

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkloroetilen atau yang biasa disebut Tetrakloroetilena merupakan salah satu dari sekian banyak zat kimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia. Perkloroetilen memiliki rumus molekul yaitu C_2Cl_4 . Penggunaan utama dari produk perkloroetilen ini yaitu sebagai pelarut dalam industri *dry cleaning*, biasanya perkloroetilen ini digunakan sebagai penggosok logam, industri penghasil cairan pengering untuk tekstil atau industri produsen pelarut untuk sejumlah senyawa organik.

Penggunaan lain perkloroetilen merupakan *intermediet* produk yang selanjutnyadigunakan untuk memproduksi bahan kimia lainnya, antara lain untuk menghasilkan trikloroetilen acid dan *fluorocarbon*. Pertimbangan untuk mendirikan sebuah pabrik di dunia industri adalah untuk mendapatkan sebuah keuntungan yang optimal. Berdirinya pabrik ini, diharapkan dapat memanfaatkan sebuah potensi yang ada serta dukungan teknologi perkloroetilen dengan menggunakan bahan baku berupa etilen (C_2H_4) dan klorin (Cl_2) yang banyak tersedia di Indonesia. Etilen dengan rumus molekul C_2H_4 adalah gas yang sangat beracun. Perkembangan sektor industri di Indonesia, khususnya industri kimia dari tahun ketahun telah mengalami peningkatan baik kualitas maupun kuantitas, sehingga kebutuhan akan bahan baku, bahan pembantu maupun tenaga kerja semakin meningkat

Dilihat dari kebutuhan perkloroetilen pada saat ini yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, beriringan dengan industri yang memakai produk perkloroetilen, maka dengan berdirinya pabrik ini diharapkan dapat memberi peluang perkembangan industri kimia lainnya. Oleh karena itu, pabrik perkloroetilen perlu didirikan di Indonesia dengan beberapa pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Dapat menghemat devisa negara, karena sampai saat ini kebutuhan

perkloroetilen di Indonesia masih dipenuhi dengan impor. Dengan adanya pabrik perkloroetilen di dalam negeri maka impor perkloroetilen dapat dikurangi dan jika berlebih dapat di ekspor.

2. Dapat memacu pertumbuhan serta pembangunan pabrik industri yang baru menggunakan bahan dasar perkloroetilen di Indonesia.
3. Bahan baku yang berupa etilen dan klorin yang mudah diperoleh di Indonesia. Seperti pada bahan baku etilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center Kapasitas 900.000 ton/tahun, di Jawa Barat serta adanya bahan baku klorin diperoleh dari PT. Ashimas, di Jawa Barat dengan kapasitas 130.000 Ton/Tahun.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pra rancangan pabrik perkloroetilen dengan menggunakan proses klorinasi hidrokarbon sebagai berikut:

1. Apakah pra rancangan pabrik perkloroetilen dengan bahan baku etilen dan klorin yang menggunakan proses klorinasi hidrokarbon dengan kapasitas 80.000 ton/tahun layak didirikan di Indonesia?
2. Apakah pendirian pabrik perkloroetilen dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dunia?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Adapun tujuan pra rancangan pabrik perkloroetilen dengan proses klorinasi hidrokarbon sebagai berikut:

1. Menganalisis kelayakan pendirian pra rancangan pabrik perkloroetilen dengan bahan baku etilen dan klorin yang menggunakan proses klorinasi hidrokarbon dengan kapasitas 80.000 ton/tahun layak atau tidak didirikan di Indonesia.
2. Menganalisis kebutuhan perkloroetilen didalam negeri yang selama ini masih impor didalam negeri.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Adapun manfaat pra rancangan pabrik ini adalah agar mahasiswa dapat merealisasikan ilmu yang telah dipelajari pada masa perkuliahan. Dalam hal ini juga diharapkan memberikan informasi kepada mahasiswa lainnya terkait dengan pengetahuan pra rancangan pabrik perkloroetilen dengan bahan baku etilen dan klorin dengan menggunakan proses klorinasi hidrokarbon dengan desain dan kapasitas yang berbeda. Manfaat lain yang ingin dicapai yaitu dapat memberikan informasi kepada Masyarakat bahwa pabrik perkloroetilen ini berpotensi untuk didirikan di Indonesia dengan kapasitas 80.000 Ton/Tahun sehingga kebutuhan dalam negeri dan dunia dapat terpenuhi.

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik Perkloroetilen ini, dibatasi dengan bahan baku utama yaitu etilen dan klorin menggunakan proses dasar klorinasi hidrokarbon dengan kapasitas 80.000 Ton/Tahun pada fase cir-cair. Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan *software Aspen HYSYS*.

1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas rancangan suatu pabrik perlu direncanakan dalam mendirikan pabrik agar dapat mengantisipasi permintaan kebutuhan baik luar maupun dalam negeri. Penentuan kapasitas pabrik dapat ditentukan berdasarkan kondisi sebagai berikut:

1. Kebutuhan perkloroetilen di Indonesia

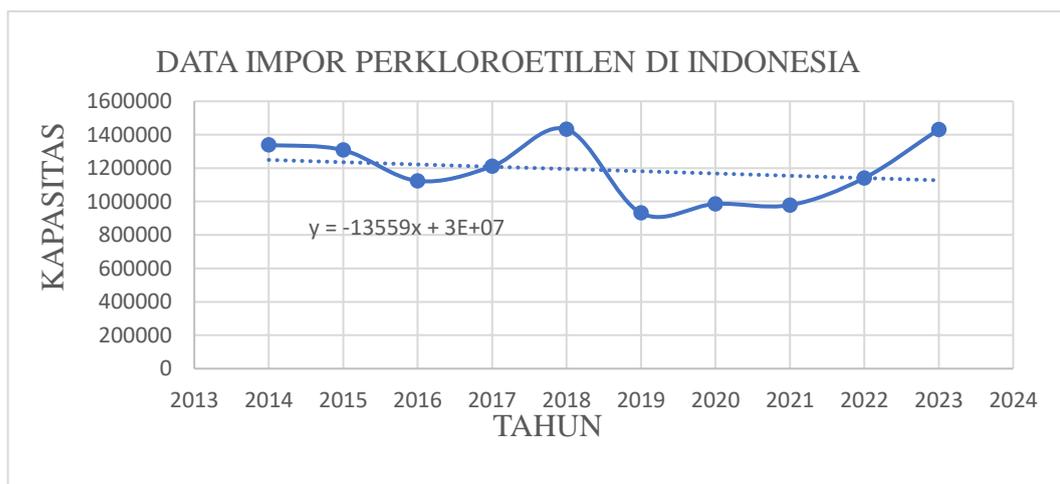
Data impor perkloroetilen di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Impor Perkloroetilen di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2014	1.339,202
2015	1.307,619
2016	1.123,417
2017	1.210,368
2018	1.432,773
2019	931,244
2020	986,080
2021	978,696
2022	1.140,716
2023	1.4313,22

Sumber: (Badan Pusat Statistik Tahun 2014-2023)

Untuk menghitung kapasitas dapat dilakukan dengan cara ekstrapolasi dari data pada Tabel 1.2 dimana x merupakan tahun ke- berapa pabrik akan didirikan dan y merupakan nilai impor perkloroetilen. 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 Data Impor Perkloroetilen di Indonesia Tahun 2014-2023

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2019-2021 impor perkloroetilen di Indonesia mengalami penurunan, hal ini dikarenakan perubahan dalam dinamika perdagangan global atau perubahan kebijakan perdagangan internasional yang dapat mempengaruhi kembali kebutuhan perkloroetilen. Peningkatan permintaan ekspor atau impor dalam industri tertentu dapat menyebabkan kembalinya kebutuhan akan perkloroetilen untuk memenuhi permintaan pasar. Berdasarkan persamaan yang diperoleh pada Gambar 1.1 didapat persamaan yaitu $y = -13559x + 3E + 07$. Diperoleh data kebutuhan perkloroetilen dalam negeri untuk beberapa tahun kedepan. Hasil tersebut diperlihatkan pada Tabel 1.2 seperti dibawah ini:

Tabel 1.2 Hasil Ekstrapolasi Data Kebutuhan Perkloroetilen di dalam Negeri

Tahun	Kapasitas (Ton)
2024	2.556,584
2025	2.543,025
2026	2.529,466
2027	2.515,907
2028	2.502,348
2029	2.488,789
2030	2.475,230

Sumber: (Microsoft Excel, 2023)

Berdasarkan Tabel 1.2 terlihat bahwa perkloroetilen berdasarkan data impor mengalami fluktuasi atau perubahan yang tidak stabil dari waktu ke waktu, hal ini dikarenakan perubahan kebutuhan dalam industri yang menggunakan perkloroetilen ini sebagai bahan baku atau pun sebagai pelarut serta adanya faktor musiman dalam kebutuhan industri sirkulasi stok yang dapat menyebabkan fluktuasi dalam impor perkloroetilen. Permintaan yang lebih tinggi selama musim tertentu atau perubahan dalam kebijakan persediaan dapat menyebabkan fluktuasi dalam impor tersebut.

Dalam proses pembuatan perkloroetilen ini menggunakan kapasitas 80.000 ton/tahun, hal ini dikarenakan dengan kapasitas produksi sebesar 80.000 ton/tahun,

pabrik perkloroetilen telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam memenuhi kebutuhan industri yang mengandalkan zat tersebut sebagai bahan baku. Banyak perusahaan yang menggunakan perkloroetilen tersebut sebagai bahan baku *dry cleaning* serta sebagai bahan pelarut diindustri kimia. Sejumlah perusahaan yang bergantung pada perkloroetilen untuk proses produksi mereka dapat mengandalkan pasokan yang stabil dan memadai dari pabrik ini. Dengan demikian, keberadaan pabrik ini tidak hanya menjadi solusi bagi kebutuhan lokal, tetapi juga memungkinkan untuk ekspor ke pasar luar negeri.

Kapasitas produksi yang besar ini memastikan bahwa kebutuhan industri akan perkloroetilen dapat terpenuhi dengan baik. Dengan sisa produksi yang bisa diekspor, pabrik memiliki potensi untuk memperluas pasar internasional dan meningkatkan pendapatan ekspor negara. Dengan demikian, kapasitas 80.000 ton/tahun tersebut tidak hanya cukup untuk memenuhi permintaan domestik, tetapi juga memberikan peluang yang besar untuk pertumbuhan ekonomi dan perdagangan.

Pabrik perkloroetilen dari etilen dan klorin belum pernah ada didirikan di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh permintaan domestik yang mungkin tidak cukup besar untuk membenarkan investasi dalam mendirikan pabrik tersebut. Selama ini, kebutuhan perkloroetilen di Indonesia tercukupi melalui impor dari negara lain. Beberapa faktor menyebabkan belum dibangunnya pabrik perkloroetilen di Indonesia, antara lain yaitu permintaan domestik untuk perkloroetilen belum cukup besar untuk mendukung investasi besar dalam mendirikan pabrik, stabilitas ekonomi yang belum optimal menghambat investasi jangka panjang dalam industri kimia, Kebijakan industri yang belum sepenuhnya mendukung pengembangan industri kimia lokal, iklim investasi yang belum menarik bagi investor untuk mendirikan pabrik kimia di Indonesia.

Meskipun terdapat beberapa tantangan, terdapat juga peluang ekonomi yang bisa dimanfaatkan dengan mendirikan pabrik perkloroetilen di Indonesia, seperti mendirikan pabrik dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru dan meningkatkan perekonomian lokal, pendirian pabrik perkloroetilen dapat mengurangi

ketergantungan impor dari negara lain, sehingga menghemat devisa negara, dengan adanya pabrik perkloroetilen, kemandirian industri kimia lokal dapat ditingkatkan.

Adapun pabrik perkloroetilen yang telah berdiri dapat dilihat pada Tabel 1.3 dibawah ini:

Tabel 1.3 Daftar Pabrik Perkloroetilen Yang Telah Berdiri

Produsen	Kapasitas (Ton)
Dow Chemical Plaquemine, La	40.823,316
PPG Industries, Lake Charles, La	90.718,48
Vulcan Materials, Geismar, La	63.502,936

Sumber: www.the-innovation-group.com

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center Kapasitas 900.000 ton/tahun, di Jawa Barat dan bahan baku klorin diperoleh dari PT. Asahimas Jawa Barat dengan kapasitas 130.000 ton per tahun. Tersedianya bahan baku yang relatif besar diharapkan kebutuhan bahan baku bisa terpenuhi.

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

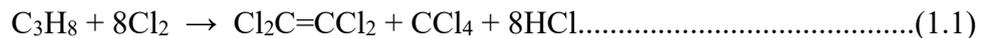
Proses pembuatan perkloroetilen dari etilen diklorida dan klorin didapatkan dua macam proses. Berikut adalah proses pembuatan perkloroetilen sebagai berikut:

1. Proses Klorinasi Hidrokarbon
2. Proses Klorinasi Etilen diklorida

1.7.1 Proses Klorinasi Hidrokarbon

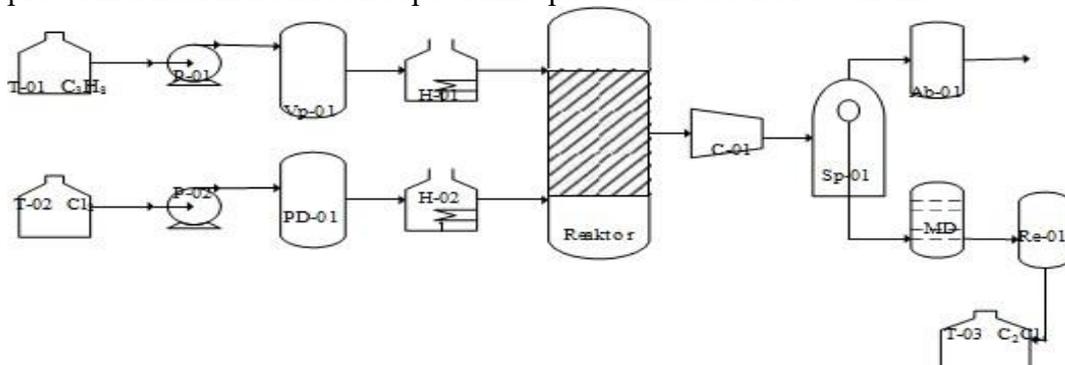
Kebanyakan di Amerika Serikat memproduksi perkloroetilen dengan proses hidrokarbon klorinasi. Pada pembuatan pabrik perkloroetilen ini digunakan

proses klorinolis hidrokarbon. Proses ini melibatkan klorinasi dan pirolisis pada hidrokarbon bersama klorin bereaksi dengan klorinasi hidrokarbon dengan hidrokarbon seperti metana, etana, propana, atau propilen. Produk utama dari hidrokarbon klorinasi adalah perkloroetilen, karbon tetraklorida dan asam klorida. Reaksinya dapat dilihat dari persamaan 1.1 sebagai berikut.



Gas propana dan klorin dimasukkan kedalam reaktor fluid bed dengan temperatur 500°C pada tekanan 1,2 atmosferis dengan menggunakan katalis Cupric Chloride. Produk yang keluar dari reaktor adalah karbon tetraklorida, perkloroetilen, HCl, dan klorinasi hidrokarbon. Konversi yang terjadi sebesar 92 %. Untuk memisahkan produk perkloroetilen, karbon tetraklorida dan asam klorida dari campurannya digunakan separator. Hasil bawah separator dimasukkan kedalam menara distilasi sedangkan hasil atas separator di masukkan kedalam absorber. Hasil bawah absorber berupa asam klorida sebesar 30% sebagai produk. Sedangkan hasil atas absorber dipurging dan direcycle untuk diproses kembali kedalam reaktor. Hasil bawah separator berupa perkloroetilen dan karbon tetraklorida dimasukkan kedalam menara distilasi untuk menghasilkan perkloroetilen dan karbon tetraklorida. Kemurnian perkloroetilen sebesar 99,9% dan karbon tetraklorida sebesar 99,9%. Flowsheet dasar pembuatan Perkloroetilen dengan proses klorinolis hidrokarbon.

Adapun flowsheet dasar proses pembuatan perkloroetilen menggunakan proses klorinasi hidrokarbon dapat dilihat pada Gambar 1.2 dibawah ini



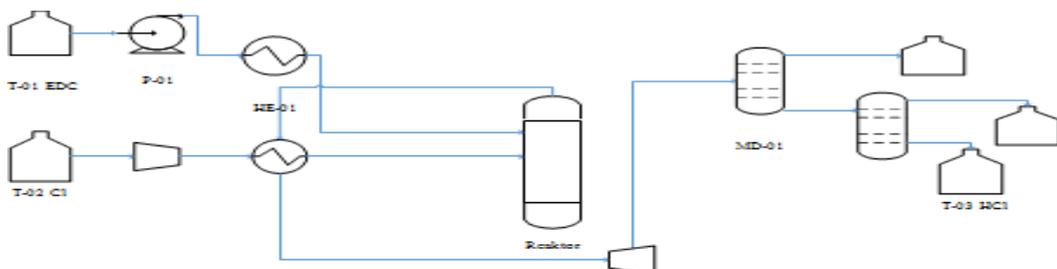
Gambar 1.2 Flowsheet Pembuatan Perkloroetilen Proses Klorinasi Hidrokarbon

1.7.2 Proses Klorinasi Etilen Diklorida

Bahan baku etilen diklorida dengan kemurnian 99,8 % dengan impuritas hidrogen klorida disimpan pada kondisi cair pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C di tangki penyimpanan bahan baku. Dari tangki tersebut, bahan baku dipompa menuju heater untuk diuapkan. Etilen diklorida uap keluar heater dengan temperatur 102°C untuk selanjutnya diumpankan kedalam reaktor. Bahan baku gas klorin dengan kemurnian 99,95 % dengan impuritas nitrogen disimpan pada kondisi cair dengan tekanan 1 atm dan suhu 30°C dikompress menuju heat exchanger untuk dipanaskan. klorin uap keluar *heat exchanger* dengan temperature 125°C untuk selanjutnya diumpankan kedalam reaktor.

Unit pemurnian ini meliputi menara distilasi. Perkloroetilen yang masih tercampur dengan fraksi berat (etilen diklorida) dan fraksi ringan (*hydrogen klorida*) selanjutnya diumpankan kedalam menara distilasi, guna memisahkan hydrogen klorida sehingga perkloroetilen bebas dari kandungan fraksi ringan. Menara distilasi ini berfungsi untuk memisahkan Hidrogen klorida sebagai produk samping dari bahan lainnya. Hasil bawah berupa perkloroetilen dan fraksi berat kemudian dialirkan ke menara distilasi untuk pemurnian akhir.

Tujuan unit ini untuk memperoleh produk perkloroetilen dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil pemurnian awal masuk ke menara distilasi. Menara distilasi ini berfungsi untuk memisahkan perkloroetilen sebagai produk utama dari bahan lainnya. Hasil bawah perkloroetilen 97%. kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan. Adapun flowsheet dasar proses pembuatan perkloroetilen menggunakan proses klorinasi etilen diklorida dapat dilihat pada Gambar 1.3 dibawah ini:



Gambar 1.3 Flowsheet Dasar Proses Pembuatan Perkloroetilen Menggunakan Proses Klorinasi Etilen Diklorida

1.8 Perbandingan Proses

Perbandingan proses pembuatan Perkloroetilen dapat dilihat dalam Tabel 1.4 dibawah ini yaitu:

Tabel 1.4 Perbandingan Dua Proses Pembuatan Perkloroetilen

Proses	Suhu (°C)	Tekanan (atm)	Katalis	Yield
Klorinolis hidrokarbon	200	1-2	<i>Cupric Chloride</i>	90-94
Klorinasi etilen diklorida	200-440	1	Feriklorida	90-92

Sumber: (Kirk Othmer,1996).

Perbandingan kelebihan dan kekurangan kedua proses pembuatan perkloroetilen dapat dilihat pada Tabel 1.5 dibawah ini :

Tabel 1.5 Perbandingan Kelebihan dan Kekuranga disetiap Proses Pembuatan Perkloroetilen

No	Proses	Keuntungan	Kekurangan
1.	Klorinolis Hidrokarbon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dioperasikan pada tekanan rendah. 2. Yield yang dihasilkan tinggi. 3. Dihasilkan produk samping HCl yang dapat digunakan sebagai pelarut dan analisis kimia lainnya. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu pengoperasian lebih tinggi yaitu 200-500°C.

2.	Klorinasi Etilen Diklorida	1. Dioperasikan pada tekanan rendah. 2. Bahan bakunya banyak tersedia di Indonesia sehingga kontinuitas terjaga.	1. Katalis masih harus diimpor dari luar negeri.
----	----------------------------------	---	--

Berdasarkan perbandingan proses pada Tabel 1.4 maka pembuatan perkloroetilen dipilih proses klorinasi hidrokarbon dengan pertimbangan dapat dioperasikan pada tekanan dan suhu rendah dan yield yang dihasilkan tinggi dan proses ini adalah proses yang sekarang banyak digunakan oleh industri untuk memproduksi perkloroetilen.

1.9 Uraian Proses

Pembuatan Perkloroetilen menggunakan klorinasi hidrokarbon dilakukan dengan mereaksikan etilen diklorida dan klor dalam fase gas. Proses yang dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi pembentukan perkloroetilen
3. Tahap pemurnian

1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yaitu etilen yang diumpankan dari tangki T-100 pada suhu -170°C dan tekanan 1 atm pada fase cair dan klorin dari tangki T-101 pada kondisi operasi -101°C dan $P = 2$ atm pada fase cair dengan adanya bantuan pompa etilen dialirkan ke HE-100 terjadi pada kondisi operasi suhu 100°C dengan $P = 2,1$ atm dan klorin dialirkan ke HE-101 pada kondisi operasi 70°C dan $P = 2,1$ atm kemudian keluaran dari HE-100 dan HE-101 masuk ke dalam heater untuk dinaikkan suhunya

menjadi 185°C dengan tekanan 2,051 atm kemudian keluaran dari heater masuk ke dalam reaktor disini terjadi pengadukan dan pencampuran bahan baku dan temperatur naik kembali menjadi 200°C dan P = 2 atm. Keluaran reaktor terdiri dari campuran HCl, perkloroetilen, etilen, klorin, nitrogren dan sisanya H₂O. Selanjutnya keluaran dari reaktor masuk ke dalam *cooler* untuk diturunkan temperaturnya sebelum masuk ke menara destilasi.

1.9.2 Tahap Reaksi Pembentukan Perkloroetilen

Reaksi yang terjadi antara etilen dengan klorin membentuk perkloroetilen, dijalankan didalam reaktor tipe *plug flow reaktor* pada kondisi operasi temperatur 200°C dan tekanan 2 atm dengan bantuan katalis *Cupric Chloride*. Sebanyak 99% reaktan terkonversi membentuk produk. Mekanisme reaksi pada reaktor dapat dilihat pada persamaan 1.2 sebagai berikut :



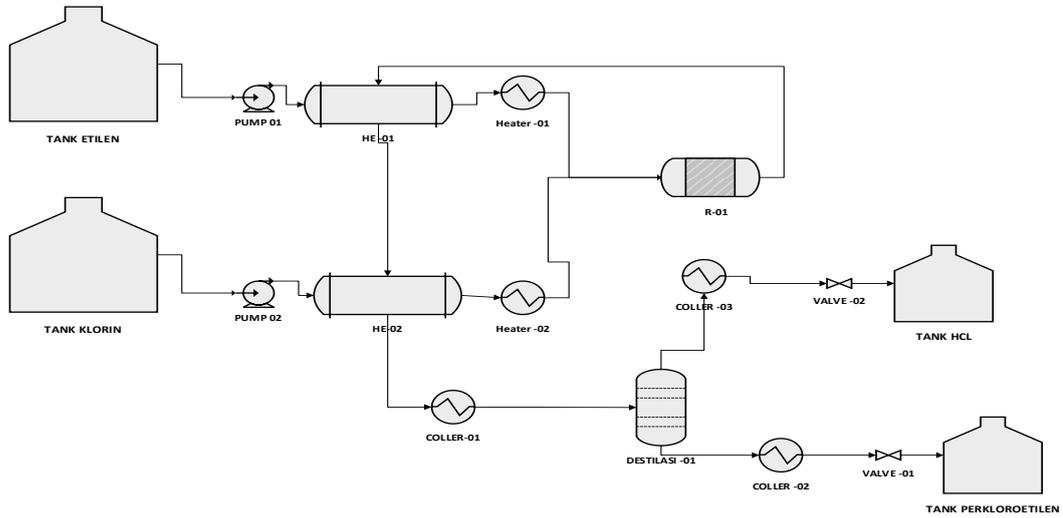
Reaksi yang terjadi bersifat endotermis sehingga panas yang keluar dari reaktor dimanfaatkan kembali untuk pemanasan pada HE. Terdiri dari campuran HCl, perkloroetilen, etilen, nitrogren, klorin dan sisanya H₂O selanjutnya dialirkan menuju *Condenser* C-104 untuk diturunkan temperaturnya sampai -103°C pada tekanan 1,903 atm sebelum masuk kedalam menara destilasi.

1.9.3 Tahap pemurnian

Pada MD-100 terjadi proses pemurnian produk dimana reaksi yang masuk adalah perkloroetilen dengan kemurnian 19%, Cl₂ 0,06%, HCl 79%, etilen 0,014% dan sisanya adalah air dan nitrogren. Keluaran bawah dari Menara destilasi ini adalah produk perkloroetilen dengan kemurnian 99% pada suhu 136,3°C dan tekanan 1,9 kemudian dialirkan ke *Cooler* C-106 untuk diturunkan sampai suhu 30°C dengan tekanan 1 atm dan kemudian disimpan pada tangki penyimpanan produk (T-103) pada kondisi cair.

Produk atas distilasi yang tidak bisa terkonversi menjadi produk berupa HCl dengan kemurnian 99,23% selanjutnya dialirkan ke *Heater* H-105 untuk dinaikkan

suhunya dari $-70,99^{\circ}\text{C}$ menjadi suhu 101°C kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan produk HCl pada kondisi operasi -101°C dan tekanan 1 atm.

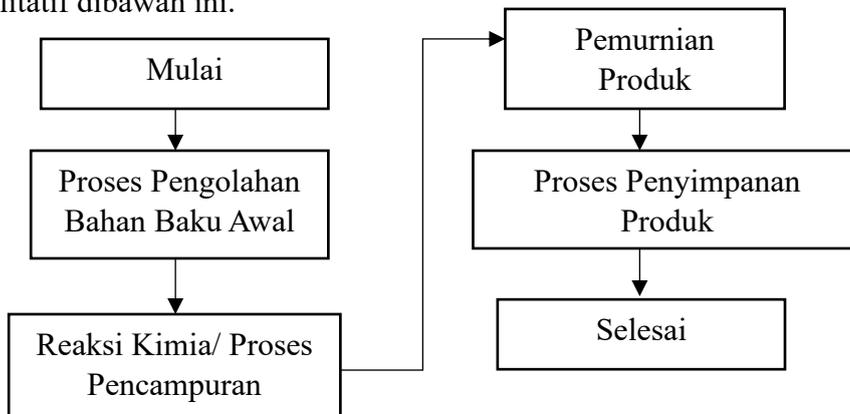


Gambar 1.4 Proses Pembuatan Perkloroetilen Menggunakan Proses Klorinasi Hidrokarbon Menggunakan Visio

Adapun diagram alir kualitatif dan kuantitatif pada prarancangan pabrik perkloroetilen dengan menggunakan etilen dan klorin dengan menggunakan proses klorinasi hidrokarbon dengan kapasitas 80.000 ton/tahun dapat dilihat seperti dibawah ini:

1. Diagram Kualitatif

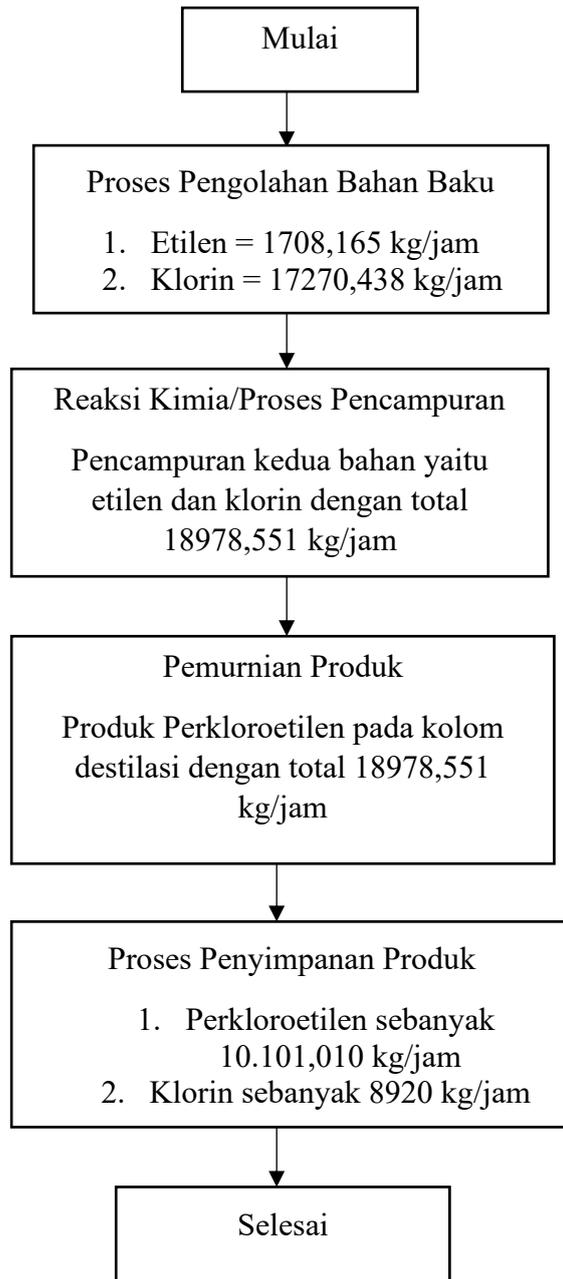
Adapun proses perkloroetilen dari klorin dan etilen dapat dilihat dari diagram kualitatif dibawah ini.



Gambar 1.5 Diagram alir kualitatif proses pembuatan perkloroetilen dari etilen dan klorin menggunakan proses klorinasi hidrokarbon

2. Diagram Kuantitatif

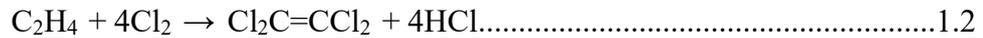
Adapun diagram alir kuantitatif dalam proses pengolahan perkloroetilen dari etilen dan klorin menggunakan proses klorinasi hidrokarbon sebagai berikut.



Gambar 1.6 Diagram alir kuantitatif proses pembuatan perkloroetilen dari etilen dan klorin menggunakan proses klorinasi hidrokarbon

1.10 Analisa Ekonomi Awal

Berdasarkan pemilihan proses dalam pembuatan perkloroetilen, harga bahan baku pada proses klorinasi hidrokarbon dapat dilihat pada Tabel 1.6 dibawah ini:



Harga bahan baku pembuatan perkloroetilen dapat dilihat pada Tabel 1.6 sebagai berikut:

Tabel 1.6 Harga Bahan Baku

Bahan	BM/mol	Harga/Kg
Etilen (C ₂ H ₄)	28,05	16.529,79
Klorin (4Cl ₂)	70,91	8.206,73
Perkloroetilen (C ₂ Cl ₄)	165,883	21.000
Asam Klorida (4HCl)	36,47	29.920,02

Sumber: (chemical analyst)

Bahan baku

$$1. \text{ Etilen (C}_2\text{H}_4) = 1 \text{ mol} \times 0,02805 \text{ kg/mol} \times \text{Rp. } 16.529,79/\text{kg} \\ = \text{Rp. } 384,5655$$

$$2. \text{ Klorin (Cl}_2) = 4 \text{ mol} \times 0,07091 \text{ kg/mol} \times \text{Rp. } 8.202,73/\text{kg} \\ = \text{Rp. } 2.326,62234$$

$$\text{Total harga bahan baku} = \text{Rp. } 384,5655 + \text{Rp. } 2.326,62234 \\ = \text{Rp. } 2.711,18784$$

Produk

$$1. \text{ Perkloroetilen (C}_2\text{Cl}_4) = 1 \text{ mol} \times 0,165833 \text{ kg/mol} \times \text{Rp. } 21.000/\text{kg} \\ = \text{Rp. } 3.482,493$$

$$2. \text{ Asam Klorida (4HCl)} = 4 \text{ mol} \times 0,03647 \text{ kg/mol} \times \text{Rp. } 29.920,02 /\text{kg} \\ = \text{Rp. } 4.364,73252$$

$$\text{Total harga produk} = \text{Rp. } 2.679,83 + \text{Rp. } 2.679,83 \\ = \text{Rp. } 7.847,226$$

$$\begin{aligned}\text{Analisa Ekonomi Awal} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp. } 7.847,226 - \text{Rp. } 2.711,18784 \\ &= \text{Rp. } 5.136,03768/\text{kg}\end{aligned}$$