

II. DESKRIPSI PROSES

A. JENIS-JENIS PROSES

Proses pembuatan metil klorida dalam skala industri terbagi dalam dua proses, yaitu :

a. Klorinasi Metana (*Methane Chlorination*)

Reaksi klorinasi metana terjadi dalam fase gas. Reaksi ini bersifat disosiasi termal (penguraian panas) dari molekul-molekul klorin dengan energi aktivasi sebesar 20 kcal/mol.

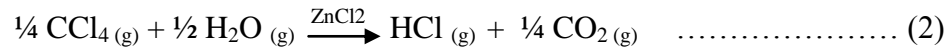


Pada proses ini, pertama campuran klorin dan metana diisikan ke dalam reaktor. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor dalam fase gas. Suhu di reaktor dijaga sampai 400 °C. Gas hasil keluaran reaktor didinginkan lalu dimasukkan ke dalam *packed tower* untuk memisahkan HCl dari campuran gas tersebut. Selanjutnya gas hasil diserap dengan *caustic liquor* untuk menyerap metil klorida, lalu dikeringkan. Kemudian didinginkan hingga mencair dan dikirim ke *storage*. Sedangkan metana yang tidak terkondensasi dikembalikan ke reaktor.

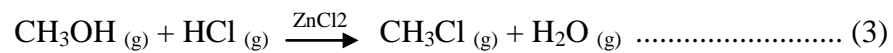
b. Hidroklorinasi Metanol (*Methanol Chlorination*)

Pada proses ini, sebelumnya dilakukan proses hidrolis karbon tetraklorida dengan

menggunakan air. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dari reaksi diatas didapatkan HCl dengan produk samping berupa gas karbon dioksida. Setelah itu metanol dan HCl direaksikan di reaktor dengan kondisi temperatur 220 °C dan tekanan 6 atm. Katalis yang digunakan adalah *zinc chloride* (ZnCl₂). Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Hasil reaksi di atas menghasilkan produk berupa metil klorida dengan produk samping berupa air. Langkah berikutnya adalah pemisahan metil klorida di separator. Metil klorida yang sudah murni, dicairkan terlebih dahulu sebelum dikirim ke *storage tank*.

B. PEMILIHAN PROSES

Berdasarkan kedua proses tersebut, maka proses pembuatan Metil Klorida berdasarkan proses hidroklorinasi metanol yang dipilih. Perbandingan untuk kedua proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Klorida

Komponen	Klorinasi Metana	Hidroklorinasi Metanol
Bahan baku	CH ₄ dan Cl ₂	HCl dan CH ₃ OH
Temperatur operasi	400 °C	220 °C
Tekanan operasi	15 – 18 atm	5 – 6 atm
Konversi	70 %	98,2 %
Kemurnian	80 %	99,3 %
Katalis	-	ZnCl ₂

Dari tabel di atas, maka dalam pra rencana pabrik pembuatan metil klorida ini dipilih proses hidroklorinasi metanol.

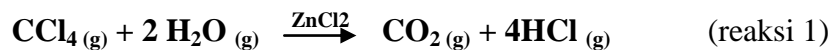
Pemilihan proses tersebut didasarkan pada :

- *Raw material* yang digunakan murah dan mudah didapat di dalam negeri, sehingga kelangsungan akan penyediaan bahan baku terjamin.
- Kondisi operasi proses yang relatif lebih rendah sehingga lebih baik dalam *safety* dan hemat energi.
- Konversi reaksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaksi lain.
- Produk yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang tinggi.

Selain itu pemilihan proses juga diperhitungkan dari nilai energi bebas Gibbs nya:

- a. Menghitung energi bebas Gibbs pada keadaan standar, $\Delta G_{R 298}$

Reaksi:



$$\Delta G_{\text{F}} \text{CCl}_4 \quad : \quad -58.280 \text{ kJ/Kmol}$$

$$\Delta G_{\text{F}} \text{H}_2\text{O} \quad : \quad -228.770 \text{ kJ/Kmol}$$

$$\Delta G_{\text{F}} \text{CO}_2 \quad : \quad -394.650 \text{ kJ/Kmol}$$

$$\Delta G_{\text{F}} \text{HCl} \quad : \quad -95.330 \text{ kJ/Kmol} \quad (\text{Sumber : Coulson, 2005})$$

$$\Delta G_{\text{R}} = \Delta G_{\text{F}} \text{produk} - \Delta G_{\text{F}} \text{reaktan}$$

$$= (\Delta G_{\text{F}} \text{CO}_2 + \Delta G_{\text{F}} \text{HCl}) - (\Delta G_{\text{F}} \text{CCl}_4 + \Delta G_{\text{F}} \text{H}_2\text{O})$$

$$= (-394.650 + (4)(-95.330)) - (-58.280 + (2)(-228.770))$$

$$= -775.970 - (-515.820) \text{ kJ/kmol}$$

$$= -260.150 \text{ kJ/kmol}$$

- b. Menghitung energi bebas Gibbs pada keadaan standar, $\Delta G_{R 298}$



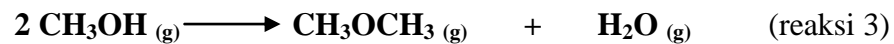
$$\Delta G_{\text{F}} \text{CH}_3\text{OH} \quad : \quad -162.620 \text{ kJ/Kmol}$$

$$\Delta G_{\text{F}} \text{HCl} \quad : \quad -95.330 \text{ kJ/Kmol}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_F \text{H}_2\text{O} & : -228.770 \text{ kJ/Kmol} \\ \Delta G_F \text{CH}_3\text{Cl} & : -62.930 \text{ kJ/Kmol} \quad (\text{Sumber : Coulson, 2005})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_R & = \Delta G_F \text{produk} - \Delta G_F \text{reaktan} \\ & = (\Delta G_F \text{CH}_3\text{Cl} + \Delta G_F \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_F \text{CH}_3\text{OH} + \Delta G_F \text{HCl}) \\ & = (-62.930 + (-228.770)) - (-162.620 + (-95.330)) \\ & = -291.700 - (-257.950) \text{ kJ/kmol} \\ & = -33.750 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

c. Menghitung panas energi bebas Gibbs keadaan standar, $\Delta G_{R 298}$



$$\begin{aligned}\Delta G_F \text{CH}_3\text{OH} & : -162.620 \text{ kJ/Kmol} \\ \Delta G_F \text{CH}_3\text{OCH}_3 & : -113.000 \text{ kJ/Kmol}\end{aligned}$$

$$\Delta G_F \text{H}_2\text{O} : -228.770 \text{ kJ/Kmol} \quad (\text{Sumber : Coulson, 2005})$$

$$\begin{aligned}\Delta G_R & = \Delta G_F \text{produk} - \Delta G_F \text{reaktan} \\ & = (\Delta G_F \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \Delta G_F \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_F \text{CH}_3\text{OH}) \\ & = (-113.000 + (-228.770)) - 2.(-162.620) \\ & = -341.770 - (-325.240) \text{ kJ/kmol} \\ & = -16.530 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Dari ketiga reaksi diatas didapatkan nilai energi bebas Gibbs yang bernilai negatif (kurang dari 0) berarti proses berjalan secara spontan sehingga energi yang dibutuhkan kecil, maka ketiga reaksi diatas dapat dikatakan layak.

C. URAIAN PROSES

Pada pabrik ini digunakan proses Hidroklorinasi Metanol untuk menghasilkan metil klorida. Secara umum, proses ini terbagi kedalam 3 langkah utama, yaitu

a) Pereaksian karbon tetraklorida dengan air (hidrolisis CCl_4)

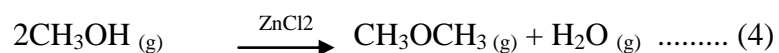
Pereaksian hidrolisis CCl_4 pada reaktor pertama dengan reaksi yang berlangsung secara eksotermis. Temperatur operasi adalah $220\text{ }^\circ\text{C}$, dengan tekanan 6 atm. Dengan reaksi yang terjadi seperti pada reaksi 2. Reaksi yang terjadi di reaktor pertama ini dibantu dengan penggunaan katalis ZnCl_2 .

b) Pemisahan gas CO_2 dari campuran gas yang keluar

Pada reaksi di reaktor pertama didapatkan produk samping berupa gas CO_2 , gas tersebut dipisahkan dari aliran produk sebelum masuk ke reaktor kedua.

c) Pereaksian HCl dengan metanol

Pereaksian campuran gas hasil reaksi dari reaktor pertama yang telah dipisahkan gas CO_2 -nya direaksikan dengan metanol dalam fase uap. Reaksi ini juga berlangsung dalam keadaan eksotermis. Temperatur operasi pada reaktor kedua ini berkisar antara $200\text{ }^\circ\text{C}$ - $220\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 6 atm. Reaksi yang terjadi adalah reaksi 3 dan reaksi produk samping adalah:



Mula-mula, umpan berupa CCl_4 dari tanki penampungan CCl_4 (TP-102) diumpankan ke *vaporizer* (V-101), sehingga fase senyawa berubah menjadi uap lalu dipanaskan di *heater* (H-101). Umpan lain berupa H_2O dari steam diumpankan ke *heater* (H-102) untuk dipanaskan. Kedua aliran umpan keluar dari masing-masing diumpankan ke dalam reaktor pertama (R-201). Reaktor (R-201) merupakan Multi Tubular Fixed Bed Reactor dengan katalis ZnCl_2 . Reaksi yang terjadi adalah eksotermis. Produk keluaran

reaktor reaktor pertama berupa campuran gas HCl dan CO₂. Produk reaktor (R-201) diumpankan ke *absorber* (AB-301) dengan menggunakan air sebagai absorben. Setelah itu gas CO₂ dipisahkan dengan HCl berdasarkan kelarutan. Produk keluaran atas *absorber* (AB-301) adalah gas CO₂. Sedangkan keluaran bawahnya berupa campuran HCl dan air. Setelah itu diumpankan ke Stripper (ST-301). Keluaran atas ST-301 adalah HCl dalam bentuk uap. Sedangkan keluaran bawah ST-301 adalah air. Keluaran atas ST-301 akan diteruskan ke *heater* (H-303), lalu sebagai umpan untuk Reaktor (R-402). Umpan metanol dari TP-101 diumpankan ke *vaporizer* (V-302) untuk diuapkan terlebih dahulu, lalu dipanaskan di *heater* (H-304). Kemudian HCl dan metanol direaksikan di reaktor kedua. Reaktor (R-402) merupakan Multi Tubular Fixed Bed Reactor dengan katalis ZnCl₂. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis. Produk keluaran reaktor kedua adalah metil klorida, dimetil eter yang dihasilkan dari penguraian tak sempurna metanol, metanol yang tak terkonversi, HCl, dan air. Produk R-402 ini didinginkan dan sekaligus menghasilkan *steam* di *waste heat boiler* (WHB-501) lalu diumpankan ke *absorber* (AB-502) untuk menyerap HCl dengan perbedaan kelarutan. Keluaran atas AB-502 adalah uap metil klorida dan sedikit dimetil eter. Produk AB-502 ini akan didinginkan di Chiler (CH-501), lalu disimpan di TP-504. Dalam handling produk yang berbentuk liquid ini, digunakan *refrigerant* amonia yang berguna sebagai *freezing agent* dan membuat produk metil klorida tetap dalam fase liquid. Keluaran bawah AB-502 adalah campuran HCl, air, dan metanol akan diteruskan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Blok digram dijelaskan pada gambar 2.1