

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia, seiring dengan waktu terus meningkat. Bagi perkembangan dan pertumbuhan industri merupakan bagian dari upaya pembangunan ekonomi jangka panjang yang ditunjukkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang seimbang dan kokoh. Hal ini didukung oleh sumber daya alam dan sumber daya manusia yang sangat melimpah di Indonesia. Perkembangan industri ini akan meningkatkan kebutuhan bahan kimia yang digunakan untuk mendukung proses produksi. Industri kimia merupakan salah satu industri bernilai tinggi dan padat teknologi. Salah satu bahan kimia yang masih mendatangkan dari luar negeri dalam jumlah besar dari tahun ke tahun adalah metil klorida. Metil klorida adalah salah satu senyawa klorometana dengan gugus molekul CH_3Cl . Senyawa klorometana ini dihasilkan dari reaksi klorinasi antara metana dan klorin (Kirk Othmer, 1999).

Metil klorida adalah cairan berat yang tidak berwarna dan memiliki bau halus. Metil klorida mudah melarutkan zat dan memiliki nilai kelarutan yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi. Karena sifat ini, metil klorida telah menjadi bahan yang banyak digunakan dalam proses industri. Metil klorida merupakan salah satu bahan yang sangat dibutuhkan dalam industri silikon, bahan obat-obatan untuk pertanian, bahan dalam industri karet sintetis, sebagai bahan baku pembuatan *methyl cellulose*, pembuatan aditif bahan bakar (*Tetra Ethyl Lead*), dan dapat digunakan sebagai bahan dalam industri pembersih lantai. (Kirk and Othmer, 1993). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil klorin, sehingga senyawa klorometana seperti metil klorida cocok untuk produksi dalam negeri. Pabrik metil klorida dengan proses klorinasi layak dirancang karena termasuk minim pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam produksinya tidak terdapat bahan samping atau limbah yang langsung dihasilkan dan dibuang. Selain metil klorida, bahan kimia lain seperti

metilen klorida, kloroform, karbon tetraklorida dan asam klorida juga akan diproduksi. Oleh karena itu, dengan mencegah kebocoran selama proses dan menjaga suhu klorinasi yang aman, efek buruk pada lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya dapat dicegah.

Dalam pembuatan metil klorida ada beberapa macam proses dalam pembuatannya, yaitu proses klorinasi metana dan proses hidroklorinasi metanol. Dalam proses klorinasi metana, metil klorida dihasilkan dari reaksi klorin dan metana sedangkan hidroklorinasi metanol dari reaksi metanol dan hidrogen klorida. Dalam prarancangan pabrik metil klorida ini sudah pernah dirancang sebelumnya dengan proses klorinasi metana akan tetapi pada prarancangan kali ini bertujuan untuk menghasilkan prarancangan pabrik yang lebih baik dan minim kekurangan dari prarancangan pabrik sebelumnya, proses klorinasi metana dipilih karena proses ini menghasilkan produk sampingan yang dapat dijual. Sedangkan pada proses hidroklorinasi methanol, hanya menghasilkan metil klorida sebagai produk utama dan air sebagai produk sampingan.

Indonesia sebagai negara berkembang terutama dalam memasuki era perdagangan bebas, dituntut untuk mampu bersaing dengan negara-negara lain di bidang industri, dan sektor industri kimia memegang peranan penting dalam memajukan industri di Indonesia. Perkembangan industri sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam menghadapi pasar bebas. Inovasi dalam proses produksi dan pembangunan pabrik baru yang menghasilkan produk bernilai ekonomis seperti metil klorida sangat dibutuhkan dalam membantu meningkatkan devisa negara.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan bahan kimia metil klorida di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Selama ini Indonesia telah memenuhi kebutuhan metil klorida dengan mengimpor dari Amerika, oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan metil klorida dalam negeri, Indonesia berpeluang memproduksi metil klorida dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan merancang pabrik metil klorida.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan mendasar dalam pembuatan pabrik metil klorida:

Dapat memenuhi kebutuhan kebutuhan metil klorida dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.

Dapat memacu pertumbuhan industri hulu khususnya yang menggunakan bahan baku metil klorida menjadi bahan lain yang memacu industri hilir yang menggunakan metil klorida sebagai bahan baku dan bahan penolong.

Dapat meningkatkan devisa negara jika hasil produk metil klorida diekspor.

Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat mendukung pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Manfaat Prarancangan Pabrik

Berdasarkan dari tujuan prarancangan pabrik pembuatan metil klorida maka manfaat dari prarancangan pabrik metil klorida yang akan diperoleh adalah sebagai berikut:

Untuk memenuhi kebutuhan metil klorida di Indonesia.

Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran.

Mahasiswa lebih memahami dan berhadapan langsung dengan permasalahan yang akan dihadapi di masa depan untuk mewujudkan ilmu yang telah dipelajari selama perkuliahan.

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik metil klorida ini, penyusun membatasi hanya pada flowsheet (*steady state*) pabrik metil klorida, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, P&ID, Aspen Hysys, dan Autodesk Plant 3D.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

1.6.1 Kebutuhan Metil Klorida Dalam Negeri

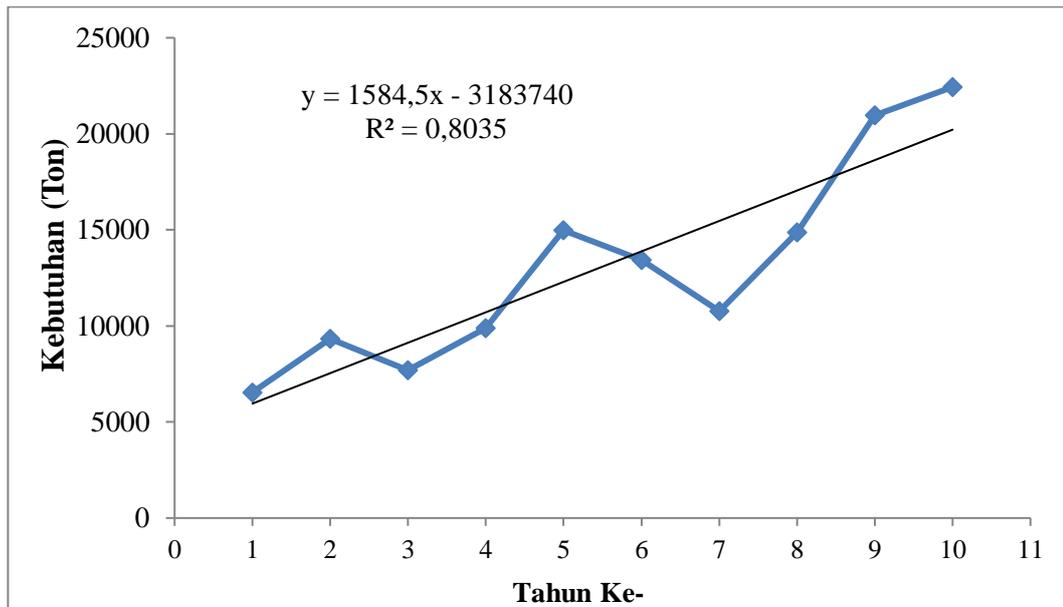
Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimal *output* yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik yang didirikan harus mempunyai kapasitas produksi yang optimal yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba maksimal dengan biaya yang minimal. Penentuan kapasitas produksi akan ditentukan berdasarkan kebutuhan dalam negeri dan luar negeri. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan akan metil klorida dari tahun 2013-2022 seperti terlihat pada Tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1. 1 Kebutuhan Metil Klorida Di Indonesia

Tahun Ke-	Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
1	2013	6.543
2	2014	9.328
3	2015	7.692
4	2016	9.876
5	2017	14.971
6	2018	13.417
7	2019	10.778
8	2020	14.869
9	2021	20.954
10	2022	22.435

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas impor metil klorida hamper keseluruhan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Oleh karena itu direncanakan pembangunan pabrik metil kloridadi Indonesia guna memenuhi kebutuhan dalam negeri serta diharapkan Indonesia menjadi negara pengekspor metil klorida. Maka dari itu untuk mengurangi ketergantungan impor, pembuatan pabrik metil klorida di Indonesia semestinya di perhitungkan.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Metil Klorida di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 1584,5x - 3183740$ dengan $R^2 = 0,8035$. Kebutuhan metil klorida di Indonesia pada dasarnya mengalami kenaikan tiap tahunnya sesuai dengan persamaan garis lurus: $1584,5x - 3183740$ dimana y adalah kebutuhan metil klorida pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan dihirung. Kebutuhan impor metil klorida di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebagai berikut:

$$y = 1584,5x - 3183740$$

$$y = 1584,5 (2027) - 3183740$$

$$y = 28.042$$

Sehingga kebutuhan impor metil klorida di Indonesia pada tahun 2027 diperkirakan 28.042 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan impor pada tahun 2025 sampai 2027 menggunakan cara ekstrapolasi juga dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Prediksi Data Kebutuhan Metil Klorida dalam Negeri

Tahun Ke -	Tahun	Prediksi Impor (Ton)
11	2025	24.873
12	2026	26.457
13	2027	28.042

(Sumber: Data Esktrapolasi, 2024)

1.6.1 Kebutuhan Metil Klorida Luar Negeri

Berdasarkan data dari Statista.com, kebutuhan akan metil klorida di luar negeri banyak dibutuhkan terutama di benua Eropa tepatnya di Negara Perancis dan United Kingdom (UK) karena merupakan bahan baku pembuatan silikon, seperti terlihat pada Tabel 1.3 dibawah ini.

Tabel 1. 3 Kebutuhan Metil Klorida di Perancis

Tahun Ke -	Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton/Tahun)
1	2013	12.330
2	2014	12.999
3	2015	12.924
4	2016	18.386
5	2017	20.168
6	2018	20.911
7	2019	20.582
8	2020	22.167
9	2021	24.791
10	2022	26.274

(Sumber: Statista.com, 2024)

Sedangkan kebutuhan pada negara United Kingdom (UK) dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1. 4 Kebutuhan Metil Klorida di United Kingdom

Tahun Ke -	Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton/Tahun)
1	2013	25.138
2	2014	23.644
3	2015	25.180
4	2016	28.488
5	2017	30.478
6	2018	35.380
7	2019	36.890
8	2020	31.883
9	2021	30.702
10	2022	30.067

(Sumber: Statista.com, 2024)

Kebutuhan metil klorida di dalam negeri untuk tahun 2027 dapat diperkirakan dengan cara ekstrapolasi seperti pada hasil diatas yaitu 28.042 Ton/Tahun. Untuk

membantu memenuhi kebutuhan metil klorida dalam negeri dan luar negeri, maka diambil kapasitas 60.000 ton/tahun, dimana untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia sebesar 11% untuk negara United Kingdom (UK) sebesar 44% dan untuk negara Perancis sebesar 45%. Hal ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara juga kebutuhan pasar akan produk metil klorida yang semakin meningkat. Dengan prediksi kebutuhan metil klorida, maka dalam prarancangan pabrik ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

Dapat mencukupi kebutuhan metil klorida dalam negeri

Dapat membuka kesempatan berdirinya industri-industri baru dengan menggunakan bahan baku metil klorida.

Ketersediaan bahan baku dalam negeri yang mencukupi untuk pendirian pabrik metil klorida.

Menghemat devisa negara dengan mengurangi impor sekaligus menambah devisa dengan melakukan ekspor ke luar negeri

Berikut ini merupakan perusahaan-perusahaan yang memproduksi metil klorida di dunia, sebagai berikut :

Tabel 1. 5 Data Pabrik dan Kapasitas Produksi Metil Klorida di luar Negeri

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
1	Dow Chemical Freeport, Texas	85.000
2	Dow Chemical, Flaquemine, Los Angeles	260.000
3	Dow Corning, 4Carrollton, Kentucky	450.000
4	Dow Corning, Midland, Michigan	200.000
5	Vulcan Chemical, Geismar, Los Angeles	170.000

(Sumber : Allstarts BPS RI).

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan metil klorida secara komersial yang dikembangkan saat ini adalah:

Proses Hidroklorinasi Metanol

1.7.1.1 Dasar Teori Proses Hidroklorinasi Metanol

Proses hidroklorinasi adalah suatu proses dengan atom halogen yang berasal dari asam klorida bergabung dengan suatu senyawa organik. Proses hidroklorinasi dengan reaksi substitusi terjadi pada pembuatan metil klorida. Reaksi hidroklorinasi metanol dengan metil klorida sebagai produk utama dengan sejumlah kecil dimetil eter sebagai produk samping. Reaksi hidroklorinasi biasanya dapat dibuat dalam fasa liquid dan fasa gas. Hidrogen klorida adalah faktor yang menentukan dalam memilih rute yang terbaik untuk memproduksi metil klorida. Proses hidroklorinasi metanol menggunakan HCl *anhydrous* atau *aqueous hydrochloric* (Thyagarajan, M.S., et al, 1996).

1. Fasa Cair

Pembuatan metil klorida dengan bahan baku metanol dan asam klorida menghasilkan metil klorida sebagai produk utama dan asam klorida encer sebagai produk samping. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan metanol dengan asam klorida suhu 70°C hingga 160°C dan tekanan 0,9-9,8 atm dengan katalis *zinc chloride* atau dengan tidak menggunakan katalis sama sekali dan konversi pada reaksi ini adalah 95% (Kirk Othmer, 1997).

Metanol dan asam klorida diuapkan melalui penukar panas sebelum pencampuran untuk umpan masuk reaktor. Gas-gas yang sudah mengalami pemanasan akan dialirkan menuju reaktor multi-tubular ((Kirk Othmer, 1997)).

Produk keluar reaktor terdiri dari metil klorida (CH₃Cl) dan air (H₂O). Lalu dipisahkan untuk mendapatkan metil klorida dan menghasilkan produk samping berupa air. Pada proses ini konversi yang dapat mencapai 95%.

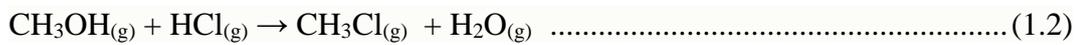
Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:



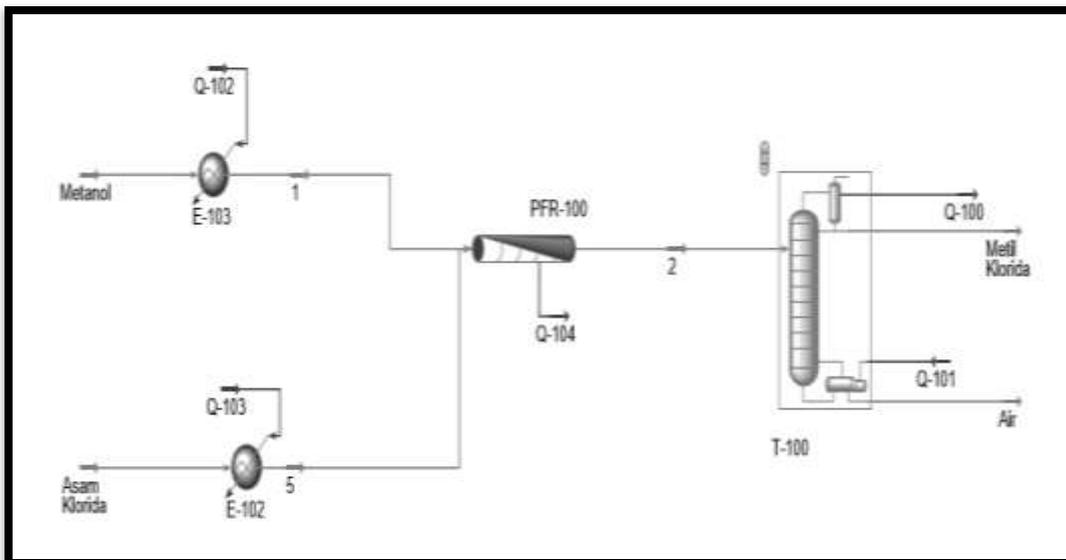
2. Fasa Gas

Proses hidroklorinasi fase gas, metil klorida dihasilkan oleh reaksi antara CH₃OH dan HCl dengan bantuan katalis. Metanol dan HCl dipanaskan dan diumpukan ke dalam reaktor batch jenis *fixed bed multitube* pada suhu 300-390°C dan tekanan 1,8 atm. Konversi yang diperoleh cukup tinggi yaitu : 90-95% *methanol* menjadi metil

klorida, dengan menggunakan katalis alumina gel. Reaksi didalam reaktor bersifat eksotermis, sehingga untuk mengontrol temperatur diperlukan *dowtherm A* sebagai media pendingin (Thyagarajan, M.S., et all, 1966). Adapun reaksi pada proses fasa gas:



Produk keluar reaktor terdiri dari metil klorida (CH_3Cl) dan air (H_2O). Lalu dipisahkan untuk mendapatkan metil klorida dengan kemurnian yang diinginkan dan menghasilkan produk samping berupa air. Adapun *flowsheet* metil klorida dengan proses hidroklorinasi metanol dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1. 2 *Flowsheet* Metil Klorida Dengan Proses Hidroklorinasi Metanol Yang Dibuat Ulang Menggunakan Hysys

(Sumber: Kirk Othmer, 1997)

1.7.2 Proses Klorinasi Metana

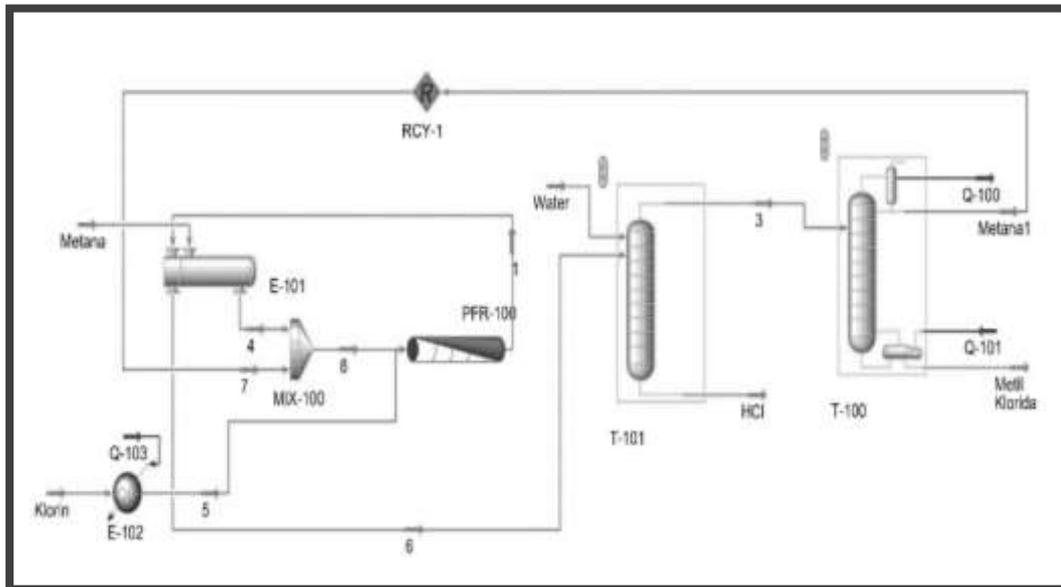
1.7.2.1 Dasar Teori Klorinasi Metana

Pada proses klorinasi metana, metil klorida bukan merupakan produk tunggal karena terbentuk produk lain seperti asam klorida. Pada proses ini terjadi reaksi yang terjadi seperti berikut



Pada klorinasi metana digunakan klorin dan metana sebagai bahan baku dalam fasa gas. Reaksi berjalan secara eksotermis dengan suhu reaksi 200-450°C dan tekanan 3 atm sehingga sangat diperlukan pegontrolan suhu (Kirk Othmer, 1997).

Proses klorinasi ini didasarkan pada reaksi klorinasi metana dengan bantuan katalis alumina gel dan menghasilkan konversi pada proses klorinasi metana yaitu sekitar 95-98% (M.C.Boswell,1997). Adapun reaktor yang digunakan adalah *plug flow multi tube* katalitik. Adapun flowsheet metil klorida dengan proses klorinasi metana dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1. 3 Flowsheet Metil Klorida dengan Proses Klorinasi Metana Yang Dibuat Ulang Menggunakan Hysys

1.8 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan antara proses klorinasi metana dan hidroklorinasi metanol dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1. 6 Macam-macam Proses yang Digunakan

Formula	Jenis Proses		
	Hidroklorinasi Metanol		Klorinasi Metana
	Fasa Cair	Fasa Gas	
Bahan Baku	Metanol & HCl	Metanol & HCl	Metana & Klorin
Katalis	zinc chloride	alumina gel	alumina gel
Tekanan (atm)	0,9-9,8	1,8	3-4
Suhu (°C)	70-160	300-390	200-450
Konversi (%)	95	90-95	95-98
Kelebihan	Tekanan proses rendah		Bahan baku murah

	Suhu proses rendah		Produk samping bernilai ekonomi
Kekurangan	Bahan baku mahal Menghasilkan produk samping air		Tekanan proses tinggi Suhu proses tinggi
Produk Utama	Metil Klorida	Metil Klorida	Metil Klorida
Produk samping	Air	Air	Asam Klorida

(Sumber: Kirk Othmer, 1997)

Dengan melihat kedua macam proses diatas maka dalam prarancangan pabrik metil klorida dipilih proses klorinasi metana dengan pertimbangan sebagai berikut :

Bahan lebih murah

Produk samping mempunyai nilai ekonomi

Menghasilkan limbah yang lebih sedikit.

1.9 Lokasi Pabrik

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 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. Pabrik etilen ini direncanakan berdiri di daerah kawasan industri Cilegon, Jalan Gunung Sugih, Kecamatan Cilegon, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.

1.9.3 Tenaga Kerja

Pemilihan lokasi pendirian pabrik harus mendatangkan keuntungan bagi pabrik tersebut kedepannya sehingga pabrik yang didirikan memiliki profit yang menjanjikan dan dapat mencerminkan kesejahteraan karyawannya. Keuntungan yang besar dari suatu pabrik berarti tingkat penghasilan, asuransi, dan fasilitas yang baik bagi tenaga kerjanya, sehingga pabrik tidak kesulitan dalam menyerap tenaga kerja yang berkualitas. Tenaga kerja untuk pabrik ini dapat direkrut dari masyarakat dan tenaga ahli yang berasal dari daerah sekitar pabrik dan luar daerah. Tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik.

1.9.4 Transportasi

Fasilitas transportasi pada kawasan yang dipilih sebagai tempat pendirian pabrik memiliki pengaruh yang cukup besar pada perekonomian pabrik, diantaranya adalah berpengaruh terhadap pengiriman bahan baku, serta pendistribusian produk. Untuk mempermudah transportasi bahan baku, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan maka lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan – kendaraan besar, Kawasan industri cilegon tersebut dekat dengan jalur darat berupa jalan Brigadir Jenderal Katamsa yang merupakan jalan utama daerah tersebut sehingga baik dari segi transportasi.

1.9.5 Keadaan lingkungan

Lokasi pendirian pabrik yang dipilih merupakan kawasan industri. Dengan adanya kebijakan pemerintah tersebut, pendirian pabrik di kawasan ini tidak akan menimbulkan masalah lingkungan karena dari segi pembuangan limbah dan sampah telah dipertimbangkan.

1.10 Uraian Proses

Proses pembuatan metil klorida dengan klorinasi metana dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

Tahap persiapan bahan baku.

Tahap reaksi pembentukan metil klorida

Tahap pemurnian.

1.10.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

1. Metana

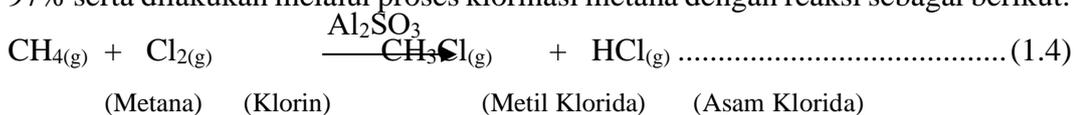
Metana yang dialirkan langsung dari PT. PNG yang berfasa gas dengan kemurnian 99% dan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm yang dialirkan menggunakan valve ke kompresor (K-202) untuk menaikkan tekanannya menjadi 3,9 atm. Setelah itu gas metana dipanaskan menggunakan *heater* (H-202) sehingga suhunya menjadi 280°C kemudian diumpankan ke reaktor.

2. Klorin

Klorin yang dialirkan langsung dari PT. Asahimas yang berfasa gas dengan kemurnian 100% pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm yang dialirkan menggunakan valve ke *heat exchanger* (HE-101) untuk memanaskan hingga 90°C lalu menaikkan tekanan dengan kompresor (K-201) menjadi 3,9 atm. Setelah itu gas klorin dipanaskan menggunakan *heater* (H-201) sehingga suhunya menjadi 280°C kemudian diumpankan ke reaktor.

1.10.2 Tahap Reaksi Pembentukan Metil Klorida

Reaksi pembentukan metil klorida dilakukan dalam reaktor jenis *plug flow multi tube*. Gas klorin yang sudah aktif di reaksikan dengan gas metana. Suhu didalam reaktor (R-301) akan naik karena reaksi bersifat eksotermis, maka untuk menjaga agar suhu tidak melebihi 390°C dialirkan pendingin keseluruhan permukaan reaktor. Hasil reaksi berupa produk utama metil klorida dan produk samping asam klorida. Reaksi klorinasi metana direaksikan dengan menggunakan katalis alumina gel yang merupakan katalis padatan. Reaksi bersifat ekotermis dan menghasilkan konversi 97% serta dilakukan melalui proses klorinasi metana dengan reaksi sebagai berikut:



1.10.3 Tahap Pemurnian Produk

Hasil keluaran reaktor berupa gas produk didinginkan menggunakan *cooler* (C-301) sehingga suhu 250 °C kemudian dinaikkan tekanan menjadi 6 atm. Kemudian didinginkan menggunakan *HE Cooler* (HE-401) sehingga suhu gas turun menjadi 267,8 °C. Kemudian gas produk didinginkan lagi di dalam *condenser* (Co-302) hingga mengubah fasa dari fasa gas menjadi campuran gas dan cairan. Kemudian

dimasukkan ke distilasi pertama (MD-401) untuk memisahkan produk utama (metil klorida) dengan impuritis. Produk utama (metil klorida) yang berfasa cair dengan kemurnian 99% disimpan pada tangki penyimpanan (V-100). Sedangkan produk atas hasil distilasi pertama (MD-401) menuju *condenser* (Co-401) untuk mengubah fasa gas menjadi campuran gas dan cairan. Kemudian menuju distilasi kedua (MD-402) untuk memisahkan asam klorida dan klorin. Hasil atas distilasi kedua (MD-402) yaitu asam klorida yang berfasa cair dengan kemurnian 96% disimpan pada tangki penyimpanan (V-101). Sedangkan hasil bawah dari distilasi kedua (MD-402) adalah klorin yang berfasa cair dengan kemurnian 99% disimpan pada tangki penyimpanan (V-103).