{ kJ/mol}) - (74,7686 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -127,2620535 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -127.262.0535 \text{ J/mol}$$

Harga ΔG_{reaksi} reaksi kurang dari nol, maka reaksi dapat berlangsung secara spontan. Adapun penentuan nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu 408,15 K menggunakan persamaan Smith Van Ness sebagai berikut:

$$\Delta G^{\circ}_{408,15} = -RT \ln K_{298,15}$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G^{\circ}_{408,15}}{R T}$$

$$K_{298,15} = \exp - \left[\frac{\Delta G^{\circ}_{408,15}}{R T} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp - \left[\frac{408,15 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K}} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp^{(0,68445513085)}$$

$$K_{298,15} = 1,052680523$$

$$\ln \left[\frac{K_{298,15}}{K_{408,15}} \right] = \left[\frac{-\Delta H_{493,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\left[\frac{K_{298,15}}{K_{408,15}} \right] = \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{135} = K_{298,15} \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{135} = K_{298,15} \exp \left[\frac{181,711 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.k}} \right] \left[\frac{1}{408,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$K_{135} = -0,01976$$

Karena harga K untuk reaksi mendekati 1, maka reaksi tersebut bersifat searah (*irreversible*).

1.6.1.2 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Klorinasi Langsung

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang

diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga diperhitungkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.1

Berikut adalah Analisa Ekonomi Awal pada proses Klorinasi Langsung:

Tabel 1.4 Harga bahan baku dan produk per Kg

Bahan	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Etilen (C ₂ H ₄)	28,054	18.000
Klorin (Cl ₂)	70,91	600
Etilena Diklorida (C ₂ H ₄ Cl ₂)	98,96	20.800

Sumber: chemicalbook.com

1. Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Ethylene} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 28,054 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= 28,054 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= 0,028054 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= \text{Rp. } 504,972
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Chlorin} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 70,91 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 600/\text{Kg} \\
 &= 70,91 \text{ g} \times \text{Rp. } 600/\text{Kg} \\
 &= 0,07091 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 600/\text{Kg} \\
 &= \text{Rp. } 42,546
 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 547,518$$

2. Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Ethylene Dichloride} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 98,96 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 20.800/\text{Kg} \\
 &= 98,96 \text{ g} \times \text{Rp. } 20.800/\text{Kg} \\
 &= 0,09896 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 20.800/\text{Kg}
 \end{aligned}$$

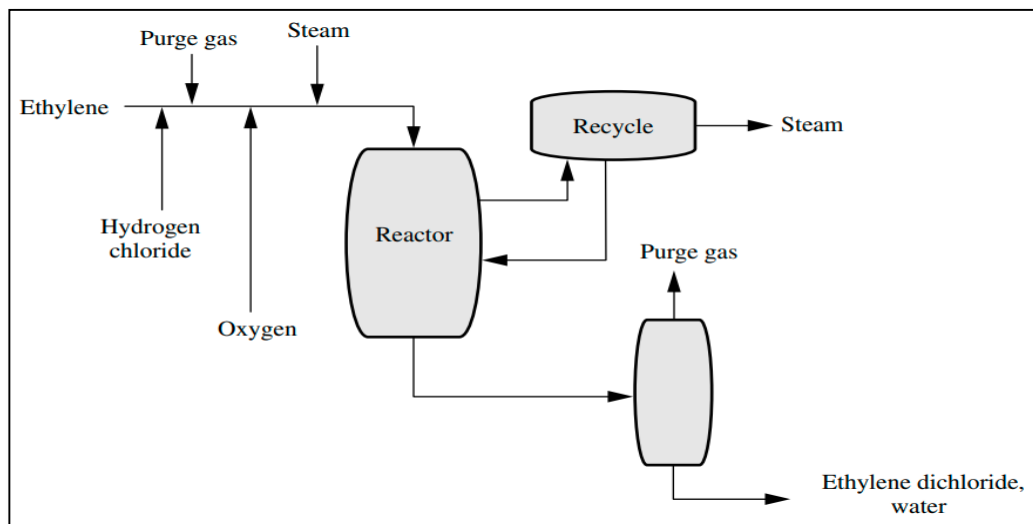
$$\text{Total} = \text{Rp. } 2.058,368$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Keuntungan} &= \text{Produk} - \text{Bahan baku} \\
 &= \text{Rp. } 2.058,368 - \text{Rp. } 547,518 \\
 &= \text{Rp. } 1.510,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{1.510,85}{547,518} \times 100\% \\
 &= 2,75945265726 \times 100\% \\
 &= 275,945265726 \%
 \end{aligned}$$

1.6.2 Proses *Oxychlorination*

Pada proses *oxychlorination* etilen direaksikan dengan HCl dengan O₂ dengan persamaan (1.2)



Gambar 1.2 Proses Pembuatan *Ethylene Dichloride* Menggunakan Proses Oksiklorinasi (*Oxychlorination*)

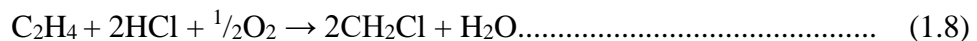
Proses oksiklorinasi dari etilen menjadi proses alternatif dalam pembuatan etilen diklorida. Proses ini biasanya digunakan dalam pabrik vinil klorida terpadu dengan me *recovery* HCl dari hasil *creaking* EDC menjadi vinil klorida. Proses ini

berlangsung pada reaktor *fluidized-bed* dengan menggunakan katalis kupri klorida (CuCl_2). Jika menggunakan reaktor *fluidized-bed* operasi berlangsung pada temperatur 220-245°C dan tekanan 150-500 kPa.

Dari proses klorinasi langsung dan *oxychlorination* ada kelebihan dan kekurangan masing-masing proses. Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 1.3

1.6.2.1 Tinjauan Termodinamika Pada Proses Klorinasi Langsung

Pada perancangan reaktor yang digunakan, untuk mengetahui apakah reaksi berjalan secara endotermis atau eksotermis maka perlu dilakukan pencarian entalpi dari reaksi yang terjadi, sehingga diketahui apakah reaktor yang di gunakan membutuhkan suplai pemanas atau pendingin.



Reaksi di atas merupakan reaksi pembentukan *Ethylene Dichloride* dari *Ethylene* dan *Chlorine*, reaksi beroperasi pada suhu 245°C dan tekanan 5 atm. Berikut ini merupakan penentuan entalpi reaksi *Ethylene* dan *Chlorine* menjadi *Ethylene Dichloride*.

$$\Delta H_f = A + B T + C T^2 \dots \dots \dots (1.9)$$

$$\Delta G_f = A + B T + C T^2 \dots \dots \dots (1.10)$$

Dari rumus di atas dapat kita lihat harga nilai entalpi dan nilai energi gibbs pada masing-masing komponen pembentukan *Ethylene Dichloride* pada buku yang di tulis oleh Carl L. Yaws (1999). Harga nilai entalpi dan energi gibbs dapat kita lihat pada Tabel 1.5 dan 1.6 di bawah ini.

Tabel 1.5 Harga Nilai Entalpi Pembentukan Pada Kondisi Standar

KOMPONEN	A	B	C
HCl	- 31,264	-0,0035626	4,00E-07
C ₂ H ₄	63,053	-4,11E-02	1,66E-05
O	0	0	0
CH ₂ Cl	-88,343	-0,025399	1,23E-05
H ₂ O	-238,41	-0,012256	2,77E-02

Sumber: Yaws, Carl L (1999)

Tabel 1.6 Harga Nilai Energi Gibbs Pembentuk pada Kondisi Standar

KOMPONEN	A	B	C
C _{Cl}	-92,209	-0,011225	0,0000026966
C ₂ H ₄	51,752	4,93E-02	1,73E-05
O	0	0	0
CH ₂ Cl	-95,965	8,81E-02	0,0000085438
H ₂ O	-241,74	4,17E+02	0,0000074281

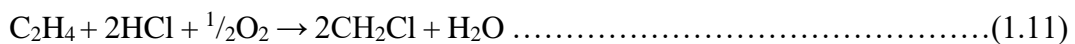
Sumber: Yaws, Carl L (1999)

Tabel 1.7 Nilai Entalpi dan Energi Gibbs pada Kondisi Standar

KOMPONEN	ΔH_F	ΔG_F
HCl	-93,109961	-98,025
C ₂ H ₄	41,7695446	74,2294
O	0	0
CH ₂ Cl	-102,10345	-50,326
H ₂ O	-39,412796	216034

1. Mencari nilai ΔH_f° 518,15 K pada reaksi utama.

Reaksi utama pada tekanan 4 atm dengan suhu 245°C (518,15 K)



Maka, ΔH_{reaksi} (518,15 K)

$$\Delta H_{reaksi} = \Delta H^\circ \text{f Produk} - \Delta H^\circ \text{f Reaktan}$$

$$\Delta H_{reaksi} = (\Delta H^\circ \text{f } CH_2Cl + H_2O) - (\Delta H^\circ C_2H_4 + HCl + O_2)$$

$$\Delta H_{reaksi} = ((-102,10345 \text{ kJ/mol}) + (-39,412796 \text{ kJ/mol}) - (41,7695446 \text{ kJ/mol}) + (-93,109961 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ KJ/mol}))$$

$$\Delta H_{reaksi} = -192,85666 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{reaksi} = -192.856,66 \text{ J/mol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga *enthalpy* reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas. Sedangkan reaksi berjalan searah atau bolak balik dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan perubahan energi Gibbs yakni:

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT} \quad \text{atau; } \Delta G_{298} = -RT \ln K \dots\dots\dots(1.12)$$

(Smith Van Ness,1987)

Dimana:

ΔG° = Energi bebas gibbs

R = Konstanta gas (R = 8,314 kJ/mol K)

T = Temperature (K)

K = Kontanta kesetimbangan reaksi

2. Mencari nilai K 298,15 pada reaksi utama.

$$\Delta G_{\text{reaksi}} (518,15 \text{ K})$$

Reaksi utama

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = \Delta G^{\circ} \text{f Produk} - \Delta G^{\circ} \text{f Reaktan}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (\Delta G^{\circ} \text{f CH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ} \text{f C}_2\text{H}_4 + \text{HCl} + \text{O}_2)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = ((-50,326 \text{ kJ/mol}) + (-216034 \text{ kJ/mol}) - (41,7695446 \text{ kJ/mol}) + (-100027 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ KJ/mol}))$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = 116031,268 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = 116.031.268 \text{ J/mol}$$

Harga ΔG_{reaksi} reaksi kurang dari nol, maka reaksi dapat berlangsung secara spontan. Adapun penentuan nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu 518,15 K menggunakan persamaan Smith Van Ness sebagai berikut:

$$\Delta G^{\circ}_{518,15} = -RT \ln K_{298,15}$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G^{\circ}_{518,15}}{R T}$$

$$K_{298,15} = \exp - \left[\frac{\Delta G^{\circ}_{518,15}}{R T} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp - \left[\frac{518,15 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K}} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp^{(1,61819548749)}$$

$$K_{298,15} = 2,1327\text{E} +20$$

$$\ln \left[\frac{K_{298,15}}{K_{518,15}} \right] = \left[\frac{-\Delta H_{493,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\left[\frac{K_{298,15}}{K_{518,15}} \right] = \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{245} = K_{245} \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{245} = K_{245} \exp \left[\frac{-90,176 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.k}} \right] \left[\frac{1}{518,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$K_{245} = -0,01545$$

Karena harga K untuk reaksi sangat besar, maka reaksi tersebut bersifat searah (*reversible*).

1.6.2.2 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Proses *Oxychlorination*

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga diperhitungkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.8

Berikut adalah Analisa Ekonomi Awal pada proses Proses *Oxychlorination*:

Tabel 1.8 Harga bahan baku dan produk per Kg

Bahan	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Etilen (C ₂ H ₄)	28,054	18.000
Asam Klorida (HCl)	36,46	10.000
Oksigen	16	0
Dichloromethane (CH ₂ Cl ₂)	98,96	30.000
H ₂ O	18,01528	0

Sumber: chemicalbook.com

1. Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Ethylene} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 28,054 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= 28,054 \text{ g} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= 0,028054 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 18.000/\text{Kg} \\
 &= \text{Rp. } 504,972
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Klorida} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 2 \text{ mol} \times 36,46 \text{ g/mol} \times \text{Rp. } 10.000/\text{Kg} \\
 &= 72,92 \text{ g} \times \text{Rp. } 10.000/\text{Kg} \\
 &= 0,07292 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 10.000/\text{Kg} \\
 &= \text{Rp. } 729,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Oksigen} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= \frac{1}{2} \text{ mol} \times 16 \text{ g/mol} \times \text{Rp. 0} \\
 &= 0,008 \text{ Kg} \times \text{Rp. 0/Kg} \\
 &= \text{Rp. 0} \\
 \text{Total} &= \text{Rp. 1.234,172}
 \end{aligned}$$

2. Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Ethylene Dichloride} &= \text{Jumlah Mol} \times \text{BM} \times \text{Harga} \\
 &= 2 \text{ mol} \times 98,96 \text{ g/mol} \times \text{Rp. 20.800/Kg} \\
 &= 0,19792 \text{ Kg} \times \text{Rp 20.800/Kg} \\
 \text{Total} &= \text{Rp. 5.937,6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Keuntungan} &= \text{Produk} - \text{Bahan baku} \\
 &= \text{Rp. 5.937,6} - \text{Rp. 1.234,172} \\
 &= \text{Rp. 4.703,428}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{4.703,428}{1.234,172} \times 100\% \\
 &= 3,810999879109 \times 100\% \\
 &= 381,0999879109 \%
 \end{aligned}$$

Dari proses *Direct Chlorination* dan *Oxychlorination* ada kelebihan dan kekurangan masing-masing proses. Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 1.9.

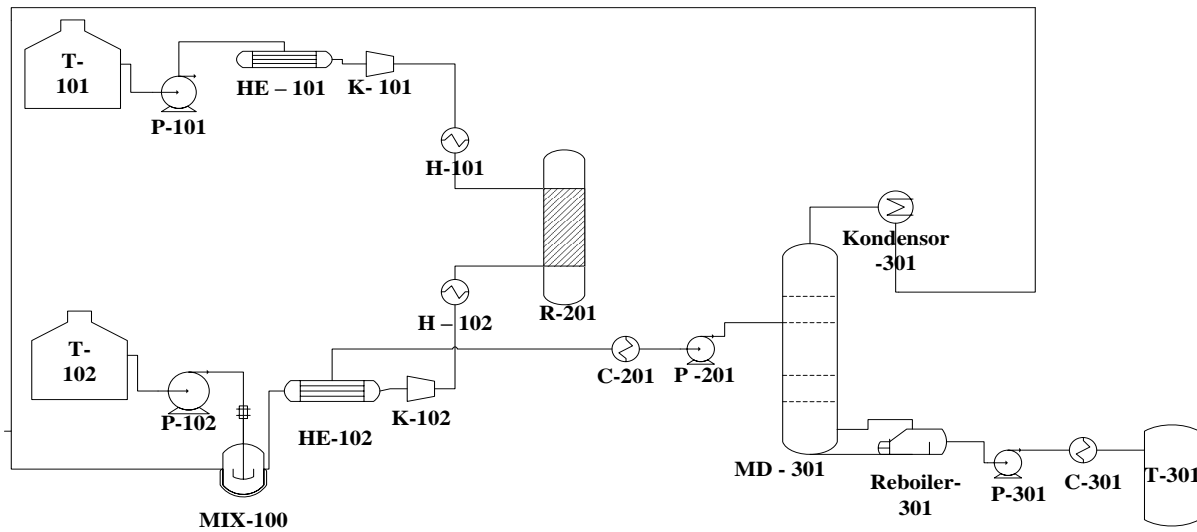
Tabel 1.9 Perbandingan Proses pada Pembuatan *Ethylene Dichloride*

Parameter	Proses <i>Direct Chlorination</i>			Proses <i>Oxychlorination</i>			
Bahan Baku	Etilen Dan Klorin			Etilen, Hcl Dan Oksigen			
Kondisi Proses	T = 135°C, P = 1 Atm			T = 220 - 245°C, P = 3 – 4 Atm			
Reaksi	Eksotermis, Fasa Gas			Eksotermis, Fasa Gas			
Reaktor	<i>Fix Bed Multitube Reactor</i>			<i>Fluidized Bed Reactor</i>			
Katalis	Fecl ₂			Cucl ₂			
Konversi	90-95%			98%			
Kemurnian	99,64%			95,5%			
	Bahan Baku		Produk	Bahan Baku			Produk
	Etilen	Klorin	Etilen Diklorida	Etilen	Asam Klorida	Oksigen	Etilen Diklorida
Berat Molekul	28,054	70,91	98,96	28,054	36,46	16	98,96
Harga Per Kg	Rp. 18.000	Rp. 600	Rp. 20.800.	Rp. 18.000	Rp. 10.000	-	Rp. 20.800
Kebutuhan	28,054 gr	70,91 gr	98,96 gr	28,054 gr	36,46 gr	16 gr	98,96 gr
Harga Total	Rp. 504,972	Rp. 42,546	Rp. 2.058,368	Rp. 504,972	Rp. 729,2	Rp. 0	Rp. 5.937,6
Analisa Ekonomi Awal	Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 1.510,85			Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 4.703,428			
Net Profit Margin	275,945265726 %			381,0999879109 %			

Pada prarancangan ini dipilih proses *Direct Chlorination* fasa gas dengan konversi sebesar 95% dan kemurnian *Ethylene Dichloride* sebesar 99%. Pada proses *direct chlorination* etilen direaksikan dengan klorin, reaksi ini berlangsung secara adisi dan eksotermis dengan persamaan reaksi.

1.7 Uraian Proses

Dalam pembuatan *Ethylene Dichloride* memiliki dua proses yaitu *Direct Chlorination* dan *Oxychlorination*. Proses yang kami gunakan yaitu proses *Direct Chlorination* yang menggunakan dua bahan baku yaitu etilen dan klorin. Proses secara singkatnya dapat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 *Flowsheet* Proses *Direct Chlorination*

1.7.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan etilen diklorida adalah etilen, klorin dan katalis FeCl_3 . Bahan baku etilen di peroleh dari PT. Chandra Asri, Merak, Banten yang memiliki kapasitas 860.00 ton/tahun dengan kemurnian 99,97%, sedangkan klorin diperoleh dari PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk di Sidoarjo, Jawa Timur. dengan kemurnian 99% dengan kapasitas produksi 7.000 ton/tahun.

1. Penyiapan Etilen

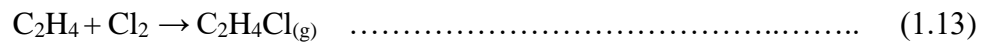
Bahan baku utama pembuatan etilen diklorida adalah etilen cair pada suhu -104°C dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan etilen cair kemudian dialirkan ke pompa untuk diturunkan tekanan menjadi 1 atm untuk selanjutnya dialirkan menuju Heater untuk dinaikkan suhu menjadi 135°C .

2. Penyiapan Klorin

Bahan baku klorin cair pada suhu -33°C dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan klorin cair kemudian dilairkan ke pompa untuk diturunkan tekanan menjadi 1 atm selanjutnya dilairkan menuju Heater untuk dinaikkan suhu menjadi 135°C .

1.7.2 Tahapan Reaksi

Kedua bahan baku dialirkan ke reaktor. Selanjutnya direkasikan etilen dan klorin menjadi etilen diklorida di dalam reaktor PFR dengan suhu 135°C dan tekanan 1 atm. Reaksi terjadi dalam fase gas dan reaksi bersifat eksotermis dengan bantuan katalis FeCl₃. Reaksi dapat dilihat pada persamaan (1.9)



1.7.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Keluaran reaktor masih dalam fase gas dan akan di embunkan menggunakan kondensor dilakukan pemurnian produk menggunakan menara destilasi. Produk bawah merupakan Etilen Diklorida dan produk atas merupakan sisa bahan baku yang akan di *recycle* kembali. Produk yang akan di *recycle* dialirkan kedalam vaporizer untuk diuapkan kembali. Selanjutnya dialirkan kedalam *mixer* disimpan didalam tangki penyimpanan bahan baku.

1.7.4 Kegunaan Etilen Diklorida

Produk etilen diklorida telah banyak digunakan dalam industri, antara lain:

1. Sebagai bahan intermedia pada pembuatan vinil klorida monomer
2. Sebagai pelarut pada *industry* tekstil, karet, tinta dan cat
3. Sebagai anti-*knocking agent*
4. Digunakan dalam pengolahan lemak binatang
5. Sebagai pelarut untuk mengekstraksi minyak dari biji-bijian, vitamin dari minyak ikan dan nikotin dari tembakau

1.7.5 Penentuan Kapasitas Pabrik

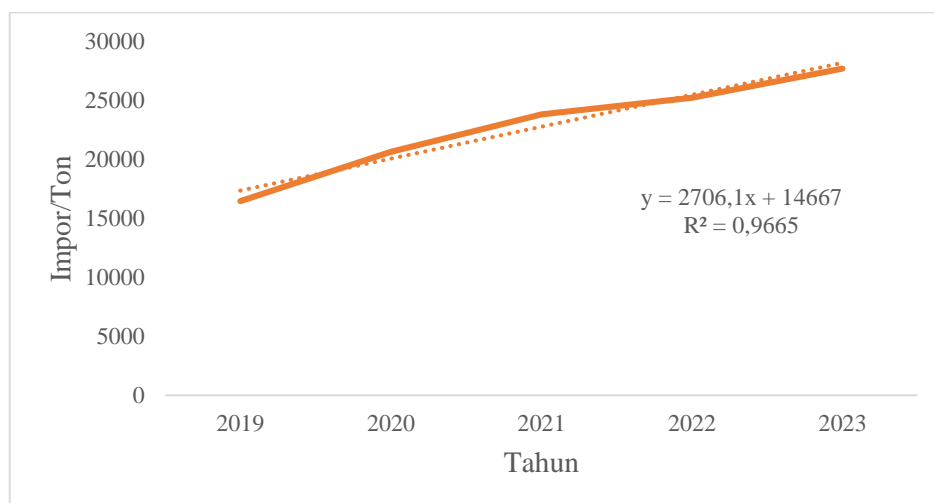
Pada saat ini kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia sebagian besar diimpor dari Negara-negara lain. Hal ini disebabkan karena belum adanya pabrik etilen glikol yang berdiri di Indonesia. Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi tingkat perhitungan teknik dan nilai keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik. Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut. Kebutuhan impor *Ethylene Dichloride* pada tahun 2019-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data Kebutuhan Impor *Ethylene Dichloride* Di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Kg)	Jumlah (Ton)
1.	2019	16.480.672	16.480,672
2.	2020	20.645.666	20.645,666
3.	2021	20.844.013	20.844,013
4.	2022	21.245.901	21.245,901
5.	2023	24.711.013	24.711,013

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan Tabel 1.10 dapat disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan impor *Ethylene Dichloride* mengalami penurunan tiap tahun. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan *Ethylene Dichloride* pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku akan *Ethylene Dichloride*. Berdasarkan data tersebut maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan impor *Ethylene Dichloride* pada tahun 2027 seperti pada Gambar 1.4.

**Gambar 1.4** Grafik Hubungan Antara Tahun vs Impor

Berdasarkan Gambar 1.4 kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia, maka dapat diperkirakan kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia pada tahun 2026 sebagai berikut:

$$Y = 2706,1x + 14667$$

$$Y = 2706,1 (2026) + 14667$$

$$Y = 5.497,226,0 \text{ Kg}$$

$$Y = 54.972,26 \text{ Ton}$$

Dari data perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 54.972,26 ton/tahun. Dari gambar 1. Dapat dilihat bahwa kebutuhan *ethylene dichloride* terus meningkat setiap tahunnya ditandai dengan kebutuhan impor yang semakin banyak maka penting adanya perencanaan pabrik *ethylene dichloride* di Indonesia agar negara mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Maka pendirian pabrik yang akan kami dirikan ini selain memenuhi kebutuhan di Indonesia juga memenuhi kebutuhan di dunia. Hal ini membantu industri-industri lain dalam penyediaan bahan baku berupa *ethylene dichloride* dan bila memungkinkan juga bagi komoditi ekspor. Sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2024	54.918,13
2025	54.945,20
2026	54.972,26
2027	54.999,317
2028	55.026,378
2029	55.053,439
2030	55.080,5
2031	55.107,561
2032	55.134,622
2033	55.161,683
2034	55.188,744

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik *Ethylene Dichloride* yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Ada beberapa faktor yang mungkin menyebabkan hanya ada satu pabrik *ethylene dichloride* di Indonesia. Salah satunya adalah karena investasi awal yang besar diperlukan untuk mendirikan pabrik semacam itu, termasuk pembangunan infrastruktur dan pengadaan peralatan khusus. Selain itu, faktor ekonomi seperti biaya produksi dan permintaan pasar juga bisa mempengaruhi keputusan untuk mendirikan pabrik baru. Regulasi lingkungan dan persyaratan izin juga dapat

menjadi faktor yang membatasi pertumbuhan jumlah pabrik *ethylene dichloride* di Indonesia. Kebutuhan *ethylene dichloride* di beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.12 Kebutuhan *Ethylene Dichloride* di Beberapa Negara

Negara	Kebutuhan etilen diklorida (Ton/Tahun)					
	2019	2020	2021	2022	2023	2026
Austria	2.390,99	2.254,02	12.317,6	2.386,51	2.016,05	4.273,04
China	685.695	602.417	664.312	375.407	505.430	566.652,4
Egypt	77.837	80.902,6	77.379,8	99.466,4	168.872,3	100.891,6
France	54.905,4	41.275,6	57.160,9	33.886,2	9.376,18	39.320,83
Germany	404.013,2	437.629,2	395.035,5	487.555,4	403.760,7	425.598,8
India	491.240,2	544.607,4	539.441,3	636.233,3	622.786,1	566.861,7
Japan	229.323,7	283.853,1	259.248,9	333.026,3	238.711,1	268.832,6
Netherland	45.693	38.887,6	47.488,8	45.780,5	81.718,3	51.913,64
Pakistan	6.576,26	2.254,02	12.317,6	2.386,51	2.016,05	5.110,09
Korea	207.502,2	204.735,9	200.366,4	228.288,2	181.853,2	204.549,2
Turkey	4.202,68	7.404,87	20.440,6	20.976,9	9.059,82	12.416,98
Thailand	349.090,5	455.473,4	530.276,2	532.208,4	565,031,8	466.762,1
Taiwan	376.624,6	423.499,6	443.187,1	453.640,2	530.291,5	445.448,58
Vietnam	482.877	498.566	505.756	612.617,3	779.764,8	575.916,3
Total :						3.734.547,9

Sumber: Statista.com, 2024

Dari Tabel 1.6 diperoleh total kebutuhan impor *Ethylene Dichloride* dari kesepuluh negara tersebut pada tahun 2023 semakin meningkat. Dengan mengekstrapolasi kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2026 kebutuhan akan terus mengalami peningkatan. Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi *Ethylene Dichloride* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu *Dow, Plaquemine, Louisiana* 816.300 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu *ICI Australia Ltd, Botany, Australia* yaitu 3000 ton/tahun. Pabrik di wilayah barat daya Louisiana, Amerika Serikat terbakar pada tanggal 27 Januari 2022 pada jam 09.40. Ledakan terjadi pada tangki penyimpanan etilen diklorida dalam keadaan kosong. Penyebab terjadinya kebakaran belum diketahui sampai sekarang. Dalam hal ini tidak ada perubahan dalam kapasitas pada pabrik di Louisiana,

Amerika Serikat. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat kita lihat pada tabel. Beberapa produsen *Ethylene Dichloride* di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Produsen *Ethylene Dichloride* di Dunia

No	Produsen dan Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	Vulca, Geimar, Louisiana	158.725
2.	Stauffer, Long Beach, California	154.190
3.	Shell, Noico, Louisiana	544.200
4.	Shell, Deer Pitch, Texas	634.900
5.	PPG, Lake Coks, Louisiana	202.925
6.	ICI, Botton Rouge, Louisiana	233.533
7.	Good Rich, Calvert City, Kentucky	453.500
8.	Goerasi-Pacifie, Plaquemine, Louisiana	725.600
9.	Ethyl, Houston, Texas	113.375
10.	Ethyl, Botton Rouge, Louisiana	31.450
11.	Dow, Plaquemine, Louisiana	816.300
12.	Hanwa Chem Corp, Yeu-Chun, Kore Selatan	150.000
13.	ICI Australia Ltd, Botany, Australia	3.000
14.	Vinythai Public Co. Ltd, Map Ta Phut, Thailand	112.000
15.	Petron Petrochemical Ltd, Sandila, India	60.000
16.	Saudi Petrocheml Co (SADAF), AI Jubail, Saudi Arabia	280.000
17.	European Vynils Corp, Wilhelmsharen, Jerman	55.000
18.	PT. Satomo Indovyl Monomer, Merk-Banten, Indonesia	110.000
Total		4.838.698

Sumber: Mc. Ketta, 2023

Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari beberapa negara, maka pabrik Etilen Diklorida direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 135.000 ton/tahun. Dimana produk etilen diklorida ini sebanyak 40% akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia sedangkan 60% lagi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kapasitas perancangan pabrik *Ethylene Dichloride* ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan:

1. Memenuhi kebutuhan *Ethylene Dichloride* dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
2. Memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan *Ethylene Dichloride* sebagai bahan baku. Dampak positif dari

berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

3. Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri sehingga bisa menambah devisa negara.

1.7.6 Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik. Karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dan pabrik yang didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat disekitar lokasi pabrik.

Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik *Ethylene Dichloride* ini direncanakan akan didirikan di kawasan ekonomi khusus (KEK) yang terletak di Jalan *Acess Road* Inalum, Kuala Tanjung, Desa Pyoyek, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Peta lokasi dapat dilihat pada gambar 1.5. Peta perencanaan pendirian pabrik Etilen Diklorida dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Lokasi Pendirian Pabrik (Google Earth, 2024)

1.7.6.1 Peraturan Kawasan Ekonomi Khusus

Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 11 tahun 2020 tentang Kawasan Industri pasal 1, dan pasal 5.

Pasal 1:

- (1) Kawasan peruntukan industri adalah bentangan lahan yang diiperuntukan bagi kegiatan industri berdasarkan rencana tata ruang wilayah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 5:

- (1) Penataan ruang wilayah Kabupaten bertujuan untuk mewujudkan kabupaten sebagai kawasan investasi yang maju yang berbasis sektor pertanian, industri, jasa pelabuhan dan hasil laut yang unggul, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dalam rangka mewujudkan kemandirian kabupaten.
- (2) Industri; kawasan industri sebagai pusat kegiatan industri dapat membantu investor pengguna kaveling industri (user) dalam melakukan kegiatan industri. Di kawasan industri, memiliki kemudahan dalam pelayanan administrasi, infrastruktur yang lengkap, keamanan dan kepastian tempat usaha. Kawasan industri dapat menampung tenaga kerja serta membantu perekonomian daerah.

Penetapan kawasan oleh pemerintahan Kabupaten Sumatera Utara sebagai kawasan pusat pertumbuhan ekonomi menjadikan Kabupaten Batubara sebagai salah satu Kabupaten yang memiliki posisi yang sangat strategis. Kawasan ini diproyeksikan sebagai lokasi berbagai zona industri yang berorientasi ekspor dan memiliki daya saing. Kabupaten Batubara berpotensi sebagai lokasi dari berbagai industri sekaligus sebagai daerah yang berfungsi sebagai pendukung sumber daya bagi kawasan tersebut.

1.7.6.2 Faktor Primer Lokasi Pabrik

Faktor primer adalah faktor yang memengaruhi produksi dan distribusi dari pabrik. Faktor ini berpengaruh terhadap kelancaran dan kelangsungan pabrik Faktor primer meliputi.

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Bahan baku utama pembuatan *Ethylene Dichloride* adalah Etilen dan Klorida. Etilen dapat diperoleh dari PT. Chandra Asri, Cilegon. Hal ini juga didukung dengan lokasi pabrik yang dekat dengan kawasan palabuhan.

2. Utilitas

Hal lain yang mendukung pemilihan pabrik di daerah Batubara ini adalah dekat dengan sumber air. Untuk kebutuhan air pendingin, pemadam kebakaran dan air sanitasi dapat diperoleh dari yang di olah atau diproses pada pabrik di unit utilitas.

3. Transportasi

Batubara merupakan lokasi yang strategis karena mempunyai transportasi darat dan laut yang cukup memadai. Jalan raya serta pelabuhan tempat merapatnya kapal-kapal sudah tersedia dan letaknya cukup dekat.

4. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja di Batubara tidak sulit, karena telah tersedia sarana pendidikan dari jenjang rendah sampai yang tertinggi, oleh karena itu sumber daya manusia terdidik dan terlatih sudah cukup tersedia. Dengan pemilihan lokasi di sekitar Batubara berarti akan membuka lapangan kerja bagi masyarakat sekitar dan meningkatkan perekonomian daerah.

5. Pemasaran Produk

Didukung oleh sarana transportasi yang memadai, distribusi atau pemasaran produk. Selain itu kawasan ini dekat dengan Pelabuhan Transshipment port sehingga memudahkan dalam pemasaran ke luar negeri maupun ke luar sumatera.

6. Kondisi Sosial Masyarakat

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri, sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan cepat dan mudah

1.7.6.3 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Adapun faktor sekunder penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Perizinan dan kebijaksanaan Pemerintah

Pendirian pabrik merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengembangan industri dan pemerataan kesempatan kerja.

2. Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik haruslah memperhitungkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun ke depan (jangka panjang), karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

3. Kondisi Iklim

Kondisi alam (iklim) dari suatu area yang akan dibangun pabrik haruslah mendukung, dalam arti kondisinya tidak terlalu mengganggu jalannya operasi pabrik.

4. Pembuangan Limbah

Penanganan masalah limbah akan diproses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

5. Energi

Penyediaan energi merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik akan dibuat pembangkit listrik di dalam pabrik.

6. Perawatan

Pabrik mempunyai bengkel perawatan sendiri (*Maintenance Office*), apabila tidak dapat dilakukan sendiri di Batubara terdapat bengkel yang dapat menangani peralatan-peralatan besar.

7. Kondisi Daerah Lokasi

Keadaan sekitar lahan pabrik haruslah diamati dan dimengerti, dengan maksud agar pada saat pabrik telah berdiri tidak ada masalah yang akan berkembang.

8. Perumahan

Dikarenakan didaerah ini masih sangat sedikit perumahan yang dapat diperoleh, maka akan didirikan beberapa unit rumah dan mess untuk ditempati karyawan pabrik.

9. Bahaya Banjir dan kesehatan

Pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan keselamatannya. Batubara tidak termasuk daerah rawan banjir dan di kawasan ini memiliki keselamatan terpadu untuk menjaga dari hal-hal yang berbahaya.