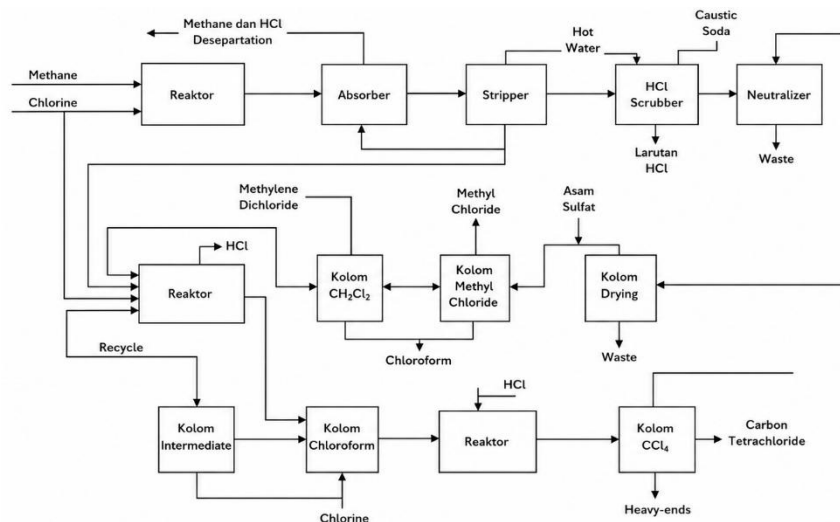


BAB II**SELEKSI DAN URAIAN PROSES****II.1 Macam – Macam Proses**

Pemilihan proses didasarkan pada metode produksi yang digunakan pada masing-masing proses. Saat ini terdapat beberapa metode yang telah dikembangkan dan digunakan secara komersial untuk menghasilkan metil klorida, di antaranya yaitu:

1. Klorinasi Metana

Gambar II. 1 Diagram Alir Pembuatan Metil Klorida dengan Proses Klorinasi

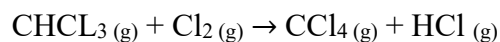
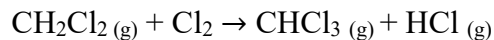
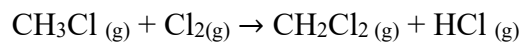
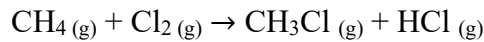
Pada proses klorinasi metana, metil klorida tidak dihasilkan sebagai satu-satunya produk. Proses ini juga menghasilkan beberapa produk samping, seperti karbon tetraklorida dan kloroform. Reaksi klorinasi metana menggunakan bahan baku klorin dan metana yang berada dalam fase gas. Reaksi berlangsung secara eksotermis pada kisaran suhu sekitar 400–500°C sehingga diperlukan pengendalian suhu yang baik agar proses tetap stabil (Kirk dan Othmer, 1997). Apabila suhu reaksi terlalu tinggi, metil klorida yang terbentuk dapat mengalami dekomposisi menjadi metilen dan HCl. Selain itu, kondisi suhu tinggi juga dapat memicu terjadinya reaksi polimerisasi yang berpotensi merusak katalis yang digunakan. Permasalahan lain yang sering muncul dalam proses ini adalah kesulitan dalam mengganti katalis yang telah mengalami deaktivasi serta



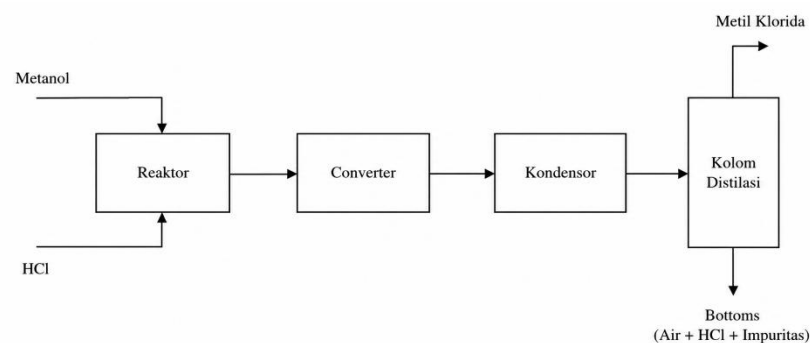
LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

kebutuhan sistem pendinginan yang memadai untuk menjaga suhu operasi tetap terkendali (McKetta dan Albright, 1979). Yields reaksi 80-85% berdasarkan metana. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

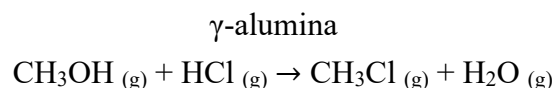


2. Hidroklorinasi Metanol



Gambar II. 2 Diagram Alir Pembuatan Metil Klorida dengan Proses Hidroklorinasi

Proses hidroklorinasi merupakan proses pembentukan metil klorida melalui reaksi antara metanol (CH_3OH) dan hidrogen klorida (HCl) dalam fase gas dengan bantuan katalis padat. Pada proses ini, metanol dan HCl diuapkan terlebih dahulu kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi sebelum diumpankan ke dalam reaktor. Reaksi berlangsung pada suhu sekitar 350°C dengan menggunakan katalis γ -alumina (gamma alumina) yang berfungsi mempercepat laju reaksi, meningkatkan konversi metanol, serta memperbaiki selektivitas pembentukan metil klorida. Kedua reaktan diumpankan dengan perbandingan molar mendekati ekimolar (1:1) sehingga reaksi berlangsung secara optimal. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi hidroklorinasi metanol yang menghasilkan metil klorida dan air sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :





LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

Produk hasil reaksi yang keluar dari reaktor masih berupa campuran gas metil klorida, air, serta sisa reaktan. Oleh karena itu, aliran produk terlebih dahulu didinginkan pada kondensor sehingga sebagian komponen dapat terkondensasi, kemudian dialirkan ke kolom distilasi untuk memisahkan metil klorida dari air dan komponen lainnya. Produk metil klorida diperoleh dari bagian atas kolom dengan kemurnian sekitar 99,8%, sedangkan air dan pengotor dikeluarkan melalui bagian bawah kolom sebagai produk dasar bottom.

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan metil klorida, dapat dilakukan perbandingan sebagai berikut:

Tabel II. 1 Pemilihan Proses

Parameter	Klorinasi	Hidroklorinasi
Bahan Baku	Metana dan Klorin	Metanol dan Asam Klorida
Fase	Gas	Gas
Kondisi Operasi	400-500°C	350°C
Katalis	Tidak selalu diperlukan	katalis γ -alumina
Produk Samping	Methylen Dichloride	Air
Aliran Proses	Sulit	Sederhana
Peralatan	Kompleks	Sederhana
Konversi	Sedang, ($\approx 80-68\%$)	Tinggi ($\approx 99,8\%$)

Berdasarkan perbandingan antara kedua proses yang telah dijelaskan, proses hidroklorinasi metanol dipilih sebagai metode yang paling sesuai. Alasan pemilihan ini adalah sebagai berikut:

- Bahan baku metanol dan HCl relatif mudah diperoleh, tersedia secara komersial, serta lebih aman dalam penyimpanan dan penanganannya dibandingkan penggunaan gas klorin.
- Reaksi berlangsung sederhana dengan hanya menghasilkan air sebagai produk samping sehingga pemisahan produk menjadi lebih mudah dan limbah yang dihasilkan relatif sedikit.



LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

- c. Proses dapat dioperasikan pada kondisi yang tidak terlalu ekstrem serta menggunakan katalis yang mampu meningkatkan laju reaksi dan konversi metanol.
- d. Konversi metanol yang sangat tinggi menyebabkan kehilangan bahan baku menjadi kecil sehingga efisiensi proses meningkat.
- e. Proses tidak menggunakan gas klorin bebas sebagai pereaksi utama sehingga risiko korosi, toksisitas, dan bahaya kebocoran lebih rendah dibandingkan proses klorinasi metana.



LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

Perhitungan Ekonomi Potensial:

Tabel II. 2 Harga Bahan Baku dan Produk Pabrik Metil Klorida

Bahan	Harga/Kg Produk (Rp)
Metanol (CH_3OH)	5.810
Asam Klorida (HCl)	4.412
Alumina	5.582
Metil Klorida (CH_3Cl)	38.300

Berdasarkan Tabel II.2 dapat dilihat bahwa harga produk metil klorida relatif lebih tinggi dibandingkan dengan harga bahan baku yang digunakan dalam proses produksinya, yaitu metanol dan asam klorida. Perbedaan harga tersebut menunjukkan bahwa proses konversi bahan baku menjadi produk metil klorida mampu memberikan nilai tambah secara ekonomi. Dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku yang memadai serta luasnya penggunaan metil klorida sebagai bahan baku dalam industri silikon, farmasi, dan bahan kimia lainnya, maka pendirian pabrik metil klorida di Indonesia memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan industri domestik maupun pasar regional. Berikut merupakan perhitungan potensial ekonomi dari proses pembuatan metil klorida:

1. Pembuatan Metil Klorida

Tabel II. 3 Data Berat Molekul Senyawa Bahan dan Produk

Senyawa	BM (g/mol)
CH_3OH	32
HCl	36,5
H_2O	18
CH_3Cl	50,5



LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

Tabel II. 4 Data Komposisi Asam Klorida

Komposisi	%Konsentrasi
HCl	33
H ₂ O	67
Total	100

Tabel II. 5 Data Komposisi Metanol

Komposisi	%Konsentrasi
CH ₃ OH	99,85
H ₂ O	0,15
Total	100

Diketahui:

Konversi = 99,8%

Basis CH₃OH = 1000 kg/jam

= 1000 kg/jam / BM CH₃OH

= 1000 kg/jam / 32 g/mol

= 31,25 kmol/jam

= 31,25 kmol/jam × 99,8%

= 31,19 kmol/jam

= 998 kg/jam

Reaksi Stokiometri:

	CH ₃ OH _(g)	+	HCl _(g)	→	CH ₃ Cl _(g)	+	H ₂ O _(g)
M	31,25		31,25		-		-
R	31,19		31,19		31,19		31,19
S	0,06		0,06		31,19		31,19



LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

Tabel II. 6 Komposisi Umpan dan Produk Metil Asetat

Mula-mula		Sisa	
CH ₃ OH	= 1000	CH ₃ Cl	= 1.574,97
HCl	= 1.140,63	H ₂ O	= 561,38
		CH ₃ OH	= 2
		HCl	= 2,28
Total	= 2.140,63	Total	= 2.140,63

2. Aspek Ekonomi

Tabel II. 7 Data Ekonomi Bahan Baku dan Produk

Komponen	Massa (kg/jam)	Harga Satuan (Rp/kg)	Harga Total (Rp)
CH ₃ OH	1000	5.810	5.810.000
HCl	1.140,63	4.412	5.032,438
CH ₃ Cl	1.574,97	38.300	60.321,303

Kebutuhan Katalis Alumina digunakan 10% dari total bahan baku.

Harga Bahan Baku = Rp10.842.438

Harga Produk = Rp60.321,303

Keuntungan = Harga produk – harga bahan baku
= Rp60.321,303 – Rp10.842.438

Keuntungan = Rp49.478.866

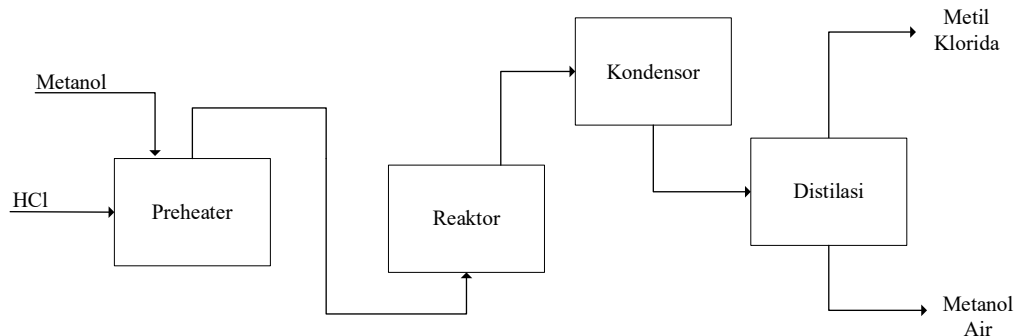
Potensi Ekonomi = Bahan Baku : Produk

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Harga Produk}}{\text{Harga Bahan Baku}} \\ &= \frac{\text{Rp } 60.321,303}{\text{Rp } 10.842.438} \\ &= 5,56 \\ &= 1 : 5,56 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan aspek ekonomi diperoleh rasio keuntungan sebesar 1 : 5,56 yang menunjukkan bahwa setiap penggunaan 1 satuan biaya bahan baku mampu menghasilkan 5,56 satuan nilai produk. Nilai rasio tersebut lebih besar dari satu, sehingga secara ekonomi proses produksi metil klorida memberikan nilai

tambah yang cukup signifikan. Dengan demikian, pendirian pabrik metil klorida dinilai layak dan berpotensi memberikan keuntungan, sehingga dapat dipertimbangkan untuk dikembangkan lebih lanjut pada tahap perancangan pabrik.

II.3 Uraian Proses



Gambar II. 3 Diagram Blok Pembuatan Metil Klorida

Berikut ini merupakan uraian proses yang terjadi pada proses pembuatan metil klorida, antara lain:

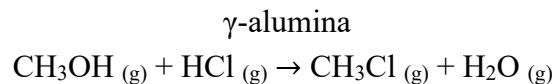
1. Persiapan Bahan Baku

Metanol disimpan di dalam Tangki Metanol (F-110), sedangkan larutan HCl 33% disimpan pada Tangki HCl (F-120). Masing-masing bahan baku kemudian dialirkan menggunakan Pompa-1 (L-111) dan Pompa-2 (L-121) menuju Vaporizer-1 (V-130) dan Vaporizer-2 (V-140) untuk diuapkan hingga mencapai suhu sekitar 150°C. Aliran HCl yang keluar dari Vaporizer-2 (V-140) selanjutnya dialirkan menuju Separator (H-150) untuk memisahkan fase cair yang masih terbawa dari aliran uap HCl. Fase uap HCl dari Separator (H-150) kemudian dialirkan menuju Compressor-2 (G-141), sedangkan fase cair dipisahkan sebagai aliran keluaran separator. Uap metanol dari Vaporizer-1 (V-130) dikompresi menggunakan Compressor-1 (G-131), sedangkan uap HCl dari Separator (H-150) dikompresi menggunakan Compressor-2 (G-141). Kedua aliran kemudian dipanaskan di dalam Heater-1 (E-132) dan Heater-2 (E-142) hingga mencapai suhu operasi 350°C. Setelah mencapai kondisi operasi yang diinginkan, kedua aliran diumpankan ke Reaktor (R-210) yang berisi katalis γ -alumina untuk berlangsungnya reaksi hidroklorinasi.



2. Proses Reaksi

Di dalam Reaktor (R-210) berlangsung reaksi antara metanol dan hidrogen klorida pada suhu 350°C dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis γ -alumina. Reaksi menghasilkan metil klorida dan air sebagai produk utama dan produk samping sesuai persamaan berikut.



Campuran produk reaksi yang masih berada dalam fase gas keluar melalui bagian atas reaktor, kemudian dikompresi menggunakan Compressor-3 (G-211) sebelum didinginkan di dalam Cooler (E-212) hingga mencapai suhu sekitar 150°C. Selanjutnya aliran dikompresi kembali menggunakan Compressor-4 (G-213) sehingga tekanannya meningkat menjadi sekitar 6 atm sebelum diumpankan ke unit pemurnian berupa Kolom Distilasi (D-310).

3. Pemurnian Produk

Campuran hasil reaksi memasuki Kolom Distilasi (D-310) melalui feed plate untuk memisahkan metil klorida dari air dan komponen lain berdasarkan perbedaan volatilitas. Cairan yang turun ke dasar kolom dialirkan menuju Reboiler (E-314), di mana sebagian cairan diuapkan kembali dan dialirkan ke kolom sebagai boil-up untuk mempertahankan proses distilasi. Sisa cairan yang tidak menguap dikeluarkan sebagai produk bawah (bottoms) yang terutama mengandung air beserta sejumlah kecil pengotor dan selanjutnya dialirkan menuju unit pengolahan limbah cair.

4. Produk Akhir dan Daur Ulang

Uap yang keluar dari bagian atas Kolom Distilasi (D-310) dialirkan menuju Kondensor (E-311) untuk dikondensasikan. Kondensat kemudian ditampung sementara di dalam Accumulator (F-312) sebelum dipompa menggunakan Pompa-3 (L-313). Sebagian kondensat dikembalikan ke kolom sebagai refluks untuk menjaga efisiensi pemisahan, sedangkan sisanya diambil sebagai produk distilat berupa metil klorida dengan kemurnian minimum 99%. Produk selanjutnya dialirkan menuju Tangki Metil Klorida (F-320) sebagai tempat



LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Metil Klorida dari Metanol dan Asam Klorida dengan Proses Hidroklorinasi Kapasitas 95.000 Ton/Tahun”

penyimpanan sebelum didistribusikan. Cairan dari dasar reboiler disirkulasikan menggunakan Pompa-4 (L-315) sesuai kebutuhan operasi kolom.