

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Etil klorida merupakan bahan kimia yang digunakan dalam bidang industri obat–obatan atau farmasi, refrigeran, dan bahan pembuat senyawa organik. Salah satu fungsi dari etil klorida yaitu digunakan untuk memproduksi Tetra Etil Lead (TEL), zat adiktif yang ditambahkan ke dalam untuk menaikkan bilangan oktan. Selain untuk memproduksi TEL, etil klorida juga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan etil selulosa yaitu senyawa kimia yang terutama untuk industri plastik dan *varnish* (Mc. Ketta and Cunningham, 1979).

Pada abad ke-15 etil klorida pertama kali di produksi dari etil alkohol dan hidrogen oleh Valentine. Tetapi pembuatan etil klorida secara industri baru dimulai pada tahun 1922 di USA, sebagai bahan dasar pembuatan Tetra Etil Lead (TEL). TEL merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar yang berfungsi anti knocking (Kirk and Othmer, 1979)

Kebutuhan etil klorida di Indonesia masih harus mengimpor, padahal bahan baku berupa etil alkohol dan hidrogen klorida mudah didapatkan di dalam negeri. Sehingga dengan dikembangkan produksi etil klorida, diharapkan dapat menekan ketergantungan negara Indonesia untuk memproduksi etil klorida dari impor. Hal tersebut dapat merangsang pertumbuhan ekonomi, disamping akan menyerap tenaga kerja yang banyak, baik tenaga ahli, menengah maupun tenaga kasar. Mengingat terbatasnya produsen etil klorida di Asia, maka pendirian pabrik etil klorida di Indonesia dinilai juga dapat mendatangkan keuntungan yang besar, berorientasi untuk ekspor ke negara-negara Asia.

Semakin meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia maka permintaan akan etil klorida pada tahun-tahun mendatang diperkirakan juga akan mengalami peningkatan. Oleh karena itu pabrik etil klorida perlu didirikan di Indonesia dengan beberapa pertimbangan:

1. Dapat menurunkan jumlah impor etil klorida sehingga dapat menghemat devisa negara, dan dimungkinkan nanti mampu mengekspor etil klorida sehingga menambah devisa negara.
2. Sebagai pemasok bahan baku bagi industri-industri dalam negeri yang menggunakan etil klorida sebagai bahan bakunya.
3. Membuka lapangan kerja sehingga membantu mengatasi masalah pengangguran.
4. Meningkatkan kesejahteraan penduduk di sekitar pabrik.
5. Merangsang dan membantu tumbuh berkembangnya industri yang menggunakan bahan dasar atau bahan pembantu etil klorida.

1.2 Rumusan Masalah

Etil klorida merupakan salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri farmasi, plastik, pelarut, serta bahan antara dalam sintesis senyawa organik. Kebutuhan etil klorida di berbagai negara terus meningkat seiring dengan perkembangan industri kimia dunia. Namun, produksi etil klorida di Indonesia masih sangat terbatas sehingga sebagian besar kebutuhan masih dipenuhi melalui impor.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka diperlukan suatu prarancangan pabrik etil klorida yang mampu memenuhi kebutuhan pasar serta memanfaatkan ketersediaan bahan baku yang ada di dalam negeri. Oleh karena itu, permasalahan yang dapat dirumuskan dalam prarancangan ini adalah:

1. Bagaimana merancang proses produksi etil klorida dari etil alkohol dan hidrogen klorida menggunakan proses hidroklorinasi etanol.
2. Bagaimana menentukan kapasitas produksi pabrik etil klorida yang sesuai dengan kebutuhan pasar.
3. Bagaimana menentukan kondisi operasi yang optimal dalam proses produksi etil klorida.

4. Bagaimana merancang sistem peralatan proses yang digunakan dalam produksi etil klorida.
5. Bagaimana kelayakan ekonomi dari pendirian pabrik etil klorida.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan dari prarancangan pabrik etil klorida dari etil alkohol dan hydrogen klorida dengan proses hidroklorinasi etanol adalah:

1. Merancang pabrik etil klorida dengan kapasitas produksi 125.000 ton per tahun menggunakan proses hidroklorinasi etanol.
2. Menentukan kondisi operasi proses produksi etil klorida yang meliputi suhu, tekanan, dan penggunaan katalis.
3. Menentukan kapasitas produksi pabrik etil klorida berdasarkan analisis kebutuhan pasar.
4. Mendesain peralatan utama dalam proses produksi etil klorida seperti reaktor, kondensor, dan kolom distilasi.
5. Melakukan analisis kelayakan ekonomi awal terhadap pendirian pabrik etil klorida.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat yang diharapkan dari prarancangan pabrik etil klorida ini adalah:

1. Mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor etil klorida.
2. Memanfaatkan bahan baku dalam negeri seperti etil alkohol dan hidrogen klorida untuk menghasilkan produk yang bernilai ekonomis.
3. Mendukung perkembangan industri kimia di Indonesia yang menggunakan etil klorida sebagai bahan baku.
4. Memberikan peluang ekspor etil klorida ke negara-negara yang memiliki kebutuhan tinggi.
5. Meningkatkan nilai tambah dari sumber daya alam serta memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi.

1.5 Batasan Masalah

Agar prarancangan pabrik etil klorida ini lebih terarah dan terfokus, maka dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi etil klorida adalah etil alkohol dan hidrogen klorida.
2. Proses produksi etil klorida menggunakan metode hidroklorinasi etanol dengan katalis seng klorida (ZnCl_2).
3. Kapasitas produksi pabrik etil klorida yang dirancang sebesar 125.000 ton per tahun.
4. Perancangan proses meliputi perhitungan neraca massa, neraca energi, serta perancangan peralatan utama.
5. Simulasi proses dilakukan menggunakan perangkat lunak Aspen HYSYS.

1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas rancangan pada Prarancangan Pabrik Etil Klorida dari etil alkohol dan hidrogen klorida merupakan tahap penting yang mempengaruhi kelayakan teknis dan ekonomis suatu pabrik. Kapasitas produksi ditetapkan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara ketersediaan bahan baku, perkembangan teknologi proses, serta permintaan pasar terhadap produk etil klorida. Analisis terhadap data konsumsi, impor, dan ekspor etil klorida dalam beberapa tahun terakhir dapat memberikan gambaran mengenai kebutuhan pasar yang masih belum terpenuhi, sehingga peluang pasar dapat diidentifikasi dengan lebih akurat. Selain itu, kapasitas yang dipilih harus berada di atas kapasitas minimum ekonomis agar operasi pabrik dapat berjalan secara efisien dan memberikan keuntungan. Namun demikian, kapasitas tersebut juga harus disesuaikan dengan proyeksi permintaan pasar di masa mendatang sehingga produksi etil klorida yang dihasilkan dapat terserap secara

optimal dan tidak menimbulkan kelebihan produksi. Data pabrik etil klorida yang telah didirikan dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Pabrik Etil Klorida yang telah didirikan

No	Lokasi	Nama Perusahaan	Proses / Bahan Baku
1	Marl, Jerman	Evonik Industries (Marl Chemical Park)	Hidroklorinasi etilen ($C_2H_4 + HCl$)
2	Amerika Serikat	Occidental Chemical Corporation (OxyChem)	Hidroklorinasi etilen
3	Amerika Serikat	Westlake Chemical Corporation	Hidroklorinasi etilen
4	China	Sinopec	Hidroklorinasi etilen
5	India	SRF Limited	Hidroklorinasi etanol ($C_2H_5OH + HCl$)
6	India	Gujarat Alkalies and Chemicals Ltd (GACL)	Hidroklorinasi etanol
7	Eropa	Arkema Group	Hidroklorinasi etilen / etanol

(Sumber : Occidental Chemical Corporation)

Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin kecil kapasitas produksi maka semakin sedikit pula keuntungan, dan semakin besar kapasitas produksinya maka keuntungan yang didapat juga akan semakin besar. Dalam menentukan kapasitas pabrik Etil Klorida perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

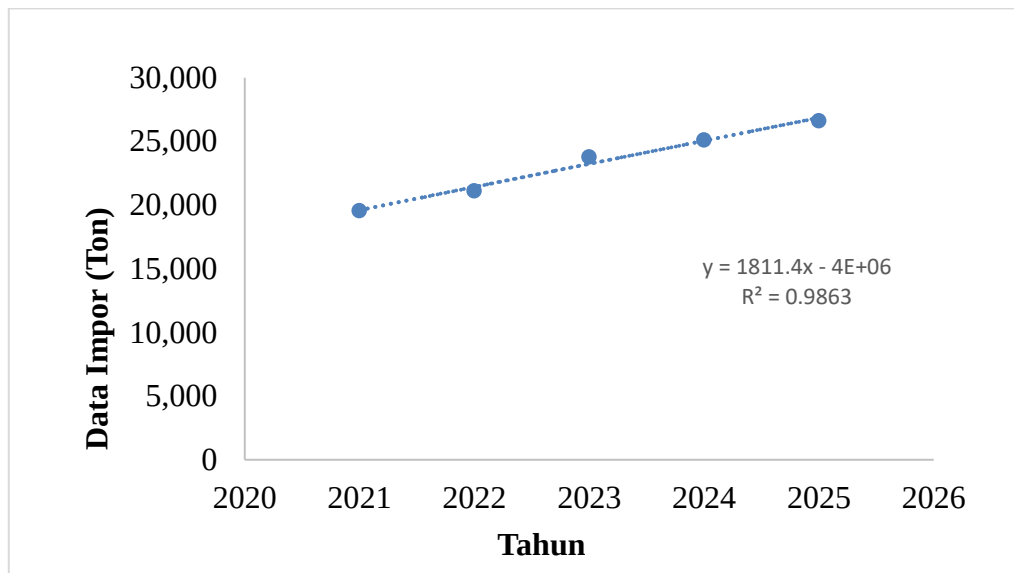
Data kebutuhan Etil Klorida di Indonesia dari tahun 2021 – 2025 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Etil Klorida di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2021	19.554
2022	21.108
2023	23.771
2024	25.114
2025	26.608

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Untuk menghitung kapasitas dapat dilakukan dengan cara ekstrapolasi berdasarkan data pada Tabel 1.2, dimana x merupakan tahun ke- berapa pabrik akan didirikan dan y merupakan nilai impor etil klorida. Dari data yang ada didapatkan hasil plot antara tahun dan impor yang merupakan sebuah grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Hubungan Antara Tahun Pendirian Pabrik Vs Impor

Dari Gambar 1.1 didapatkan persamaan garis lurus $y = 480,09x - 898503$ dan $R^2 = 0.922$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan asam asetat dalam negeri pada tahun 2031 mendatang adalah sebagai berikut:

$$y = a(x) + b \dots\dots\dots 1.1$$

$$y = 1881.4x - 4E + 06$$

$$y = 1881.4(2031) - 4E + 06$$

$$y = 38.061$$

1.6.1 Ketersediaan Bahan Baku Produksi Etil Klorida

Dalam prarancangan pabrik etil klorida ini, bahan baku utama yang digunakan adalah etil alkohol (etanol) dan hidrogen klorida (HCl). Etil alkohol berfungsi sebagai sumber gugus etil (C_2H_5), sedangkan hidrogen klorida berperan sebagai sumber klorin

dalam pembentukan senyawa etil klorida (C_2H_5Cl). Reaksi yang terjadi merupakan reaksi substitusi antara etil alkohol dengan hidrogen klorida yang menghasilkan etil klorida dan air sebagai produk samping. Proses ini banyak digunakan secara industri karena memiliki kondisi operasi yang relatif sederhana serta konversi reaksi yang cukup tinggi.

Pemilihan etil alkohol sebagai bahan baku utama didasarkan pada ketersediaannya yang cukup luas, baik yang berasal dari industri petrokimia maupun dari proses fermentasi biomassa. Di Indonesia, produksi etanol cukup berkembang karena didukung oleh ketersediaan bahan baku seperti molase dari industri gula serta bahan pertanian lainnya. Sementara itu, hidrogen klorida umumnya tersedia sebagai produk samping dari berbagai industri kimia seperti produksi klorin, vinil klorida monomer (VCM), dan proses klorinasi lainnya.

Dengan mempertimbangkan ketersediaan kedua bahan baku tersebut di dalam negeri, pendirian pabrik etil klorida memiliki potensi yang cukup baik untuk dikembangkan. Akses terhadap pasokan etil alkohol dan hidrogen klorida yang stabil akan mendukung keberlangsungan proses produksi serta meningkatkan efisiensi operasional pabrik. Selain itu, pemanfaatan bahan baku domestik juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan kimia serta mendorong perkembangan industri kimia nasional. Adapun data pabrik yang menyediakan bahan baku produksi etil klorida dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Pabrik yang menyediakan bahan baku produksi Etil Klorida.

No	Lokasi	Nama Perusahaan	Bahan Baku yang Disediakan
1	Cilegon, Indonesia	PT Sulfindo Adhi Usaha	HCl, Klorin
2	Gresik, Indonesia	PT Petrokimia Gresik	Etilen (turunan), bahan kimia industri
3	Texas, USA	Occidental Chemical (OxyChem)	HCl, Klorin
4	Louisiana, USA	Westlake Chemical	Etilen, HCl
5	China	Sinopec	Etilen, HCl
6	India	Gujarat Alkalies and	HCl, Klorin

		Chemicals Ltd	
7	Eropa	Arkema Group	Etilen, HCl

(Sumber : Occidental Chemical Corporation)

1.6.2 Kebutuhan Etil Klorida di Dunia

Etil klorida merupakan senyawa kimia yang memiliki peranan penting dalam berbagai sektor industri. Senyawa ini banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia untuk sintesis berbagai senyawa organik, seperti etil selulosa, tetraetil timbal, dan berbagai turunan etil lainnya. Selain itu, etil klorida juga dimanfaatkan sebagai pelarut dalam proses industri serta sebagai bahan antara (*intermediate*) dalam pembuatan produk farmasi dan pestisida.

Tabel 1.4 Negara dengan Kebutuhan Etil Alkohol

No.	Negara
1.	China
2.	Amerika Serikat
3.	India
4.	Rusia
5.	Meksiko
6	Brasil
7.	Belgia
8.	Belanda
9	Taiwan
10.	Vietnam

(Sumber; IndexBox Market Report, 2026)

1. Kebutuhan Impor Etil Klorida di Brazil

Analisis terhadap data impor Etil Klorida di negara Brazil dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting

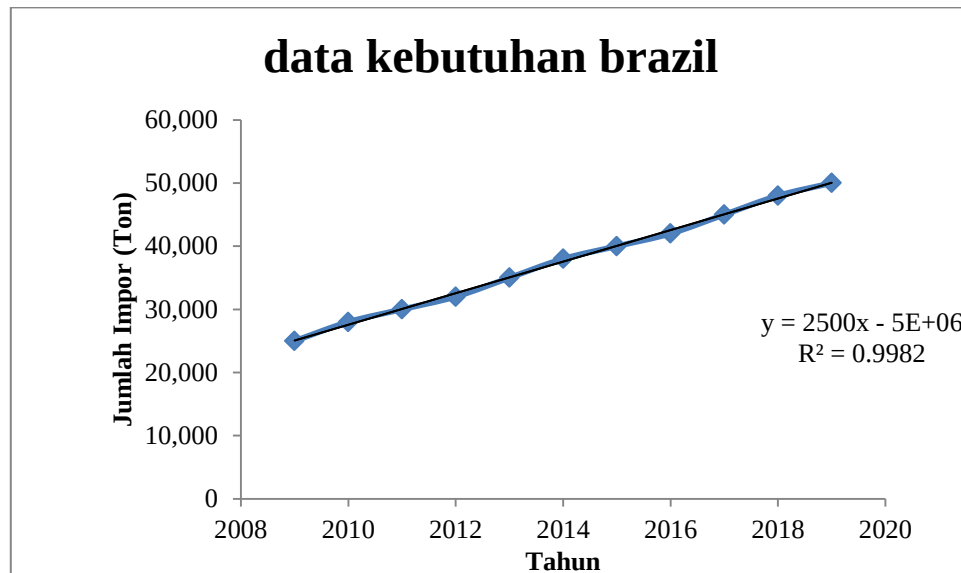
dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor Brazil selama periode 2009 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Impor Etil Klorida di Brazil

Tahun	Kapasitas (Ton)
2009	25.000
2010	28.000
2011	30.000
2012	32.000
2013	35.000
2014	38.000
2015	40.000
2016	42.000
2017	45.000
2018	48.000
2019	50.000

(**Sumber** :IndexBox Market Report, 2026)

Berdasarkan tabel yang menyajikan data impor etil klorida dari Brazil pada periode tahun 2009–2019, terlihat bahwa volume impor etil klorida mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Untuk mempermudah analisis kecenderungan perubahan impor etil klorida dari Brazil, data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1, sehingga pola dan tren impor Etil Klorida dapat diamati secara lebih jelas.



Gambar 1.1 Grafik Impor Etil Klorida di Brazil

Dalam menerapkan metode pertumbuhan tahunan, langkah awal yang dilakukan adalah mencari nilai laju pertumbuhan rata-rata tahunan (r). Dari hasil perhitungan didapat nilai rata-rata pertumbuhannya yaitu $r = 0,07177$. Berdasarkan persamaan geometrik, nilai impor Etil Klorida di Brazil pada tahun 2028 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana:

P_t = kapasitas akhir,

P_0 = kapasitas awal,

r = pertumbuhan rata rata,

n = proyeksi tahun ke- n .

Dari hasil perhitungan didapat nilai impor Etil Klorida di Brazil dari 2020 2028 yaitu pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etil Klorida di Brazil

Tahun	Kapasitas (Ton)
2020	53.588

2021	57.434
2022	61.555
2023	65.972
2024	70.706
2025	75.779
2026	81.217
2027	87.045
2028	93.291

Dapat dilihat pada Tabel 1.6, impor Etil Klorida di Brazil terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode pertumbuhan geometrik, kebutuhan impor pada tahun 2028 diperkirakan mencapai 93.291 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2028 - Kebutuhan data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 93.291 – 50.000

Peluang ekspor = 43.291 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor Etil Klorida pada tahun 2028 mencapai 43.291 Ton ke negara Brazil.

2. Kebutuhan Impor Etil Klorida di Negara Vietnam

Analisis terhadap data impor etil klorida di negara Vietnam dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor Vietnam selama periode 2009 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.7.

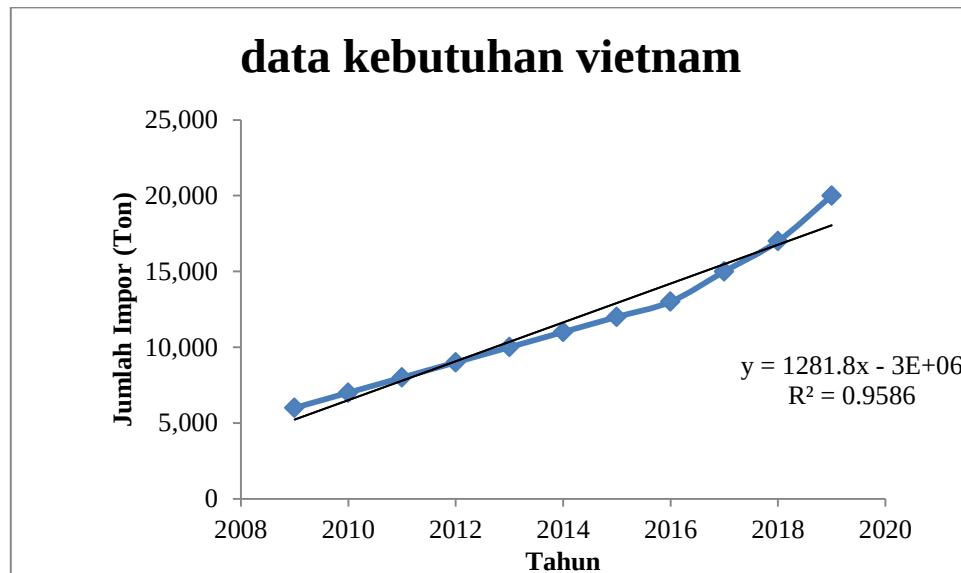
Tabel 1.7 Data Impor Etil Klorida di Vietnam

Tahun	Kapasitas (Ton)
-------	-----------------

2009	6.000
2010	7.000
2011	8.000
2012	9.000
2013	10.000
2014	11.000
2015	12.000
2016	13.000
2017	15.000
2018	17.000
2019	20.000

(**Sumber** :IndexBox Market Report, 2026)

Berdasarkan tabel yang menyajikan data impor etil klorida dari Vietnam pada periode tahun 2009–2019, terlihat bahwa volume impor etil klorida mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Untuk mempermudah analisis kecenderungan perubahan impor etil klorida dari Vietnam, data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.2, sehingga pola dan tren impor etil klorida dapat diamati secara lebih jelas.



Gambar 1.2 Grafik Impor Etil Klorida di Vietnam

Dalam menerapkan metode pertumbuhan tahunan, langkah awal yang dilakukan adalah mencari nilai laju pertumbuhan rata-rata tahunan (r). Dari hasil perhitungan didapat nilai rata-rata pertumbuhannya yaitu $r = 0,12846$. Berdasarkan persamaan geometrik, nilai impor Etil Klorida di Vietnam pada tahun 2028 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana:

P_t = kapasitas akhir,

P_0 = kapasitas awal,

r = pertumbuhan rata rata,

n = proyeksi tahun ke- n .

Dari hasil perhitungan didapat nilai impor Etil Klorida di Vietnam dari 2020 2028 yaitu pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etil Klorida di Vietnam

Tahun	Kapasitas (Ton)
2020	22.569

2021	25.468
2022	28.739
2023	32.430
2024	36.595
2025	41.295
2026	46.598
2027	52.582
2028	59.335

Dapat dilihat pada Tabel 1.8, impor Etil Klorida di Vietnam terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode pertumbuhan geometrik, kebutuhan impor pada tahun 2028 diperkirakan mencapai 59.335 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi tahun 2028 dengan data impor tahun terakhir untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2028 - Kebutuhan data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 59.335 – 20.000

Peluang ekspor = 39.335 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor Amonia pada tahun 2028 mencapai 39.335 Ton ke negara Vietnam.

Berikut Adalah data pabrik yang memproduksi etil klorida di dalam negeri dapat dilihat Berdasarkan analisis kebutuhan impor dari negara-negara tujuan ekspor serta kebutuhan etil klorida dalam negeri, dilakukan estimasi alokasi distribusi hasil produksi pabrik. Hasil perhitungan estimasi distribusi tersebut disajikan pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Perencanaan Ekspor Produksi Etil Klorida

No.	Negara	Peluang Ekspor (Ton)	Jumlah Ekspor (Ton)	% Ekspor
1	Brazil	43.291	40.000	52,4%

2	Vietnam	39.335	38.000	47,6%
	Jumlah		78.000	100%

(Sumber: IMARC Group, 2026)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan pasar dan peluang ekspor etil klorida, dilakukan perencanaan distribusi produksi yang difokuskan pada negara dengan potensi pasar, yaitu Brazil dan Vietnam. Penentuan alokasi ekspor dilakukan secara proporsional berdasarkan besarnya peluang ekspor masing-masing negara terhadap total peluang ekspor, sehingga distribusi produk dapat dilakukan secara rasional dan berbasis pendekatan kuantitatif. Metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas produksi serta menjaga keseimbangan antara suplai dan permintaan di pasar tujuan.

Kapasitas pra-rancangan pabrik etil klorida ditetapkan sebesar 125.000 ton per tahun, dengan alokasi sebesar 40.000 ton per tahun untuk memenuhi kebutuhan domestik Indonesia. Dengan demikian, kapasitas yang tersedia untuk ekspor adalah sebesar 85.000 ton per tahun. Berdasarkan proporsi peluang ekspor, Brazil memperoleh alokasi sebesar 40.000 ton per tahun (52,4%), sedangkan Vietnam sebesar 38.000 ton per tahun (47,6%), sehingga total ekspor mencapai 78.000 ton per tahun. Sisa kapasitas dimanfaatkan sebagai cadangan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan serta peluang ekspansi pasar di masa mendatang.

Penetapan kapasitas sebesar 125.000 ton per tahun didasarkan pada pertimbangan teknis dan ekonomi, yaitu untuk mencapai efisiensi produksi melalui skala operasi yang optimal tanpa menimbulkan risiko kelebihan kapasitas. Selain itu, kapasitas ini memungkinkan pengendalian biaya investasi dan operasional yang lebih baik serta memberikan fleksibilitas dalam pengembangan kapasitas di masa depan. Dengan demikian, kapasitas yang dipilih dinilai mampu memenuhi kebutuhan domestik sekaligus mendukung potensi ekspor secara berkelanjutan.

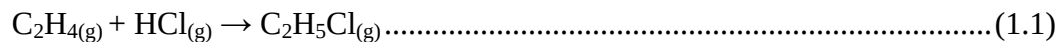
1.7 Pemilihan Proses

Pembuatan *ethyl chloride* dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

1. Proses Hidroklorinasi Etilen
2. Proses Klorinasi Etana
3. Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol

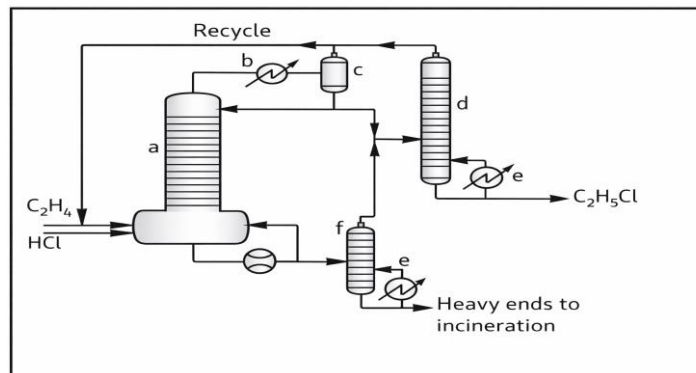
1.7.1 Proses Hidroklorinasi Etilen

Adapun proses hidroklorinasi etilen yaitu proses reaksi kimia yang terjadi antara etilen dan asam klorida sehingga menghasilkan produk etil klorida. Hidroklorinasi etilen menjadi etil klorida dapat terjadi pada fasa uap dan fasa cair. Reaksi yang terjadi dapat ditunjukkan pada persamaan 1.1:



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

Pada proses fasa gas, uap etilen dan uap asam klorida dicampur selanjutnya diumpankan ke dalam tangki yang sebagian telah diisi katalis cair. Katalis yang digunakan adalah zing klorida dengan konsentrasi kurang dari 1%. Konsentrasi katalis yang sering digunakan sebesar 0,2–0,3% berat. Reaksi antara etilen dan asam klorida merupakan reaksi yang sangat cepat dan menghasilkan panas. Untuk itu reaktor yang digunakan harus dilengkapi dengan pendingin. Untuk mencegah terjadinya deaktivasi katalis, sebagian cairan di dalam reaktor perlu dibuang. Umpan asam klorida yang tidak bereaksi *direcovery* dan di *recycle*. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 98% dapat ditunjukkan pada Gambar 1.3.



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

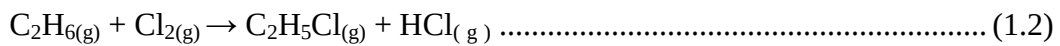
Adapun Analisa ekonomi awal pada Proses Hidroklorinasi Etilen Dapat dilihat pada Tabel 1.10

Tabel 1.10 Analisa Ekonomi Proses Hidroklorinasi Etilen

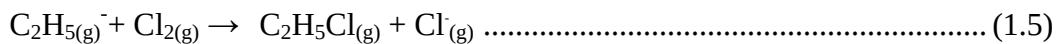
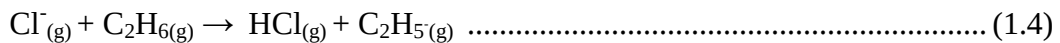
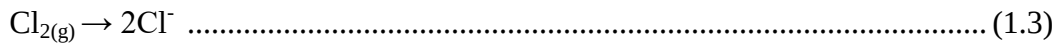
Parameter	Bahan Baku		Produk
	Etilen	HCl	Etil Klorida
Berat Molekul	28	36	64
Harga per kg	Rp. 20.000,-	Rp. 12.000,-	Rp. 45.000,-
Kebutuhan	1 mol x 28 gr/mol = 0,028 kg	1 mol x 36 gr/mol = 0,036 kg	1 mol x 64 gr/mol = 0,064 kg
Harga Total	Rp. 560,-	Rp. 432,-	Rp. 2.880,-
Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Total Bahan Baku = Rp. 2.880 – Rp. 992 = Rp. 1.880,-		
Profit Margin	= (1.880/ 992) x 100% = 190,32%		

1.7.2 Proses Klorinasi Etana

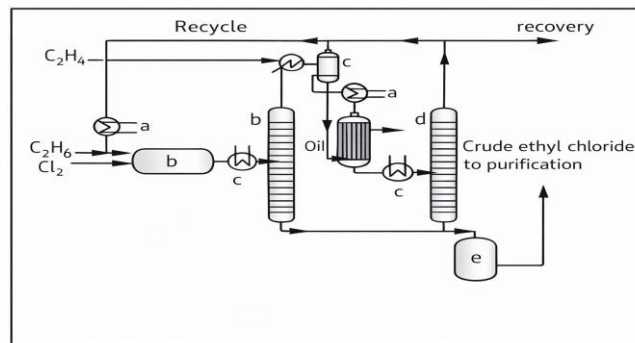
Klorinasi ini dapat berlangsung pada tiga keadaan, yaitu pada proses thermal klorinasi, proses petrokimia dan proses katalitik. Ketiga proses tersebut yang paling menguntungkan adalah proses thermal klorinasi. Karena suhu yang tinggi yaitu 275 hingga 450°C membuat klorin (Cl_2) sehingga terjadi reaksi tanpa memerlukan katalis menjadi radikal Cl . Adapun Reaksi yang terjadi pada proses thermal klorinasi dapat ditunjukkan pada persamaan 1.2:



Reaksi persamaan 1 merupakan reaksi eksotermis (-27,9 kcal /gr mol) yang berlangsung pada temperatur 275°C. Pada temperatur sekitar 400°C akan terjadi mekanisme reaksi radikal. Dapat ditunjukkan pada persamaan 1.3, 1.4, dan 1.5:



Temperatur reaksi harus dipertahankan selalu tetap untuk mengurangi terjadinya produk samping, mencegah terjadinya pirolisa etil klorida menjadi etilen dan asam klorida sehingga akan terjadi reaksi karbonisasi. Reaksi karbonisasi dapat terjadi jika perbandingan antara klorin dan etana sangat besar, sedangkan pirolisa terjadi jika temperaturnya terlalu tinggi. Untuk itu reaktor yang digunakan harus merupakan reaktor yang dilengkapi pendingin agar panas yang timbul bisa diserap sehingga suhunya konstan. Reaktor jenis ini adalah reaktor *fluidized bed*, dengan zat terfluidisasi bukan merupakan katalis dapat ditunjukkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Diagram Alir Proses Klorinasi Etana
(Sumber: Ulman, 2002)

Adapun Analisa ekonomi awal pada Proses Klorinasi Etana dapat dilihat pada Tabel 1.11

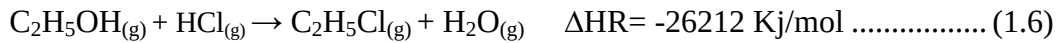
Tabel 1.11 Analisis Ekonomi Proses Klorinasi Etana

Parameter	Etana	Cl ₂	Etil Klorida	HCl
Rumus Kimia	C ₂ H ₆	Cl ₂	C ₂ H ₅ Cl	HCl
Berat Molekul	30	71	64	36
Harga per Kg	Rp 18.000	Rp 15.000	Rp 45.000	Rp 12.000
Kebutuhan	1 mol x 30 gr = 0,03 kg	1 mol x 71 gr = 0,071 kg	1 mol x 64 gr = 0,064 kg	1 mol x 36 gr = 0,036 kg
Harga Total	Rp. 520	Rp. 1.065	Rp. 2.880	Rp. 432
Total Bahan Baku	Rp 1.605			
Total Produk	Rp 3.312			
Analisa Ekonomi Awal	Rp 3.312 – Rp 1.605 = Rp. 1.707			
Profit Margin	(1.707 / 1.605) x 100% = 106,36 %			

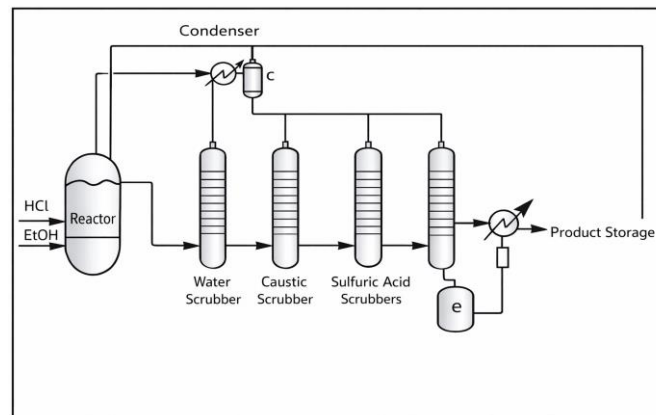
1.7.3 Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol

Proses hidroklorinasi etanol yaitu mereaksikan antara etil alkohol dan hidrogen klorida yang kemudian akan direaksikan kembali dengan menggunakan

katalis seng klorida pada temperatur 145-325°C yang akan menghasilkan etil klorida dan air. Reaksi terjadi dapat dilihat pada persamaan 1.6:



Proses ini berlangsung pada tekanan 2-6 atm dan dilakukan dalam reaktor. Pada proses ini konversinya sebesar 95%, berdasarkan pada etanolnya dan kemurnian 99% dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Diagram Alir Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol
(Sumber: McKetta and Cunningham, 1984)

Adapun Analisa ekonomi awal pada Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol dapat dilihat pada Tabel 1.12

Tabel 1.12 Analisis Ekonomi Proses Hidroklorinasi Etanol Alkohol

Parameter	Bahan Baku		Produk	
	Etil alkohol	HCl	Etil Klorida	Etil alkohol
Rumus Kimia	C ₂ H ₄ OH	HCl	C ₂ H ₅ Cl	C ₂ H ₄ OH
Berat Molekul	46	36	64	46
Harga Per Kg	Rp. 22.600	Rp.12.000	Rp. 44.500	Rp. 22.600
Kebutuhan	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 46 gr/mol = 46 gr	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 36 gr/mol = 36 gr	= 1 mol x BM = 1 Mol x 64 gr/mol = 64 gr	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 46 gr/mol = 46 gr

	= 0,046 kg	= 0,036 kg	= 0,064 kg	= 0,046 kg
Harga Total	Rp.1.062	Rp. 432	Rp. 2.848	Rp.1.062
Analisa Ekonomi Awal	Harga Produk – harga bahan baku = Rp. 3.910 – Rp. 1.494 = Rp. 2.416			
Profit Margin	$= \frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \%$ $= \frac{2.416}{1.494} \times 100 \%$ $= 161 \%$			

Untuk memilih proses yang tepat, maka perlu dipertimbangkan beberapa aspek diantaranya yaitu: aspek ekonomi, kondisi operasi pengaruh terhadap lingkungan, yield, konversi, dan reaksi yang tepat. Perbandingan terhadap beberapa proses perlu dipertimbangkan untuk merancang sebuah pabrik. Tujuannya agar pabrik dapat diprediksi seperti apa saat *start up*. Maka untuk mendapatkan pertimbangan perancangan pabrik etil klorida dapat dilihat pada Tabel 1.13

Tabel 1.13 Perbandingan Proses Pembuatan Etil Klorida

Parameter	Hidroklorinasi Etilen	Klorinasi Etana	Hidroklorinasi Etil Alkohol
Bahan baku	-Etilen -HCl	-Etana -Klorin	- Etil Alkohol - HCl
Suhu	175-250°C	230-400°C	145-325°C
Tekanan	17 atm	17 atm	2-6 atm
Jenis Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis
Konversi	90%	78%	99,5%
Yield	95%	90%	99,7%
Biaya Operasi	Sedang	Rendah - Sedang	Tinggi
Analisa	Rp 1.880	Rp 1.707	Rp 2.416

ekonomi awal			
--------------	--	--	--

(Sumber: Kick Othmer, 2000)

Berikut kelebihan dan kekurangan masing- masing proses:

1. Hidroklorinasi Etilen

Proses ini melibatkan reaksi etilen (C_2H_4) dengan HCl untuk menghasilkan etil klorida (C_2H_5Cl), biasanya dikatalisis oleh Lewis acid seperti $AlCl_3$ pada suhu 60-100°C. Kelebihan dan kekurangan pada proses Hidroklorinasi Etilen dapat dilihat pada Table 1.14

Tabel 1.14 Kelebihan dan Kekurangan Proses Hidroklorinasi Etilen

Kelebihan	Kekurangan
1. Reaksi sangat eksotermik dengan yield tinggi (>95%) karena langsung dan selektif.	1. Memerlukan katalis korosif seperti $AlCl_3$ yang mahal dan sulit didaur ulang.
2. Tekanan rendah (1-5 atm), tidak butuh peralatan bertekanan tinggi.	2. Suhu tinggi berisiko pembentukan polimer etilen sebagai produk samping.
3. Proses kontinyu mudah diskalakan untuk produksi besar.	3. Korosi peralatan akibat HCl, meningkatkan biaya pemeliharaan.
4. Bahan baku etilen murah dan tersedia dari cracking minyak.	4. Sensitif terhadap kadar air; kelembaban menyebabkan deaktivasi katalis cepat.

2. Proses Klorinasi Etana

Proses ini mengklorinasi etana (C_2H_6) dengan klor (Cl_2) menggunakan cahaya UV atau panas untuk etil klorida, bersifat radikal bebas pada 300-500°C. Kelebihan dan kekurangan pada proses Klorinasi Etana dapat dilihat pada Tabel 1.15

Tabel 1.15 Kelebihan dan Kekurangan Proses Klorinasi Etana

Kelebihan	Kekurangan
1. Tidak butuh katalis, hanya inisiasi fotokimia atau termal sederhana.	1. Selektivitas rendah; campuran produk seperti metil klorida dan diklorida.

2. Yield keseluruhan bisa >90% dengan kontrol rasio reaktan.	2. Suhu sangat tinggi meningkatkan konsumsi energi dan resiko ledakan.
3. Fleksibel untuk produksi campuran kloralkana	3. Reaksi radikal sulit dikontrol, yield etil klorida spesifik hanya 40-60%.
4. Bahan baku etana melimpah dari gas alam	4. Pemisahan produk kompleks dan mahal karena isomer.

3. Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol

Proses ini mengkonversi etil alkohol (C_2H_5OH) dengan HCl menjadi etil klorida, sering menggunakan katalis $ZnCl_2$ pada suhu $100-150^\circ C$. Kelebihan dan Kekurangan pada Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol dapat dilihat pada Tabel 1.16.

Tabel 1.16 Kelebihan dan Kekurangan Proses Hidroklorinasi Etil Alkohol

Kelebihan	Kekurangan
1. Yield sangat tinggi (98-99%) karena mekanisme SN_2 sederhana	1. Memerlukan konsentrasi HCl tinggi (38%), korosif dan berbahaya.
2. Suhu sedang, energi relatif rendah	2. Etil alkohol mahal dibanding etilen atau etana.
3. Proses batch atau kontinyu mudah dengan peralatan standar.	3. Katalis $ZnCl_2$ menghasilkan limbah dan perlu regenerasi
4. Tidak ada produk samping signifikan jika dikontrol baik.	4. Waktu reaksi lama pada skala besar, kurang efisien untuk produksi tinggi.

Dari perbandingan ketiga proses tersebut di atas maka dipilih proses hidroklorinasi etil alkohol karena:

1. Kondisi tekanan yang dioperasikan tidak terlalu tinggi.
2. *Yield* yang dihasilkan cukup tinggi.
3. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi.
4. Kebutuhan bahan baku terpenuhi. Hal ini disebabkan karena bahan bakunya yaitu etil alkohol yang mudah diperoleh dari Malindo Raya Industri dan

hidrogen klorida diperoleh dari PT. Sulfindo Adi Usaha melalui Pelabuhan Tanjung Perak.

1.8 Penentuan Lokasi Pabrik

Pabrik Etil Klorida direncanakan didirikan di kawasan Industri Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan pemilihan lokasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Penyediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik sangat ditentukan berdasarkan penyediaan bahan baku yang tujuannya untuk kelangsungan suatu pabrik agar proses berjalan dengan lancar. Bahan baku adalah bahan utama dalam produksi sehingga pengawasan atas ketersediaannya sangatlah penting. Bahan baku etil alkohol direncanakan diperoleh dari Malindo Raya Industri di Sidoarjo yang berlokasi dekat dengan lokasi pabrik sehingga dapat memangkas biaya transportasi. Sedangkan bahan baku hidrogen klorida diperoleh dari PT Sulfindo Adhi Usaha melalui jalur laut Pelabuhan Tanjung Perak.

2. Daerah Pemasaran

Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan etil klorida dalam negeri dan untuk ekspor. Pemasaran merupakan salah satu hal yang mempengaruhi studi kelayakan proyek, karena pemasaran yang tepat akan mendatangkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. Produk etil klorida diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pemasaran produknya sangat mudah dijangkau dari jalur darat dan laut. Pemasaran produk dilakukan melalui darat dan pemasaran jalur laut bisa melalui Pelabuhan Tanjung Perak. Dengan begitu pemasaran produk dapat diorientasikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat di ekspor melalui jalur laut.

3. Utilitas

Pabrik etil klorida ini cukup banyak memerlukan air yaitu sebagai air proses dalam produksi, juga kebutuhan air untuk rumah tangga , air minum, air

perkantoran, dan lain- lain. Untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari sungai yaitu sungai Bengawan Solo. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina dan Kebutuhan listrik dipenuhi dari jaringan PLN yang tersedia di Kawasan Industri Gresik (KIG). Untuk menjamin kontinuitas operasi pabrik apabila terjadi pemadaman listrik, disediakan generator (genset) sebagai sumber listrik cadangan

4. Tenaga Kerja

Faktor tenaga kerja merupakan hal penting dalam industri kimia. Tenaga kerja dapat dipenuhi dari sumber daya manusia yang ditinjau dari aspek pendidikan yang memadai, pemerataan tenaga kerja, serta pemberian ongkos atau gaji cukup memadai. Dengan didirikannya pabrik etil kloridaini akan berdampak terbukanya lapangan kerja baru di Jawa Timur baik untuk tenaga kerja ahli maupun tidak.

5. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan dan perhatian pemerintah di Jawa Timur sudah cukup baik, hal ini dapat dilihat dari adanya kebijakan pengembangan industri dengan pemerataan kesempatan kerja dan hasil pembangunan yang berhasil mengundang investor di Jawa Timur.

6. Keadaan Lingkungan Masyarakat

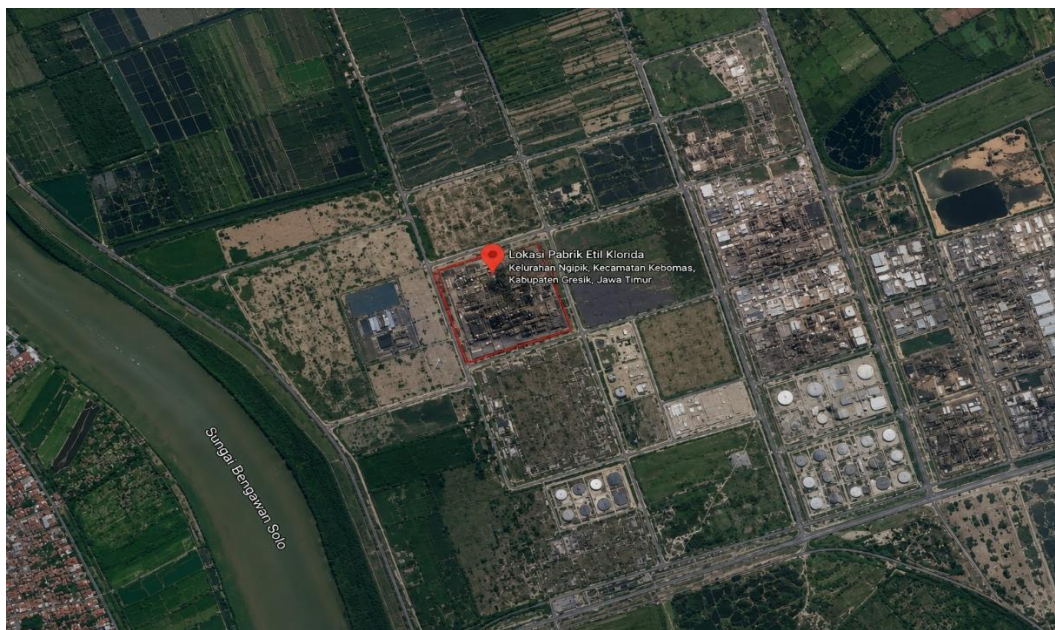
Dengan pendirian pabrik ini dapat diperkirakan akan mendapat sambutan baik oleh masyarakat sekitar. Karena dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru yang terbuka untuk mereka, serta pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat sekitar pabrik.

7. Iklim

Iklim yang terdapat pada lokasi pabrik juga akan mempengaruhi aktifitas dan proses yang ada. Jika iklim terlalu panas akan mengakibatkan pendingin yang diperlukan akan lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan biaya perlindungan khusus terhadap alat- alat proses. Jawa timur merupakan daerah yang memiliki iklim kering dengan curah hujan tinggi, serta memiliki suhu yang relatif

panas. Dari data di atas disimpulkan bahwa Jawa Timur sesuai jika didirikan industri etil klorida dan akan mendapatkan benefit yang cukup tinggi untuk perekonomian Indonesia.

Adapun lokasi pabrik etil klorida yang akan didirikan di Kawasan industri Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini tepat, dikarenakan sesuai dengan keadaan yang ada di Jawa Timur. Dalam pemilihan lokasi pabrik, pertimbangan yang sesuai yaitu memikirkan Benefit dan Profit. Pertimbangan Benefit seperti: Keadaan politik, masyarakat setempat, keadaan surat-menyurat kepemilikan tanah. Sedangkan pertimbangan profit seperti: ketersediaan bahan baku, keadaan iklim, transportasi dan utilitas. Lokasi pabrik diperlihatkan pada Gambar 1.5.



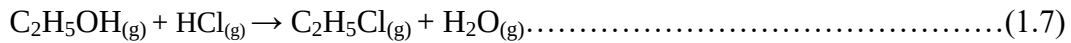
Gambar : 1.5 Lokasi Pabrik Etil Klorida
(Sumber: Google Earth, 2025)

Lokasi pabrik Etil Klorida didirikan di Gresik, Jawa Timur dengan air utilitas diambil dari Sungai Bengawan Solo. Jarak antara Sungai Bengawan Solo dengan lokasi pabrik sekitar 4 km. Jarak antara lokasi dengan Jalan Tol Gresik sekitar 8 km untuk pengiriman darat dan 9 km jarak antara lokasi ke pelabuhan untuk pengiriman laut. Bahan baku etil alkohol direncanakan diperoleh dari Malindo Raya Industri di

Sidoarjo yang berlokasi dekat dengan lokasi pabrik sehingga dapat memangkas biaya transportasi. Sedangkan bahan baku hidrogen klorida diperoleh impor dari PT Sulfindo Adhi Usaha melalui pelabuhan Tanjung Perak.

1.9 Analisa Ekonomi Awal

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdirinya pabrik. Adapun Analisa ekonomi awal prarancangan pabrik Etil Klorida Adalah sebagai berikut :



Adapun harga bahan baku dan harga produk pada Prarancangan Pabrik Etil Klorida dapat dilihat pada Tabel 1.17

Tabel 1.17 Harga Bahan dan Produk

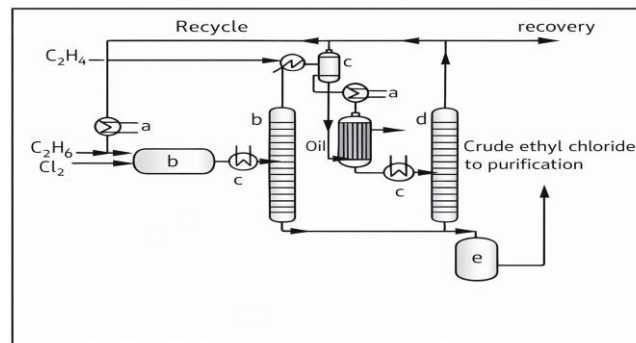
Parameter	Bahan Baku		Produk	
	Etil alkohol	HCl	Etil Klorida	Etil alkohol
Rumus Kimia	C ₂ H ₄ OH	HCl	C ₂ H ₅ Cl	C ₂ H ₄ OH
Berat Molekul	46	36	64	46
Harga Per Kg	Rp. 22.600	Rp.12.000	Rp. 44.500	Rp. 22.600
Kebutuhan	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 46 gr/mol = 46 gr = 0,046 kg	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 36 gr/mol = 36 gr = 0,036 kg	= 1 mol x BM = 1 Mol x 64 gr/mol = 64 gr = 0,064 kg	= 1 Mol x BM = 1 Mol x 46 gr/mol = 46 gr = 0,046 kg
Harga Total	Rp.1.062	Rp. 432	Rp. 2.848	Rp.1.062

Analisa Ekonomi Awal	Harga Produk – harga bahan baku = Rp. 3.910 – Rp. 1.494 = Rp. 2.416
Profit Margin	$= \frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100 \%$ $= \frac{2.416}{1.494} \times 100 \%$ =161 %

Dari Tabel 1.17 di dapatkan hasil analisa ekonomi awal dengan keuntungan 161% dari harga bahan baku, terlihat bahwa harga beli bahan baku lebih murah dibandingkan dengan harga jual produk. Maka dari itu, berdasarkan hasil uji ekonomi awal dapat disimpulkan bahwa pabrik etil klorida layak untuk didirikan dengan menggunakan kapasitas 125.000 ton/tahun

1.10 Evaluasi Pabrik Sebelumnya

Berikut merupakan flowsheet terdahulu dari judul Prarancangan Pabrik Etil Klorida dari Etilen dan Asam Klorida menggunakan Proses Hidroklorinasi Etilen dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun. Diagram alir tersebut menggambarkan tahapan utama proses produksi etil klorida yang dimulai dari tahap penanganan bahan baku etilen dan hidrogen klorida, kemudian dilanjutkan dengan proses pemanasan dan reaksi pada reaktor hidroklorinasi. Selanjutnya produk hasil reaksi didinginkan dan dialirkan menuju unit pemisahan dan pemurnian untuk memperoleh produk etil klorida dengan kemurnian yang diinginkan. Flowsheet terdahulu dapat dilihat pada Gambar 1.6



Gambar 1.4 Diagram Alir Proses Klorinasi Etana
(Sumber: Ulman, 2002)