

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia masih melakukan impor bahan kimia untuk menambah pasokan dan pemenuhan kebutuhan masyarakat. Hal ini disebabkan belum mampunya perusahaan dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan nasional. Pengembangan dan pembangunan industri dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor dan negara lain dan untuk mencapai kemandirian nasional. Di lain sisi, pengembangan industri kimia dilakukan untuk mencapai tujuan pembangunan nasional, yaitu mewujudkan masyarakat yang adil dan makmur. Berbagai regulasi dan payung hukum turut dihadirkan untuk menjamin keberlangsungan industri di Indonesia.

Inovasi dan teknologi industri terus mengalami perkembangan. Pengembangan industri dilakukan secara terpadu serta bertahap melalui keterkaitan berbagai sektor, salah satunya ekonomi. Dewasa ini semakin banyak produk industri yang dihasilkan dari industri petrokimia, salah satunya adalah *vinyl chloride monomer* (VCM). Pertumbuhan dan perkembangan industri *vinyl chloride monomer* sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan resin plastik *vinyl chloride monomer*.

Industri *vinyl chloride monomer* dalam negeri dipenuhi oleh PT Asahimas Chemical dan PT Sulfindo Adi Usaha dengan kapasitas yang belum mampu memenuhi kebutuhan nasional. Sebagai bahan baku utama pembuatan *polyvinyl*

chloride, kebutuhan *vinyl chloride monomer* masih dipenuhi dengan impor dari Jepang, Taiwan, dan Thailand.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Penemuan *vinil klorida* pertama kali terjadi tahun 1835 oleh Justus von Liebig dan Henri Victor Regnault dengan memperlakukan *ethylene dichloride* (EDC) pada larutan kalium hidroksida dalam etanol. Proses pembuatan *vinyl chloride* kemudian dimodifikasi oleh Biltz pada tahun 1902 dengan menggunakan proses *thermal cracking* terhadap *ethylene dichloride* (EDC). Pada tahun 1912, Frans, ahli kimia Jerman yang bekerja untuk Greisheim-Elektron berhasil mematenkan alat produksi *vinyl chloride*. Proses produksi *vinyl chloride* menggunakan bahan baku asetilen dan hydrogen klorida pada katalis HgCl_2 .

Kemunculan industri produksi *vinyl chloride* dimulai pada tahun 1930 menggunakan proses hidroklorinasi katalitik terhadap asetilen. Proses yang digunakan masih membutuhkan biaya yang besar dan memiliki proses yang rumit. Produksi skala besar terhadap *vinyl chloride* terjadi pada tahun 1984 dengan kapasitas 12.000 dan 15.000 ton.

Pada awalnya, *vinyl chloride monomer* (VCM) merupakan produk samping dari proses sintesis etilen oksida dan etil klorida. Pengembangan *vinyl chloride monomer* (VCM) sebagai salah satu produk petroleum dimulai setelah Perang Dunia II, tahun 1970. *Vinyl chloride monomer* (VCM) mulai banyak digunakan sebagai bahan baku industri plastik *polivynil chloride* (PVC) yaitu sebesar 85%, sedangkan sisanya digunakan untuk pelarut pada industri *anti-knocking agent* (Kirk dan Othmer, 1998).

Dewasa ini, perkembangan industri *vinyl chloride monomer* semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan kebutuhan *vinyl chloride monomer* sebagai bahan baku utama pada industri pembuatan *polivynil chloride*. Beberapa perusahaan yang telah memproduksi *vinyl chloride monomer* secara komersial dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Kapasitas Pabrik VCM di Dunia

Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
Novacke Chemicke Zavody, Slovakia	64.000
Plastkard, Rusia	80.000
Formosa, Taiwan	390.000
LG Chem, Korea Selatan	750.000
Tosoh, Jepang	1.200.000

(Sumber: ICIS, 2021)

1.3. Proses Pembuatan

Proses pembuatan *vinyl chloride monomer* (VCM) dapat dibedakan menjadi 4 jenis berdasarkan bahan baku yang digunakan. Proses-proses tersebut yaitu pirolisis *ethylene dichloride* (EDC), hidroklorinasi 1,1,2 trikloroetana, reaksi asetilen dan asam klorida, serta reaksi metil klorida dan metilen klorida.

1.3.1. Pirolisis *Ethylene Dichloride* (EDC)

Proses pirolisis *ethylene dichloride* atau EDC merupakan proses perengkahan EDC untuk membentuk *vinyl chloride monomer* (VCM) yang berlangsung pada temperatur 250--550 °C dan tekanan 3--30 atm. Proses ini dapat berupa *thermal pyrolysis* (tanpa penggunaan katalis) atau *catalytic pyrolysis* (dengan penggunaan katalis). Proses pirolisis terhadap EDC menghasilkan produk samping HCl, sesuai dengan reaksi berikut:



Reaksi pirolisis EDC dapat berlangsung pada reaktor *long tubular coil* yang terdapat di dalam *furnace*. Pada temperatur di atas 500°C reaksi berlangsung cepat, tetapi menghasilkan *coke* yang akan mengganggu reaksi. Sedangkan pada temperatur di bawah 500°C tidak membentuk *coke* tetapi reaksi yang terjadi berlangsung lambat. Proses reaksi yang berlangsung endotermis atau membutuhkan panas menyebabkan lambatnya jalan reaksi pada temperatur di bawah 500°C, tetapi hal ini dapat diatasi dengan penggunaan katalis seperti CuCl₂ atau *nitromethane chloroform* (Dimian dan Bildea, 2008).

1.3.2. Hidroklorinasi 1,1,2 Trikloroetana

1,1,2 trikloroetana (TCEA) merupakan produk limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan *ethylene dichloride* (EDC). Proses pembentukan *vinyl chloride monomer* (VCM) dari 1,1,2 trikloroetana berlangsung dengan penambahan H₂ selama 2 jam pada reaktor *fixed bed* dan temperatur 300°C. Perbandingan TCEA terhadap H₂ yang digunakan adalah 10:1 agar terjadi peningkatan laju reaksi. Proses ini berlangsung dengan penggunaan katalis Ni-Cu/SiO₂ pada waktu tinggal 2 jam dan konversi 95%.

1.3.3. Reaksi Asetilen dan Asam Klorida

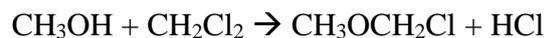
Vinyl chloride monomer pertama kali dibuat dengan mereaksikan asetilen (C₂H₂) dengan asam klorida (HCl). Proses ini berlangsung dengan katalis HgCl₂ dan karbon aktif. Asetilen yang akan digunakan dikeringkan terlebih dahulu dan dilewatkan pada karbon aktif untuk mengurangi pengotor seperti sulfida. Reaksi yang terjadi pada reaktor adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis atau menghasilkan panas pada temperatur 90--140 °C dan tekanan 1,5--1,6 atm. Reaktor yang digunakan adalah *fixed bed reactor* dengan katalis yang diletakkan pada pipa-pipa. Proses ini menghasilkan konversi reaktan 80--85%.

1.3.4. Reaksi Metil Klorida dan Metilen Klorida

Reaksi pembentukan *vinyl chloride monomer* melalui reaksi metil klorida (CH_3Cl) dan metilen klorida (CH_2CHCl) berlangsung pada fasa uap. Reaksi ini berlangsung pada temperatur 300--500 °C dan tekanan 1--10 atm dengan menggunakan katalis alumunium gel, gamma alumina, *zinc chloride*, zeolite, atau silicone alumunium phosporus. Proses ini membutuhkan 1 mol metil klorida dan 1 mol metilen klorida untuk membentuk 1 mol *vinyl chloride monomer* dan 2 mol asam klorida, melalui reaksi sebagai berikut:



1.4. Sifat Fisik dan Sifat Kimia

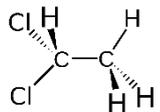
1.4.1. Bahan Baku

Ethylene Dichloride ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$)

a. Sifat Fisik

Sifat fisik bahan baku *ethylene dichloride* dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2. Sifat Fisik *Ethylene Dichloride* (EDC)

Parameter	Spesifikasi
Rumus kimia	$C_2H_4Cl_2$ 
Berat molekul	98,97 g/mol
Wujud	Cair (1 atm, 30°C)
Warna	Tidak Berwarna
Bau	Aromatik, seperti kloroform
Titik didih (101,3 kPa)	83,5 °C (356,5 K)
Titik leleh (101,3 kPa)	-35,3 °C (237,7 K)
Temperatur kritis	290 °C (563 K)
Tekanan kritis	5.360 kPa
Densitas (20°C)	1,253 g/cm ³
Viskositas (20°C)	0,84x10 ⁻³ Pa.s

(Sumber: Ullman, 1985; Yaws, 1999)

b. Sifat Kimia

• Pirolisis

Reaksi pirolisis *ethylene dichloride* (EDC) pada temperatur 250--550 °C dapat menghasilkan senyawa *vinyl chloride monomer* (VCM) dan asam klorida. Proses ini dapat berlangsung tanpa katalis atau *thermal pyrolysis* dan dengan katalis atau *catalytic pyrolysis*.

• Hidrolisis

Reaksi hidrolisis terhadap *ethylene dichloride* (EDC) berlangsung dengan pemberian air berlebih pada temperatur 60°C akan menghasilkan asam klorida (HCl).

• Oksidasi

Proses oksidasi terhadap *ethylene dichloride* (EDC) akan menghasilkan senyawa asam klorida (HCl).

(Kirk dan Othmer, 1998)

1.4.2. Katalis

Katalis Pd/C

a. Sifat Fisik

Sifat fisik katalis Pd/C dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3. Sifat Fisik Katalis Pd/C 0,8%

Parameter	Spesifikasi
Nama Katalis	Pd/C 0,8%
Rumus kimia	Pd/C
Wujud	Padat, Butiran
Luas Permukaan Spesifik	90--1400 m ² /g
Luas Permukaan Logam Area	120--200 m ² /g
<i>Surface Area Activated</i>	1300 m ² /g
Warna	Hitam
Ukuran	200 mes (74 μm)
Titik didih (101,3 kPa)	2.970 °C (3.243,15 K)
Densitas (25°C)	1,025 g/cm ³
Porositas	0,45

(Sumber: Alibaba.com)

1.4.3. Produk

1.4.4. Produk Utama

Vinyl Chloride Monomer (C₂H₃Cl)

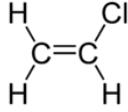
Vinyl Chloride Monomer (VCM) merupakan bahan baku utama proses pembuatan *Polyvinyl Chloride (PVC)*.

a. Sifat Fisik

Sifat fisik produk utama *vinyl chloride monomer* dapat dilihat pada Tabel

1.4.

Tabel 1. 4. Sifat Fisik *Vinyl Chloride Monomer (VCM)*

Parameter	Spesifikasi
Rumus kimia	C ₂ H ₃ Cl 
Berat molekul	62,50 g/mol
Wujud	Cair (1 atm, 30°C)
Warna	Tidak Berwarna
Bau	Aromatik
Titik didih (101,3 kPa)	-13 °C (260,15 K)
Titik beku (101,3 kPa)	-154 °C (119,15 K)
Temperatur kritis	156,35 °C (429,5 K)
Tekanan kritis	55,2 atm (5.593,14 kPa)
Densitas (20°C)	0,911 g/cm ³
Viskositas (20°C)	0,0107 cP

(Sumber: Ullman, 1985; Yaws, 1999)

b. Sifat Kimia

- Tahan terhadap reaksi perengkahan atau reaksi hidrolisis;
- Memiliki kelarutan pada CCl₄, eter, etil alkohol, dan pelarut organik lainnya;
- Bersifat tidak korosif pada temperatur dan tekanan atmosfer;
- Proses oksidasi terhadap VCM menghasilkan peroksida (OCH₂CHClO)_n
- Dapat mengalami adisi klorinasi;
- Dapat terdekomposisi menjadi *acetylene* pada temperature >600°C.

(Kirk dan Othmer, 1998)

1.4.5. Produk Samping

Hydrogen Chloride (HCl)

a. Sifat Fisik

Sifat fisik produk samping *hydrogen chloride* dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5. Sifat Fisik Asam Klorida (HCl)

Parameter	Spesifikasi
Rumus kimia	HCl 
Berat molekul	36,46 g/mol
Wujud	Cair (1 atm, 30°C)
Warna	Tidak Berwarna
Bau	Aromatik
Titik didih (101,3 kPa)	-85,2 °C (187,95 K)
Titik beku (101,3 kPa)	-101,13 °C (172,02 K)
Temperatur kritis	-221,65 °C (51,5 K)
Tekanan kritis	48,3 atm (4.893,99 kPa)
Densitas (20°C)	1,18 g/cm ³
Viskositas (20°C)	1,99 mPa.S

(Sumber: Ullman, 1985; Yaws, 1999)

b. Sifat Kimia

- Reaksi HCl terhadap sulfur trioksida menghasilkan asam kloro sulfur;
- Proses elektrolisis HCl menghasilkan hidrogen dan klorin.

(Kirk dan Othmer, 1998)