



**PERHITUNGAN *KNOCK OUT DRUM* PADA PRARANCANGAN  
PABRIK *VINYL CHLORIDE MONOMER* DENGAN PROSES  
*THERMAL CRACKING ETHYLENE DICHLORIDE*  
KAPASITAS 115.000 TON/TAHUN**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia**

**Oleh**

**Siti Pujianti**

**NIM. 5213416004**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Siti Pujianti

NIM : 5213416004

Program studi : Teknik Kimia

Judul : Perhitungan *Knock Out Drum* Pada Prarancangan Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* Dengan Proses *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 115.000 Ton/Tahun.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 14 Oktober 2020

Pembimbing



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.

NIP. 197309082006042001

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Perhitungan *Knock Out Drum* Pada Prarancangan Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* Dengan Proses *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 115.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan di depan sidang skripsi Panitia Ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia, fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang pada tanggal 22 Oktober 2020.

Oleh

Nama : Siti Pujianti  
NIM : 5213416004  
Program studi : S-1 Teknik Kimia

Panitia

Ketua Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik



Dr. Dewi Selvia Fardyanti, S.T., M.T  
NIP. 197103161999032002

Sekretaris Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik



Dr. Megawati, S.T., M.T  
NIP. 197211062006042001

Penguji 1



Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T  
NIP. 198711192014042002

Penguji 2



Ria Wulansarie, S.T., M.T  
NIP. 199001272015042001

Pembimbing



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T  
NIP. 197309082006042001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.  
NIP. 196911301994031001

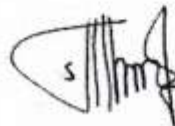
## PERSYARATAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana, Magister, dan/atau Doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri. Tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah diyulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicatumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik ataupun sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini

Semarang, 13 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,



Siti Pujianti

NIM. 5213416004

## **MOTTO**

*“Yakin adalah kunci jawaban dari segala permasalahan.  
Dengan bermodal yakin dapat menumbuhkan semangat hidup kita”*

## **PERSEMBAHAN**

1. Perkembangan ilmu dan pengetahuan teknologi Bangsa dan Negara Indonesia.
2. Bapak, Ibu, Kakak, Adik dan seluruh keluarga tercinta.
3. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2016.
5. Almamater Universitas Negeri Semarang.

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “Prarancangan Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* dengan Proses *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 115.000 Ton/Tahun”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya serta penuh kesabaran memberi bimbingan, dukungan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
5. Radenrara Dewi Artanti Putri, S.T., M.T., dan Ria Wulansarie, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberi dukungan materi, do'a dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
7. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2016 serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, guna menjadikan Skripsi ini lebih baik.

Semarang, 13 Oktober 2020

Penulis

## ABSTRAK

**Pujianti, Siti. 2020. Perhitungan *Knock Out Drum* Pada Prarancangan Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* Dengan Proses *Thermal Cracking Ethylene Dichloride* Kapasitas 115.000 Ton/Tahun. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.  
Pembimbing : Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.**

*Vinyl chloride monomer* (VCM) dibuat dengan proses *thermal cracking Ethylene Dichloride* (EDC). Pembentukan VCM berlangsung pada suhu 500 °C dan tekanan 17 atm serta dipertahankan konversi sebesar 56%. Reaksi ini berjalan secara endotermis dan *irreversivle*. Proses *thermal cracking ethylene dichloride* menghasilkan dua produk yaitu *Vinyl Chloride Monomer* (produk utama) dan HCl (produk samping). Kedua produk tersebut, dipisahkan menggunakan separator. Separator yang digunakan adalah jenis *Knock Out Drum*.

*Knock Out Drum* merupakan salah alat penting yang digunakan pada pembentukan VCM karena merupakan tempat terjadinya pemisahan produk utama VCM dan produk samping HCl. *Knock Out Drum* memiliki prinsip kerja yaitu berdasarkan gaya gravitasi dengan memisahkan campuran fluida yang mempunyai 2 fase yaitu fase gas dan fase cair. Fluida berfase cair memiliki berat jenis lebih besar sehingga fluida akan jatuh ke bawah, sedangkan fluida berfase gas memiliki berat jenis lebih kecil sehingga fluida akan bergerak ke atas. Dimensi dari *Knock Out Drum* yaitu, diameter 2,073 m; tinggi vessel 6,221 m; tebal vessel (ts) 0,875 in; tinggi head (ah) 0,008 m; tebal tutup (th) 1,625 in; dan tinggi total 7,260 m. Tipe *Knock Out Drum* yang digunakan adalah *Vertical Knock Out Drum*. Bahan perancangan *Knock Out Drum* adalah *Stainless Stell SA 240 Grade C*.

**Kata kunci** : *Vinyl Chloride Monomer*, separator, *Knock Out Drum*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERSYARATAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Ethylene Dichloride</i> (EDC) .....	5
2.2 <i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM) .....	6
2.3 Asam Klorida (HCl) .....	8
2.4 Macam-Macam Proses Pembentukan <i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM) .....	9
2. <i>Thermal Cracking Ethylene Dichloride</i> (EDC) .....	11
2.3 <i>Knock Out Drum</i> (KO-Drum) .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.3 Prosedur Kerja.....	15
BAB IV PEMBAHASAN.....	16
4. 1. Menghitung Neraca Massa Pada <i>Knock Out Drum</i> .....	16

4. 2. Menentukan Bahan Konstruksi .....	18
4. 3. Menentukan Spesifikasi <i>Knock Out Drum</i> .....	19
BAB V PENUTUP .....	28
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran .....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor VCM di Indonesia.....	2
Tabel 1. 2 Pabrik Penyedia Bahan Baku EDC di Indonesia .....	3
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Neraca Massa pada Knock Out Drum.....	18
Tabel 4. 2 Komposisi Knock Out Drum (KO-01).....	19
Tabel 4. 3 Data Densitas .....	20
Tabel 4. 4 Densitas Bottom Masing-Masing Komponen.....	20
Tabel 4. 5 Data $T_c$ , $P_c$ , dan $\omega$ .....	21
Tabel 4. 6 Perhitungan Densitas Top .....	22
Tabel 4. 7 Perhitungan Densitas Top .....	22

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Diagram Alir Produksi VCM dari Asetilena dan HCl .....	10
Gambar 2. 2 Diagram Alir Produksi VCM dari Cracking EDC .....	12
Gambar 2. 3 Knock Out Drum Tipe Horizontal .....	13
Gambar 2. 4 Knock Out Drum Tipe Vertikal .....	13
Gambar 4. 1 Arus Neraca Massa pada Knock Out Drum .....	16

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Peran strategis industri dalam pembangunan ekonomi nasional tercermin dari dampak kegiatan ekonomi sektor riil bidang industri dalam komponen konsumsi maupun investasi. Sektor industri berperan sebagai pemicu kegiatan ekonomi lain yang berdampak ekspansif atau meluas ke berbagai sektor jasa keteknikan, penyediaan bahan baku, transportasi, distribusi atau perdagangan, pariwisata dan sebagainya (Kementerian Perindustrian, 2018). Salah satu bidang industri yang perlu diperhatikan dan dikembangkan di negara Indonesia adalah industri kimia. Hal ini dikarenakan Indonesia masih banyak mengandalkan impor bahan-bahan kimia dari negara-negara lain dengan adanya pertumbuhan di bidang industri kimia diharapkan dapat menekan biaya-biaya produksi di dalam negeri.

Pembangunan industri kimia dilaksanakan secara terpadu serta melalui peningkatan keterkaitan antara industri dengan sektor ekonomi lainnya, terutama sektor ekonomi yang memasok bahan baku industri kimia. Salah satu bahan industri kimia yang banyak dikonsumsi oleh industri kimia dalam negeri adalah *Vinyl Chloride Monomer* (VCM). VCM merupakan bahan kimia dengan rumus  $C_2H_3Cl$  yang digunakan sebagai bahan baku untuk industri plastik *Poly Vinyl Chloride* (PVC) (Davies *et al*, 2016). Resin PVC merupakan polimer yang biasa digunakan sebagai bahan baku pipa paralon, pengganti karet, *flooring*, isolasi listrik, tank lining (pelapis tangki), serta barang-barang plastik lainnya. Sekitar 95% VCM digunakan sebagai bahan baku PVC (Kirk & Othmer, 1978) , sisanya digunakan sebagai pelarut terklorinasi (Ullman, 1985).

Kebutuhan VCM di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami fluktuatif. Saat ini kebutuhan VCM baru dapat dipenuhi dari impor negara-negara maju seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat, Perancis, dan Jerman. Sampai tahun 2018, di Indonesia hanya ada dua industri kimia yang memproduksi VCM, yaitu PT. Ashiamas Chemical dengan kapasitas 800.000 ton/tahun.

Berikut data impor VCM menurut Badan Pusat Statistik selama lima tahun terakhir disajikan pada Tabel 1.1 berikut :

Tabel 1. 1 Data Impor VCM di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2015	113.359
2016	97.196
2017	112.777
2018	144.285
2019	115.744

(Badan Pusat Statistik, 2019)

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat disimpulkan bahwa dari tahun ke tahun konsumsi VCM di Indonesia cukup besar, namun Indonesia masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan VCM meskipun di Indonesia sudah terdapat dua industri yang memproduksi VCM.

Pendirian pabrik VCM di kawasan industri Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten berdampak positif terhadap kehidupan sosial masyarakat yaitu membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat yang tinggal di kawasan tersebut serta mendukung usaha industri PVC. Pabrik VCM dapat menjadi suplai bahan VCM yang dijadikan sebagai bahan pembuatan resin PVC untuk menghasilkan produk polimer seperti plastik, pipa paralon, dan lain sebagainya. Pendirian pabrik VCM di Indonesia juga akan membantu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor dari negara lain, membuka lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi pengangguran, dan tidak menutup kemungkinan diekspor untuk menambah devisa negara.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan VCM adalah *ethylene dichloride* (EDC) disuplai dari industri dalam negeri. Berikut industri di Indonesia yang memproduksi EDC disajikan pada Tabel 1.2 berikut :

Tabel 1. 2 Pabrik Penyedia Bahan Baku EDC di Indonesia

Produsen EDC	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Asahimas Chemical <sup>a</sup>	Cilegon	644.000
PT. Sulfindo Adiusaha <sup>b</sup>	Serang	380.000

(Sumber : <sup>a</sup>PT. Asahimas Chemical, 2019; <sup>b</sup>PT Sulfindo Adiusaha, 2019)

Pembuatan VCM dilakukan dengan proses *thermal cracking* EDC atau proses perengkahan EDC. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu VCM (produk utama) dan HCl (produk samping). Kedua produk tersebut dipisahkan menggunakan separator jenis *knock out drum*. *Knock out drum* merupakan salah satu jenis separator yang mampu memisahkan campuran berfase cair dan fase gas berdasarkan perbedaan tekanan uap, dimana VCM berada pada kondisi fase cair sedangkan HCl berada pada kondisi fase gas. Produk berfase cair akan terpisah ke bawah sedangkan produk berfase gas akan terpisah keatas.

Perancangan *knock out drum* dapat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui spesifikasi alat pemisah (*separator*) yang digunakan untuk memisahkan VCM dan HCl pada perancangan pabrik VCM.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan VCM yang semakin meningkat, namun tidak diimbangi dengan produksi dalam negeri.
2. Pendirian pabrik VCM di kawasan industri KIIEC dapat mengurangi impor VCM dan memenuhi kebutuhan VCM di Indonesia.
3. Perancangan alat *knock out drum* perlu dilakukan untuk mendapat spesifikasi yang ideal untuk pemisahan VCM dan HCl.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam. Batasan masalah pada penelitian ini, meliputi :

1. Perancangan pabrik VCM di Indonesia perlu dilakukan karena kebutuhan dalam negeri masih diperuhi dengan cara impor.
2. Perancangan alat *knock out drum* perlu dilakukan untuk mendapat spesifikasi yang ideal untuk pemisahan VCM dan HCl.

### 1.4 Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang yang telah diuraikan yaitu :

1. Bagaimana cara menentukan bahan konstruksi *knock out drum* yang sesuai pada proses pemisahan VCM dan HCl?
2. Bagaimana cara menentukan rancangan *knock out drum* yang ideal pada proses pemisahan VCM dan HCl?

### 1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bahan konstruksi yang tepat untuk alat pemisah *knock out drum* pada proses pemisahan VCM dan HCl.
2. Mengetahui rancangan alat *knock out drum* pada proses pemisahan VCM dan HCl.

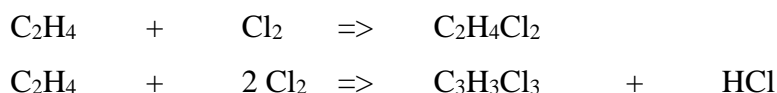


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Ethylene Dichloride* (EDC)

*Ethylene dichloride* atau *1,2-dichloroethane* mempunyai rumus kimia  $C_2H_4Cl_2$  yang merupakan cairan tidak berwarna, bau menyerupai *cloroform*, beraroma manis, sedikit larut dalam air dan larut dalam alkali, asam atau larutan kimia yang bersifat reaktif. *Ethylene dichloride* dapat diproduksi menggunakan proses klorin (klorinasi langsung) atau hidrogen klorida (*oxychlorination*). Bahan baku pembentukan *ethylene dichloride* berasal dari reaksi etilen dan klorin. Selain terbentuk senyawa *ethylene dichloride*, reaksi ini juga membentuk reaksi samping seperti *ethane* (TCE) dan asam klorida (HCl). Berikut adalah reaksi pembentukan *ethylene dichloride* :

Reaksi fase gas :



Konversi total *chlorine* hampir sempurna dimana sekitar 5% membentuk produk samping TCE. Suhu reaksi bisa naik ekstrim sehingga diperlukan pendingin yang efektif sehingga suhu tidak tiba-tiba naik tinggi terutama pada konversi awal. Hal ini dikarenakan umpan *ethylene* dan *chlorine* bersifat equimolar, jika umpan *ethylene* dibuat *excess* maka suhu reaksi lebih dikontrol. Kondisi tekanan operasi adalah atmosferik dengan suhu sekitar 50-175 °C.

Dalam industri, EDC dapat digunakan sebagai :

- a. Bahan baku pembuatan vinyl chloride monomer (VCM), VCM merupakan bahan baku pembuatan *polyninyl chloride* (PVC).
- b. Bahan baku pembuatan solvent untuk minyak, lilin, dan coating remover.
- c. Bahan baku intermediet dalam pembuatan *vinylidene chloride*, *methyl chloroform*, dan *ethylene amnines*.

Berikut ini adalah sifat fisis dan kimia EDC :

**Sifat Fisis :**

- 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)
- Suhu kritis : 290 °C (563 K)
- Tekanan kritis : 5360 kPa
- Panas penguapan : 34,7 kJ/mol (298 K)
- *Flash point* : 17 °C
- *Fire point* : 413 °C (731 K)
- Densitas (20 °C) : 1,253 g/cm<sup>3</sup>
- Viskositas (20 °C) : 0,84 x 10<sup>-3</sup> Pa.s

(Ullmann, 1985)

#### **Sifat Kimia :**

- EDC stabil pada suhu kamar. EDC akan membentuk VCM pada suhu diatas 340 °C  
Reaksi :  $\text{Cl-H}_2\text{C-CH}_2\text{-Cl} \rightarrow \text{H}_2\text{C=CH-Cl} + \text{HCl}$
- Dekomposisi jangka panjang pada suhu kamar yang disebabkan oleh kelembaban dan sinar UV dapat dicegah dengan penambahan stabilisator (umumnya turunan amina)
- Proses pembakaran dengan oksigen yang kurang, pirolisis, dan proses *photooxidative* dapat merubah EDC menjadi HCl, karbon monoksida, dan *phosgene*.

(Ullmann, 1985)

## **2.2 Vinyl Chloride Monomer (VCM)**

VCM pertama kali dikomersialkan pada tahun 1930an dari reaksi asetilena dan HCl. VCM diperoleh dari katalitik hidroklorinasi asetilena, dimana hidroklorinasi asetilena banyak digunakan menjadi salah satu bahan baku

utama dalam industri kimia. Seiring dengan meningkatnya VCM, bahan baku lainnya diuji coba sebagai pengganti asetilena dikarenakan harga asetilena yang relatif mahal. Pada tahun 1950an, asetilena dapat digantikan sebagian oleh etilena dan klorin, proses ini disebut *Direct chlorination* dan ikut dikembangkan proses *thermal cracking* EDC. Pada tahun yang sama juga ditemukan proses produksi VCM yaitu *Oxychlorination* (Ullmann, 1985).

VCM adalah senyawa yang tidak berwarna serta pada suhu dan tekanan normal berwujud gas (Dry et al, 2003). VCM merupakan produk utama dari hasil proses *thermal cracking ethylene dichloride*. Produksi VCM sangat dibutuhkan dalam pembuatan PVC. Sekitar 95% VCM digunakan sebagai bahan baku polimer karena memiliki sifat tahan panas, ringan, perawatan mudah dan tahan lama. Produk PVC sangat tahan dengan pelapukan terhadap produk minyak dan radiasi ultraviolet (Dry et al, 2003). Pemanfaatan VCM sebagai bahan baku non polimer seperti pembuatan vinylidena klorida, vinil stearat, trikloroetilen, dan tetrakloroetilen (Kirk & Othmer, 1978). Sedangkan produk samping VCM yaitu asam klorida dimanfaatkan dalam produksi makanan, karet sintetis, pembuatan bahan kimia, aktivasi minyak, dan proses pembersihan logam (Kirk & Othmer, 1978).

Berikut adalah sifat fisis dan kimia dari VCM :

**Sifat Fisis :**

- Rumus kimia :  $C_2H_3Cl$
- Berat molekul : 62,5 g/mol
- Wujud : Cair (4 atm 30 °C)
- Warna : Tidak berwarna
- Titik didih (101,3 kPa) : -13,4 °C (259,6 K)
- Titik leleh (101,3 kPa) : -153,8 °C (119,2 K)
- Suhu kritis : 156,8 °C (429,8 K)
- Tekanan kritis : 5600 kPa
- Panas penguapan : 20,6 kJ/mol (259,8 K)
- *Flash point* : -78 °C

- *Fire point* : 472 C (731 K)
- Densitas (20 °C) : 0,910 g/cm<sup>3</sup>
- Viskositas (20 °C) : 0,19 x 10<sup>-3</sup> Pa.s

(Ullmann, 1985)

**Sifat Kimia :**

- Dapat terjadi polimerisasi
- Penambahan unsur klorida menghasilkan *trichloroethane*  

$$\text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl} - \text{CHCl}_2$$
- Pada temperatur diatas 450 °C terjadi dekomposisi menghasilkan asetilena dan asam klorida (HCl).

(Ullmann, 1985)

**2.3 Asam Klorida (HCl)**

Asam klorida (HCl) adalah senyawa kimia bersifat asam kuat, yang terdiri dari ikatan kimia antara atom hidrogen dan atom klorin. HCl merupakan senyawa produk samping dari pembentukan VCM dari bahan baku *ethylene dichloride*. Asam klorida digunakan secara luas dalam ribuan aplikasi industri. Larutan ini umumnya digunakan untuk pembuatan produk kimia baru. Misalnya pembuatan senyawa PAC (*Poly aluminium chloride*), *ferri chloride*, dan lain sebagainya.

Berikut adalah sifat fisis dan kimia dari asam klorida :

**Sifat Fisik :**

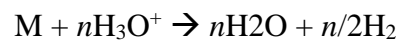
- Rumus molekul : HCl
- Berat molekul : 36,46 g/mol
- Wujud : Cair (1 atm 30 °C)
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Menyengat
- Kemurnian HCl : 33 % wt
- Titik didih : 85,05 °C
- Titik leleh : -114,22 °C
- Suhu kritis : 51,54 °C

- Tekanan kritis : 8,316 MPa
- Densitas : 1,15 g/cm<sup>3</sup>

(Kirk & Othmer, 1978)

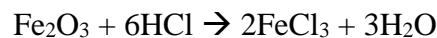
#### Sifat Kimia :

- Bereaksi dengan Senyawa Anorganik
  - Reaksi antara *metal* atau *alloy* dengan HCl. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :

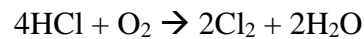


Reaksi di atas merupakan reaksi korosif yang melibatkan pelarutan logam anoda, dimana M adalah senyawa organik. Sehingga laju reaksinya bergantung pada suhu, konsentrasi asam, inhibitor, sifat permukaan oksida, dll.

- Reaksi dengan *metal oxide*, seperti logam transisi dengan HCl Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu 300 °C menghasilkan FeCl<sub>3</sub> dan air



- Reaksi *oxidizing agent*, antara HCl dan O<sub>2</sub> menghasilkan klorida dan air



- Bereaksi dengan Senyawa Organik

Reaksi organik dengan HCl. Seperti penggunaan HCl pada proses awal pembuatan VCM dengan mereaksikan asetilena dan HCl. Contoh penggunaan HCl adalah konversi lignoselulosa menjadi heksosa dan pentosa, sukrosa menjadi gula, esterifikasi asam aromatik dan pembentukan asetaminoklorobenzen menjadi kloroanilida.

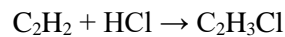
(Kirk & Othmer, 1978)

## 2.4 Macam-Macam Proses Pembentukan *Vinyl Chloride Monomer* (VCM)

### 1. Reaksi Asetilen dengan Asam Klorida

Pembuatan VCM dari asetilena yaitu dengan mereaksikan asetilena dengan HCl atau hidroklorinasi asetilena dengan bantuan katalis HgCl<sub>2</sub> (*Mercury chloride*) katalis yang diendapkan pada karbon aktif. Pada proses ini, HCl dihasilkan dari reaksi antara gas H<sub>2</sub> dan gas Cl<sub>2</sub>, sedangkan asetilena dikeringkan terlebih dahulu kemudian dilewatkan menuju endapan karbon aktif untuk

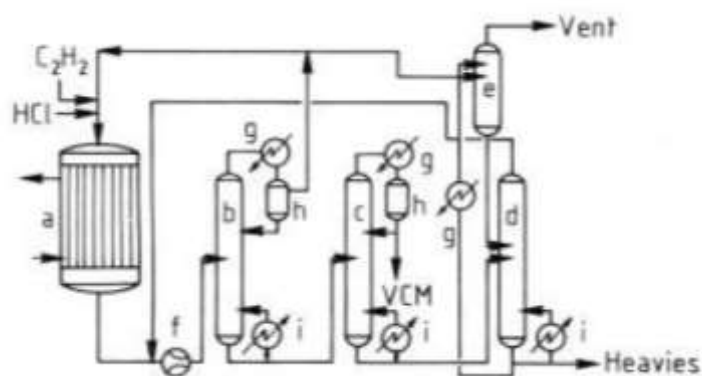
menghilangkan zat-zat yang dapat merusak katalis. Fase dalam reaktor adalah gas, sehingga bahan baku asetilena dan HCl sebelum kemudian dipanaskan. Reaktor yang dipakai pada proses ini yaitu reaktor *fixed bed* (Dry *et al.*, 2003). Reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu:



(Ullmann, 1985)

Pada proses ini reaktan gas dikontakkan dengan katalis pada tekanan 1-3 atm dan suhu 100-250 °C dengan waktu kontak 0,1-1 detik kemudian didinginkan. Produk hasil reaksi dipisahkan, sebagian di *recycle* ke reaktor dan sebagian lagi dimurnikan. Produk yang di *recycle* (HCl, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, dan C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>Cl) dicuci dengan *heavies* seperti 1,1-dichloroethane untuk mengembalikan asetilena dan VCM. Rasio umpan molar asetilena dan HCl bervariasi 1:1 sampai 1:10 tergantung banyaknya kinerja katalis dengan konversi asetilena yaitu 95%. Asetilena yang masuk pada reaktor harus bebas dari racun pada katalis seperti belerang, fosfor, dan senyawa arsenik. Hidrokarbon tidak jenuh harus diminimalkan pada umpan karena dapat menyebabkan penyumbatan dan menonaktifkan katalis setelah polimerisasi. HCl harus bebas dari klorin untuk mencegah terjadi ledakan dan tidak boleh mengandung hidrokarbon terklorinasi yang dapat mengakibatkan racun pada katalis (Ullman, 1985).

Berikut ini adalah skema produksi VCM dari asetilena dan HCl ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram Alir Produksi VCM dari Asetilena dan HCl

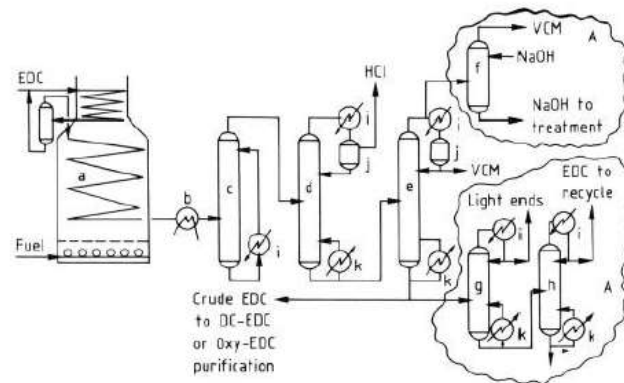
(Ullman, 1985)

## 2. *Thermal Cracking Ethylene Dichloride (EDC)*

Proses *thermal cracking* EDC merupakan reaksi endotermis yang beroperasi pada temperatur 480-550 °C dan tekanan 3-30 atm dengan konversi EDC sebesar 53-63%. Proses *thermal cracking* relatif menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi, hal ini dikarenakan dapat meningkatkan perpindahan panas, dan mempermudah pemisahan hilir karena meningkatnya titik didih. Proses ini menggunakan reaktor *plug flow* yang berada didalam *furnace*. Reaktor dibagi menjadi dua bagian yaitu *pre-heat* yang terletak pada *convection zone* dan *reaction zone* yang berada pada *reaction chamber*, bagian pertama reaktan dipanaskan hingga mencapai suhu 480-550°C sehingga laju reaksi berjalan optimum, sedangkan bagian kedua terjadi pemecahan EDC menjadi VCM. Reaksi yang terjadi pada *thermal cracking* EDC menjadi VCM dan HCl adalah sebagai berikut:



Pada proses ini terdapat beberapa impurities yang terbentuk dari hasil pirolisis EDC, sehingga diperlukan pemurnian lanjutan pada EDC sebelum proses *cracking* dilakukan. Beberapa impurities yang terbentuk seperti *methylchloride* (<60 ppm) dan *butadiene* (<100 ppm) sulit dihilangkan pada proses pemurnian VCM. Komponen lain yang tidak larut seperti *chloroprene* atau *trichloroethylene* menghasilkan residu polimer yang mengakibatkan *fouling* pada reaktor. Proses *thermal cracking* EDC juga menghasilkan “*good impurities*” *chloromethanes* seperti  $\text{CCl}_4$  dan  $\text{CHCl}_3$ . *Good impurities* merupakan sumber radikal yang mengakibatkan kenaikan laju reaksi dan selektivitas pada reaksi dengan temperatur lebih rendah. Apabila komponen tersebut tidak terdapat pada EDC dalam jumlah cukup, komponen tersebut akan ditambahkan (Dimian & Bildea, 2008).



Gambar 2. 2 Diagram Alir Produksi VCM dari Cracking EDC

(Ullman, 1985)

### 2.3 Knock Out Drum (KO-Drum)

*Knock out drum* merupakan salah satu jenis separator yang termasuk dalam kategori vessel. *knock out drum* mempunyai prinsip kerja untuk memisahkan antara 2 fase yaitu fase gas dan fase cair. Selain itu *knock out drum* juga dapat digunakan untuk memisahkan campuran fluida yang mengalir bersama gas.

Prinsip kerja dari *knock out drum* adalah berdasarkan gaya gravitasi. Dengan adanya gaya gravitasi dan perbedaan berat jenis antara fluida cair dan fluida gas akan mengakibatkan fluida cair jatuh ke bawah menuju vessel dan fluida gas akan bergerak ke atas menuju alat selanjutnya.

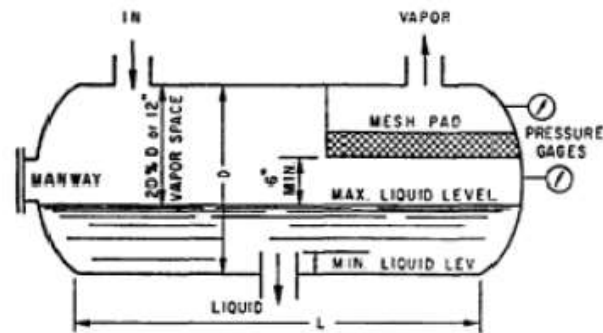
Knock out drum memiliki beberapa tipe, yaitu :

#### a. Tipe Horizontal

Kelebihan *knock out drum* tipe horizontal yaitu :

1. Lebih murah untuk mengakomodasi sejumlah besar slug cairan.
2. Head yang diperlukan lebih kecil.
3. Laju turunnya cairan lebih rendah, sehingga meningkatkan *de-gassing* dan pemecahan buih.



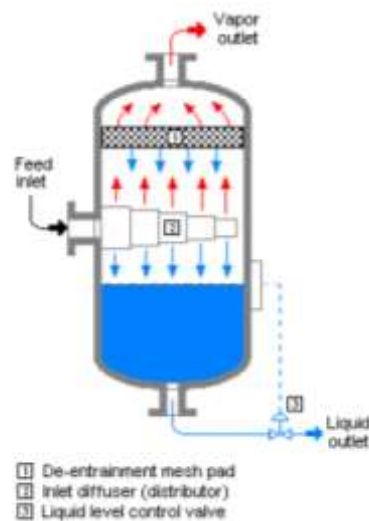


Gambar 2. 3 *Knock Out Drum* Tipe Horizontal

b. Tipe Vertikal

Kelebihan *knock out drum* tipe vertikal yaitu :

1. Plot area yang diperlukan lebih kecil.
2. Penghilangan padatan lebih mudah.
3. Efisiensi penghilangan cairan tidak dipengaruhi oleh ketinggian cairan, karena luasan vessel cukul membuat aliran uap tetap konstan.



Gambar 2. 4 *Knock Out Drum* Tipe Vertikal

Contoh pabrik yang menggunakan *knock out drum* sebagai alat pemisah yaitu pada pabrik pembuatan VCM dari bahan baku *ethylene dichloride*. *Knock out drum* digunakan untuk memisahkan antara produk utama dengan produk samping. Hal ini dikarenakan proses pembentukan VCM dari bahan baku EDC menghasilkan 2 produk yaitu VCM dan HCl. Tipe alat pemisah yang

digunakan adalah *knock out drum* tipe vertikal. Proses pembentukan VCM menggunakan *thermal cracking* EDC pada suhu 500 °C dan tekanan 17 atm (Dimian & Bildea, 2008). Karena proses pembentukan VCM berada pada suhu cukup tinggi, maka sebelum proses pemisahan terdapat alat pendingin untuk menurunkan suhu seperti *quench tower* dan kondensor. Hal tersebut untuk memudahkan proses pemisahan antara produk utama dan produk samping. Produk utama berupa VCM berfase cair sehingga langsung jatuh ke bawah menuju alat selanjutnya yaitu *cooler*, sedangkan produk samping berupa HCl berfase gas akan bergerak ke atas menuju alat selanjutnya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. *Knock out drum* pada pabrik *vinyl chloride monomer* dengan proses *thermal cracking ethylene dichloride* kapasitas 115.000 ton/tahun menggunakan jenis separator *vertical knock out drum* dengan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C* karena memiliki struktur kuat dan tahan terhadap korosi.
2. *Knock out drum* pada pabrik *vinyl chloride monomer* dengan proses *thermal cracking ethylene dichloride* kapasitas 115.000 ton/tahun memiliki diameter vessel 2,073 m; tinggi vessel 6,221 m; tebal (ts) 0,875 in; tinggi head (ah) 0,008 m; tetap tutup (th) 1,625 in; dan tinggi total sebesar 7,260 m.

#### **5.2 Saran**

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. <https://www.alibaba.com/>. Diakses pada 15 Januari 2020.
- Asahimas Chemical PT. 2015. <https://www.asc.co.id/>. Diakses pada 29 Agustus 2020.
- Asahimas Chemical PT. 2020. <https://www.asc.co.id/>. Diakses pada 15 Januari 2020.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Kebutuhan Ekspor Impor Indonesia*. <https://www.bps.go.id/subject/8/ekspor-impor.html#subjekViewTab6>. Diakses pada 28 Desember 2019.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Dimian, A. C. and Bildea, C. S. 2008. *Chemical Process Design, Chemical Process Design*. doi: 10.1002/9783527621583.
- Dry, J. et al. 2003. *Vinyl Chloride Production*, Marcel Dekker, Inc., *Encyclopedia of PVC.*, pp. 1–9.
- Kementrian Perindustrian. 2019. Laporan Kinerja Kementrian Perindustrian Tahun 2018.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer* (Internatio). Japan: McGraw-Hill Book Company.
- Kirk, R.E., Othmer, V.R. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 13 & 24. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Pamungkas, J., Sudarmoyo, Hariyadi, & P, A. K. 2004. *Pengantar Teknik Perminyakan* (Edisi 4). Yogyakarta: oleh : Ir. Joko Pamungkas, MT. Jurusan Teknik Perminyakan.
- Peters, Max S. Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.
- Sinnot, R. K. 2003. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design 3th Edition*. Vol 6. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. New York. Mc Graw Inc.

Sulfindo Adiusaha PT. 2020. <https://www.sulfindo.com/>. Diakses pada 15 Januari 2020.

Ullman. 1985. *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol 1. VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamics, Environmental Transport, Safety & Health Related Properties for Organic*. McGraw-Hill Education.