

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang berkembang di bidang industri. Baik di bidang industri jasa maupun industri pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia pada saat ini mengalami peningkatan kualitas maupun kuantitas, sebagai bentuk usaha perwujudan pengembangan Indonesia dari negara berkembang menjadi negara industri, maka pengembangan di sekitar perindustrian selalu menjadi fokus yang menarik untuk selalu ditangani.

Selama ini kebutuhan etil klorida di Indonesia masih harus mengimpor, padahal bahan baku untuk produk ini yaitu etanol dan asam klorida sudah dapat dicukupi dalam negeri. Bahan baku tersebut mudah didapat sehingga mampu menjadi modal pembuatan etil klorida dalam jumlah besar. Dengan dikembangkan produksi etil klorida, diharapkan dapat menekan ketergantungan negara kita akan bahan tersebut dari impor.

Etil klorida merupakan senyawa organik yang reaktif, tidak larut dalam air atau pelarut organik, jernih atau tidak berwarna, pada suhu kamar berupa gas karena titik didihnya sangat rendah yaitu $12,3^{\circ}\text{C}$. Etil klorida pertama kali ditemukan oleh Basil Valensin pada tahun 1940. Etil klorida banyak diperlukan dalam bidang industri antara lain digunakan sebagai bahan baku pembuatan etil selulosa, cat, obat-obatan, dan *refrigerant*. Selain itu etil klorida juga banyak digunakan sebagai bahan anestetik, solven dan sebagai bahan industri plastik. Etil klorida merupakan bahan utama pembuatan butil *rubber*, senyawa organosilin dan *etilation agent* untuk memproduksi etil merkaptan yang digunakan pada ekstraksi minyak dan lemak.

Keuntungan lain yang diperoleh dari mendirikan pabrik etil klorida ini adalah:

1. Memacu penggunaan etil sebagai bahan pembuatan etil selulosa yang dibutuhkan dalam industri polimer, terutama plastik sintesis yang sedang meningkat.
2. Memacu pendirian perusahaan lain yang menggunakan etil klorida sebagai bahan baku.
3. Mengurangi impor etil klorida.
4. Membuka lapangan pekerjaan sehingga mengurangi jumlah pengangguran.

Di samping berkembangnya industri kendaraan bermotor, juga turut berkembangnya industri polimer yaitu dalam pembuatan plastik. Hal ini menyebabkan kebutuhan etil klorida untuk pembuatan etil selulosa sebagai elastisitas plastik sintesis masih cukup besar dan terus meningkat.

Jelaslah dengan adanya pabrik etil klorida di Indonesia maka kebutuhan etil klorida di dalam negeri akan terpenuhi, dan bila memungkinkan akan di ekspor untuk menambah devisa negara.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas, maka pendirian pabrik etil klorida di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

1.2. Penentuan Kapasitas Produksi

Pemilihan kapasitas etil klorida berdasarkan atas beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Proyeksi kebutuhan etil klorida dari tahun ke tahun di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2008-2015)

Tabel 1. Kebutuhan Impor Etil Klorida di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
2008	772,62
2012	7.268
2013	6.311
2015	17.936

Dengan melihat data statistik impor etil klorida di Indonesia, maka pada tahun 2021 kebutuhan etil klorida di Indonesia sebesar 18.000 ton/tahun. Kapasitas Potensial

Kapasitas produksi etil klorida yang direncanakan, ditentukan berdasarkan kebutuhan etil klorida dalam negeri dan dunia, serta kapasitas pabrik-pabrik yang telah memproduksi seperti terlihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data Pabrik Ethyl Chloride yang sudah didirikan

Produsen	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
<i>Dow Chemical</i>	<i>Freeport, Texas</i>	4.540
<i>Dupont</i>	<i>Deepwater, New Jersey</i>	45.400
<i>Ethyl Chloride</i>	<i>Pasadena, Texas</i>	72.600
PPG	<i>Lake Charles, LA</i>	56.700

2. Ketersediaan bahan baku

Untuk memproduksi etil klorida dibutuhkan bahan baku etanol dan asam klorida yang keduanya dapat dicukupi dari dalam negeri. Bahan baku etanol diperoleh dari PT. Indo Acidatama Chemical, sedangkan asam klorida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical. Dengan pertimbangan kebutuhan etil klorida di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik yang sudah ada, maka dipilih kapasitas produksi sebesar 40.000 ton/tahun. Kapasitas ini diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan impor etil klorida ke Indonesia.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik ditentukan oleh kedudukan pabrik dalam persaingan maupun kelangsungan produksinya. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pabrik etil klorida ini direncanakan akan didirikan di daerah Cilegon dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Penyediaan Bahan Baku

Kelancaran penyediaan bahan baku merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan lokasi pabrik. Untuk bahan baku etanol didatangkan dari PT. Indo Acidatama Chemical yang berlokasi di Surakarta. Sedangkan asam klorida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Serang.

2. Pemasaran

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. Cilegon merupakan daerah yang strategis untuk pemasaran karena sudah tersedia pelabuhan yang mempunyai fasilitas bongkar muat barang.

3. Transportasi

Ketersediaan transportasi yang mendukung distribusi produk dan bahan baku baik melalui darat maupun udara, haruslah mempunyai fasilitas transportasi yang memadai dan biaya transportasi dapat ditekan sekecil mungkin. Seperti jalan penghubung antara produsen dan konsumen guna mempermudah kemungkinan pengiriman bahan baku, peralatan maupun hasil produksi. Di Cilegon sudah cukup ideal untuk transportasi melalui darat maupun udara karena sudah adanya jalan raya, jalan kereta api dan pelabuhan yang relatif mudah dan tidak terlalu jauh.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja sebagian besar dapat diambil dari penduduk sekitarnya, mengingat di Jawa dengan jumlah penduduk yang sangat padat dan rata-rata, ditinjau dari aspek pendidikan yang memadai, pemerataan tenaga kerja, serta pemberian ongkos atau gaji cukup memadai yang disesuaikan dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi mulai dari lulusan STM, D3 sampai sarjana strata satu sehingga mampu mengikuti perkembangan teknologi yang semakin cepat.

5. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik di Cilegon ini dapat membantu tercapainya kebijakan pemerintah dalam menjadikan Cilegon sebagai kawasan industri. Bertolak pada hal tersebut maka pendirian pabrik di Cilegon ini akan sangat didukung

pemerintah sehingga fasilitas seperti perizinan pendirian pabrik dan lain-lain akan lebih mudah.

6. Kebutuhan utilitas

Pabrik etil klorida ini cukup banyak memerlukan air yaitu sebagai air proses dalam produksi, seperti air pendingin dan steam, juga kebutuhan air untuk rumah tangga, air minum, air perkantoran, dan lain-lain. Untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari sungai yang tidak jauh dari kawasan industri. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina dan untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN dan ada penyediaan generator sebagai cadangan.

7. Iklim

Iklim yang terdapat pada lokasi pabrik juga akan mempengaruhi aktivitas dan proses yang ada. Jika iklim terlalu panas akan mengakibatkan pendingin yang diperlukan lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan biaya perlindungan khusus terhadap alat-alat proses. Cilegon merupakan daerah yang memiliki iklim kering dengan curah hujan tinggi, serta memiliki suhu relatif panas. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa Cilegon sesuai jika didirikan industri pabrik etil klorida.

8. Komunikasi

Komunikasi merupakan faktor penting dalam kemajuan suatu industri. Di Cilegon, fasilitas komunikasi seperti telpon, email, telegram, media sosial, segala yang berhubungan dengan internet sangatlah mudah diakses sehingga dapat memperlancar arus komunikasi dalam bertransaksi. Dalam penjualan produk maupun pembelian bahan baku dan katalis.

1.4. Tinjauan Pustaka

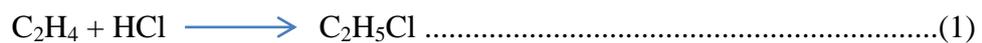
1.4.1 Macam-macam Proses

Ada tiga macam pembuatan etil klorida secara industri, yaitu hidroklorinasi etilen, klorinasi etana dan hidroklorinasi etanol:

1. Hidroklorinasi Etilen

Proses ini biasa dijalankan dalam fase uap dan fase cair, tetapi biasanya dalam fase uap. Operasi dijalankan dalam reaktor jenis *fixed bed multi tube* pada kondisi tekanan 17 atm dan suhu 200°C dengan katalisator ZnCl₂. *Yield* yang dapat dicapai 99,5% berdasarkan etilen yang bereaksi.

Reaksi yang terjadi:



Pada proses hidroklorinasi etilen fase cair, etilen cair dan asam klorida uap dicampur dan diumpankan ke dalam reaktor dengan katalis seng klorida dalam fase cair. Reaksi antara etilen dan asam klorida berlangsung sangat cepat. Panas reaksi digunakan untuk menguapkan etil klorida. Penambahan katalis bisa dilakukan secara kontinyu atau *batch* untuk mengganti katalis yang terdeaktivasi. Asam klorida diumpankan ke dalam reaktor secara berlebih dan asam klorida yang tidak bereaksi dilakukan proses ulang untuk direaksikan kembali dengan etilen. Reaksi antar etilen dan asam klorida dengan proses hidroklorinasi fase cair berlangsung pada tekanan 3–5 atm dan suhu 30–90°C. *Yield* yang diperoleh dari reaksi kedua 98%.

Pada proses fase cair, uap etilena dan uap hidrogen klorida dicampur dan selanjutnya diumpankan ke dalam tangki yang sebagian telah diisi katalis cair. Katalis yang digunakan adalah alumunium klorida dengan konsentrasi kurang dari 1%. Konsentrasi katalis yang sering digunakan sebesar 0,2-0,3% berat. Reaksi antara etilen dan hidrogen klorida merupakan reaksi yang sangat cepat dan menghasilkan panas. Untuk reaktor yang digunakan harus dilengkapi dengan pendingin. Untuk mencegah terjadinya deaktivasi katalis dan produk samping, sebagian cairan dalam reaktor perlu dibuang. Umpan hidrogen klorida yang tidak bereaksi *direcovery* dan *direcycle*. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 98%. Banyaknya katalis yang digunakan adalah 0,5 sampai 0,8 lb setiap 100 lb etil klorida.

2. Klorinasi Etana

Proses pembuatan etil klorida dengan cara klorinasi dapat dijadikan secara termal, fotokimia, dan katalitik. Dalam industri biasanya dijalankan secara termal. Reaksi yang terjadi adalah reaksi rantai:



Temperatur reaksi harus dipertahankan selalu tetap untuk mengurangi terjadinya produk samping, mencegah terjadinya pirolisa etil klorida menjadi etilen dan hidrogen klorida, dan terjadinya reaksi karbonisasi. Reaksi karbonisasi dapat terjadi jika perbandingan klorin dan etana terlalu besar, sedangkan pirolisa terjadi jika temperatur terlalu tinggi. Untuk itu reaktor yang digunakan harus merupakan reaktor yang dilengkapi dengan pendingin agar panas yang timbul bisa diserap sehingga suhunya konstan. Reaktor jenis ini adalah reaktor *fluidized bed*, dengan zat yang terfluidisasi bukan merupakan katalis, misalnya pasir dengan ukuran 60 dan 140 mesh. Klorin dan etana dimasukkan dari dasar reaktor melalui jets yang berdiameter 1/16 dan 1/4 *inch*. Reaksi sangat eksotermis sehingga pengontrolan suhunya sangat penting. Suhu reaksi berkisar 230-450°C. Suhu yang lebih tinggi bisa menyebabkan etil klorida terurai menjadi etilen dan HCl. Konversi bisa mencapai 78% basis etana bila perbandingan Cl₂ dan etana kira-kira 0,2 dan suhu reaksi 420°C.

Klorinasi dengan katalis berlangsung pada suhu 380–440°C. Katalisator yang biasa dipakai adalah *cuprichloride* dan *zirconium*. Klorinasi dengan bantuan cahaya reaksinya hampir sama dengan bantuan panas.

3. Hidroklorinasi Etanol

Reaksi antara etanol dan HCl dilakukan pada suhu 325°C dan tekanan 6 atm dengan katalis ZnCl yang akan menghasilkan etil klorida dan air. Reaksi yang terjadi adalah:



Karena kondisi suhu yang cukup tinggi maka perlu dilakukan pengontrolan suhu dengan jalan mengembalikan sebagian kondensat ke reaktor. Etanol dan asam klorida dimasukkan ke dalam reaktor yang mengandung larutan

katalis. Produk yang dihasilkan adalah etil klorida dan air akan dikondensat sehingga larutan asam terkondensat dan sebagian akan diproses kembali ke reaktor. Etil klorida yang tidak terkondensat akan dimasukkan ke dalam menara distilasi. Produk yang sudah dimurnikan dikompresi dan dikondensasi, produk cair kemudian disimpan dalam tangki. Dalam proses pembuatan etil klorida secara hidroklorinasi etanol terjadi reaksi samping yaitu adanya dehidrasi etanol menjadi dietil eter yang kemudian menjadi etanol.

Reaksi samping yang terjadi:



Keuntungan dari proses ini adalah *yield* yang diperoleh tinggi yaitu 98% etanol dan etil klorida yang dihasilkan mempunyai kualitas yang tinggi. Sedangkan kerugian dari proses ini adalah mahalnya bahan baku etanol serta adanya dehidrasi etanol yang menyebabkan naiknya kebutuhan bahan baku.

Dengan membuat suatu perbandingan antara keuntungan dan kerugian semua proses pembuatan etil klorida, maka dalam perancangan pabrik ini dipilih proses hidroklorinasi etanol. Pemilihan didasarkan pada beberapa kelebihan proses ini dibandingkan dengan proses lain, yaitu:

1. Kondisi temperatur pada reaktor rendah sebab pada produk etil klorida pada temperatur yang tinggi akan terdekomposisi menjadi etilen dan asam klorida.
2. Reaksi terjadi pada suhu 325°C dan dalam tekanan 6 atm.
3. Produk yang dihasilkan etil klorida mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 98%.

1.4.2 Sifat Fisika dan Kimia

1. Etanol

➤ Sifat fisika:

Rumus molekul : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Berat molekul : 46,07

Titik beku normal

Temperatur : -114,1°C

Panas laten peleburan	: 104,6 J/g
Titik didih normal	
Temperatur	: 78,32°C
Panas laten penguapan	: 839,31 J/g
Densitas cairan	: 0,7893 g/mL
Panas spesifik cairan	: 2,42 J/(g.°C)
Titik kritis	
Temperatur kritis	: 243,1°C
Tekanan kritis	: 6383,48 kPa

➤ Sifat kimia:

- Esterifikasi

Ester terbentuk oleh reaksi etanol dengan asam anorganik dan organik, asam anhidrida, dan asam halida. Jika asam anorganik beroksigen, misalnya asam sulfat, asam nitrat, ester memiliki keterkaitan karbon-oksigen yang mudah dihidrolisis.



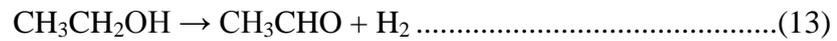
Ester organik terbentuk oleh penghapusan air antara alkohol dan asam organik (lihat esterifikasi).



Reaksi reversibel dan mencapai kesetimbangan perlahan. Umumnya, katalis asam yang digunakan, seperti asam kuat sulfat, asam klorida, boron trifluorida, dan asam p-toluenasulfonat. *Batch* proses bijaksana dan berkesinambungan digunakan untuk reaksi esterifikasi. Etil alkohol juga bereaksi dengan anhidrida asam atau halida asam untuk memberikan ester yang sesuai.



Konversi langsung dari etil alkohol untuk etil asetat diyakini berlangsung melalui asetaldehida dan kondensasi untuk etil asetat.



- Dehidrasi

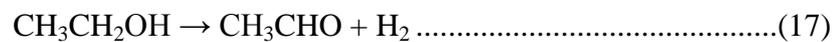
Etil alkohol dapat mengalami dehidrasi membentuk etilen atau etil eter.



Umumnya, baik etilena dan etil eter terbentuk sampai batas tertentu tetapi kondisi dapat diubah untuk mendukung salah satu reaksi atau yang lain.

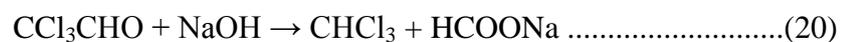
- Dehidrogenasi

Dehidrogenasi etil alkohol menjadi asetaldehida dapat dilakukan dengan reaksi fase uap atas berbagai katalis.



- Reaksi haloform

Etil alkohol bereaksi dengan natrium hipoklorit untuk memberikan kloroform.



Bromoform diperoleh dari natrium hipobromit dan hypoiodite masing-masing. Etil alkohol adalah satu-satunya alkohol primer yang mengalami reaksi ini.

(Kirk and Othmer, 2004)

2. Asam Klorida

➤ Sifat fisika:

Rumus molekul : HCl

Berat molekul : 36,46

Titik didih normal	: -85,05°C
Titik leleh	: -114,22°C
Panas peleburan (-114,22°C)	: 1,9924 kJ/mol
Panas penguapan (-85,05°C)	: 16,1421 kJ/mol
Temperatur kritis	: 51,54°C
Tekanan kritis	: 8,316 Mpa
Densitas kritis	: 424 g/L

➤ Sifat kimia:

- Hidroklorinasi

Proses pembuatan etil klorida yang terjadi karena reaksi antara etilen dan HCl dengan katalis 1% *zinc chloride*.

- Oksiklorinasi

Proses ini menggunakan HCl sebagai sumber klorin, beberapa aplikasi penting proses klorinasi yang menggunakan HCl dan oksigen yaitu pembuatan mono klorobenzena serta etilen diklorida.

- Process *Gulf Oxychlorination*

Gulf Oxychlorination merupakan proses klorinasi terhadap senyawa aromatis. Proses terjadi pada fase cair dan temperatur rendah 80-130°C dan tekanan 6,9-11,85 atm. Reaksi ini menggunakan HCl dan oksigen serta HNO₃ sebagai katalisnya.

(Kirk and Othmer, 2004)

3. *Ethyl Chloride*

➤ Sifat fisika:

Rumus molekul	: C ₂ H ₅ Cl
Berat molekul	: 64,52
Titik didih (101 kPa)	: 12,4°C
Titik leleh	: -138,3°C
Spesifik benzene uap (101 kPa)	: 2,23
Spesifik benzene cairan	

0/4°C	: 0,92390
20/4°C	: 0,8970
Temperatur kritis	: 186,6°C
Tekanan kritis	: 5,27 Mpa
Panas pembakaran	: 1327 kJ/mol
Panas pembentukan	
Cairan	: 132,4 kJ/mol
Uap	: 107,7 kJ/mol
Panas laten penguapan	: 383,4 J/g
Panas laten peleburan	: 69,09 J/g
Densitas kritis	: 424 g/L

➤ Sifat kimia

Etil klorida mempunyai stabilitas termal yang mirip metil klorida. Hal ini tidak berubah pada pemanasan dengan benzenebure 400°C dimana terjadi dekomposisi pada etil klorida menjadi etilen dan asam klorida. Jika etil klorida dipanaskan pada benzenebure 500–600°C akan terdekomposisi menjadi etilen dan asam klorida dalam jumlah yang lebih banyak. Dekomposisi ini juga dapat terjadi pada benzenebure 300°C bila dikontakkan pada klorida dari nikel, *cobalt*, besi, natrium, kalsium, dan perak.

Etil klorida juga dapat terbentuk dengan proses dehidroklorinasi etilen menggunakan kalium beralkohol. Kondensasi pada benzene dengan etil klorida dalam reaksi ini juga menghasilkan beberapa dietil eter. Pada pemanasan 625°C dan kontak dengan kalsium oksida dan air pada benzenebure 400–450°C menghasilkan etil benzene sebagai produk utama dekomposisi. Pada benzenebure 0°C etil klorida membentuk benzene dari hidrat dengan air. Etil klorida menghasilkan etil

benzene, asetaldehid, dan beberapa etilen dengan uap air dengan berbagai katalis contohnya titanium dioksida dan barium klorida.

Reaksi antara etil klorida dengan larutan benzene amoniak menghasilkan etilamina, dietilamina, trietilamina dan tetraetilamonium klorida. Reaksi gas etil klorida dengan benzene pada benzenebure 25°C dengan katalis Friedel-Crafts akan menghasilkan etil benzene dan 3-dietilbenzena dan beberapa senyawa kompleks.

(Kirk and Othmer, 2004)

1.4.3 Kegunaan Produk

Etil klorida digunakan untuk membuat etil selulosa yang berfungsi untuk meningkatkan elastisitas pada plastik sintesis, sebagai bahan baku pembuatan etil alumunium yang digunakan untuk pembuatan katalis Zieger, sebagai solven untuk fosfor, sulfur, lemak, minyak resin, lilin, insektisida, dan lain-lain.