

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pembangunan Nasional Indonesia bertujuan untuk mewujudkan masyarakat yang makmur dan adil berdasarkan Pancasila. Pembangunan Indonesia saat ini sempat terhenti karena kondisi krisis melanda di segala bidang. Untuk mengatasi permasalahan ekonomi yang ada di Indonesia dengan memanfaatkan potensi baik berupa kekayaan, sumber daya manusia dan sumber daya alam.

Usaha peningkatan taraf hidup manusia Indonesia sedang dalam pelaksanaan. Untuk itu Pemerintah telah melaksanakan pembangunan di segala bidang, baik mental, fisik, maupun spiritual. Salah satu usaha pemerintah adalah mendirikan banyak industri kimia di Indonesia. Dengan mendirikan banyak industri kimia diharapkan Indonesia dapat mengurangi jumlah impor bahan kimia dari negara lain. Sasaran lain yang ingin dicapai adalah memperluas lapangan kerja, menyeimbangkan struktur ekonomi di Indonesia dan meningkatkan produksi dalam negeri.

Pembangunan bidang industri dilaksanakan dengan terpadu serta bertahap 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*, yang selama ini masih banyak yang didatangkan dari luar negeri.

Vinyl chloride monomer merupakan senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_3Cl , yang banyak digunakan sebagai bahan baku plastik seperti *PVC sheet*, *PVC film*, *PVC leather* (kulit imitasi), dan produk produk lainnya seperti botol plastik. Jumlah *vinyl chloride monomer* yang di impor beberapa tahun terakhir berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik dapat dilihat dari Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor *vinyl chloride monomer* (BPS, 2016)

| Tahun | Impor (ton/tahun) |
|-------|-------------------|
| 2010 | 106646,529 |
| 2011 | 135372,522 |
| 2012 | 128312,688 |
| 2013 | 123191,353 |
| 2014 | 128588,141 |
| 2015 | 113359,724 |
| 2016 | 97196,051 |

Sehingga apabila diproyeksikan pada tahun 2023 diperkirakan kebutuhan impor *vinyl chloride monomer* di Indonesia Mencapai $\pm 93.201,87$ ton / tahun.

1.2 Kapasitas Rancangan

Dalam merancang pabrik ini, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah saat menentukan jumlah kapasitas suatu pabrik *vinyl chloride monomer*. Pemilihan kapasitas pabrik kimia ini caranya dengan menentukannya berdasarkan jumlah kebutuhan impor yang ada di dalam negeri. Angka kebutuhan impor dalam negeri didapatkan dari salah satu Lembaga statistik terbesar di Indonesia yaitu Badan Pusat Statistik (BPS).

Dari data diatas dibuat persamaan garis dengan X sebagai fungsi tahun dan Y sebagai fungsi kebutuhan impor (ton/tahun) yaitu:

$$Y = -2575,06 X + 129252,7 \quad (1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan regresi linier dari kebutuhan impor diatas. kebutuhan impor pada tahun 2023 sebesar 93.201,87 ton/tahun. Pemilihan kapasitas diambil sebesar 400.000 ton/tahun. Adapun alasan pemilihan kapasitas perancangan yaitu:

1. Barang yang mudah terjual.
2. Keuntungan cukup besar.
3. Angka pertumbuhan yang relatif cukup tinggi.
4. Memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan kebutuhan ekspor
5. Ketersediaan bahan baku *ethylene dichloride* (EDC) di Indonesia cukup banyak.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku *vinyl chloride monomer* yaitu *ethylene dichloride* (EDC). *Ethylene dichloride* (EDC) bisa di peroleh dari PT Asahimas Chemical dengan kapasitas produksi sebanyak 644.000 ton/tahun. Dari persediaan bahan baku yang ada, sudah cukup untuk dapat memenuhi kebutuhan bahan baku pabrik *vinyl chloride monomer* ini.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Macam-macam proses

1. Proses *vinyl chloride monomer* dari *ethylene dichloride*

Vinyl chloride monomer (VCM) dapat diproduksi melalui proses *cracking etilen dichlorida* (EDC). Proses *cracking ethylene dichloride* (EDC) ini beroperasi pada temperature 480-550°C dan tekanan 3-30 bar.

Proses *cracking* ini dapat mendekomposisi *ethylene dichloride* (EDC) menjadi *vinyl chloride monomer* (VCM) dan asam klorida (HCl) sesuai dengan reaksi berikut:



Reaktor yang digunakan pada proses ini adalah *long tubular coil* yang berada di dalam *furnace*. Reaktor ini terdiri dari dua bagian, yaitu *reaction zone* dan *pre-heat zone*. Pada *pre-heat zone* dilakukan penyesuaian suhu hingga mencapai 480-550°C dimana reaksi pirolisis dapat berlangsung secara optimum, kemudian pada *reaction zone* terjadi reaksi pemecahan *ethylene dichloride* menjadi asam klorida. Diameter koil reaktor dirancang sehingga kecepatan gas yang mengalir didalamnya berkisar antara 10-20 m/s dan panjang koil dirancang hingga memungkinkan waktu tinggal selama 5-30 detik.

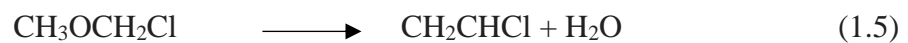
Pada proses ini ada banyak *impurities* yang terdeteksi pada hasil *pirolisis*, sehingga *ethylene dichloride* (EDC) harus dimurnikan terlebih dahulu sebelum masuk reaktor. Pada proses ini pembentukan *coke* akan sangat mengganggu reaksi. Untuk menghindari terbentuknya *coke*, suhu reaksi harus dijaga berada di bawah 500°C, namun pada temperatur di bawah 500°C kecepatan reaksi akan rendah, karena reaksi ini merupakan reaksi endotermis. Sehingga dapat diatasi dengan penambahan aditif seperti CuCl_2 dan *nitromethane chloroform* (Dimian and Bildea, 2008).

Setelah *pirolisis*, campuran tersebut diserahkan ke pendinginan cepat dengan memuaskan. Pada operasi ini mencegah dekomposisi *vinyl*

chloride monomer lebih lanjut, namun juga menghilangkan kokas dan kotoran pengotor molekul tinggi lainnya. (*Chemical Process Design*, 1980)

2 Reaksi Metil Klorid CH_3Cl dengan Methylene Chloride CH_2CHCl

Metode pembuatan *vinyl chloride monomer* ini dilakukan dengan *methyl chloride* yang direaksikan dengan *methylene chloride* dalam fasa uapnya sehingga dihasilkan *vinyl chloride monomer* dan *hydrogen chloride*. Satu mol *methyl chloride* bereaksi dengan satu mol *methylene chloride* untuk menghasilkan satu mol *vinyl chloride monomer* dan dua mol *hydrogen chloride*. Mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksinya terjadi pada suhu 300-500°C dengan tekanan kisaran 1-10 atm. Selektivitas pada reaksi ini bisa meningkat dengan menggunakan katalis antara lain *gamma-alumina*, *zinc chloride zeolite*, *alumina gel*, CuCl_2 dan *silicone aluminium phospat*. (Gold farb dkk, 1980).

Hidroklorinasi 1-1-2 Trichloroethane (C₂H₂Cl₃)

Metode pembuatan *vinyl chloride monomer* dengan metode ini dengan memanfaatkan limbah organik dari proses pembuatan *ethylene dichloride*. Limbah tersebut yaitu 1-1-2 *Trichloroethane* (TCEA). Dalam prosesnya TCEA bereaksi dengan H₂ selama 2 jam dengan menggunakan reaktor *fixed bed* dan pada suhu 300°C. Perbandingan umpan senyawa H₂ dengan senyawa TCEA harus 10:1 supaya laju reaksi dapat ditingkatkan. Cara meningkatkan selektivitas dengan menggunakan katalis Ni-Cu/SiO₂ sebagai katalis dengan waktu tinggal 2 jam dan suhu operasi 400°C. Pada proses ini diperoleh konversi sebesar 95 %. (*Chemical Process Design*, 1980)

3 Reaksi Asetilen dengan Asam Klorida

Metode ini merupakan yang pertama kali digunakan dalam memproduksi *vinyl chloride monomer*. Pada praktiknya metode ini dilakukan dengan mereaksikan asetilen dengan asam klorida pada fase gas. Pada reaksi ini menggunakan katalis merkuri klorida (HgCl₂) dan karbon aktif.

Reaksi ini merupakan reaksi eksotermis. Kondisi operasinya berada pada suhu 90-140°C dan tekanan 1,5-1,6 atm. Reaksi harus terjadi pada kondisi isothermal. Konversi yang dihasilkan kisaran 80-85 %.

Tabel 1.2 Perbandingan proses pembentukan *vinyl chloride monomer*

| Parameter | Asetilen dengan HCl | <i>Ethylene Dichloride</i> | Metil klorida dan Metilen klorida | 1-1-2 Trichloroethane |
|--------------------|--|--|--|--|
| Tekanan (atm) | 1,5-1,6 | 3-30 | 1-10 | 1 |
| Suhu (°C) | 90-104 | 480-550 | 300-500 | 300 |
| Katalis | Merkuri klorida (HgCl) dengan Karbon aktif | Nitromethane chloroform dan CuCl ₂ | Gel alumina, Zinc, Chloride, Zeolite | Ni-Cu/SiO ₂ |
| Fase reaksi | Gas | Gas | Gas | Gas |
| Reaktor | <i>Fix bed Multitube</i> | <i>Fix bed Multitube</i> | <i>Fix bed Multitube</i> | <i>Fix bed Multitube</i> |
| Konversi (%) | 60% | 54% | 40% | 55% |
| Waktu Reaksi (jam) | >2 | 0,5 | >2 | 1 |
| Kelebihan | - Reaksi relatif lebih mudah - Menghasilkan yield 80-85 % | - Terbukti menguntungkan scale-up sudah ada di skala industry - Ekonomi | - Bahan baku mudah dicari - Katalis aman dan mudah dicari | - Murah karena hasil limbah EDC |
| Kekurangan | - Energi terlalu besar - Katalis beracun | - Banyaknya impuriti pada proses <i>cracking</i> | - Proses masih baru dan scale up industri belum ada | - Proses masih baru - Scale-up industri belum ada |

Dari proses yang ada pada pembuatan *vinyl chloride monomer*, maka kami ingin merancang pabrik *vinyl chloride monomer* dengan menggunakan bahan baku *ethylene dichloride*. Karena terbukti ekonomis dan menguntungkan dan sudah di aplikasikan dalam skala industri.

3.1 Sifat reaktan dan kegunaan

Ethylene dichloride adalah suatu senyawa kimia ini pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm berupa cairan tak berwarna, sedikit larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik (alkohol, eter, benzene) dan berbau enak. Senyawa ini tidak mudah

korosif terhadap senyawa logam, tidak mudah teroksidasi dan termasuk senyawa kimia yang mudah menguap. Termasuk jenis senyawa yang terhidrolisa pada kondisi normal dan tidak mudah terbakar namun mempercepat proses pembakaran (*Vinyl Chloride Production*, 1980). Kegunaan *ethylene dichloride* telah banyak digunakan dalam industri antara lain :

1. Sebagai bahan baku pembuatan *vinyl chloride monomer*
2. Berperan sebagai pelarut senyawa kimia seperti pada industri tekstil, industri karet, industri cat dan industri tinta.
3. Sebagai pengolah lemak binatang.
4. Sebagai pelarut ekstraksi.

1.5 Sifat Produk dan Kegunaan

Sifat sifat pada senyawa *vinyl chloride monomer* (*Vinyl Chloride Production*, 1980) yaitu :

1. Tahan terhadap reaksi *cracking*.
2. Larut dalam senyawa alkohol, CCl₄, ether dan pelarut organik lainnya.
3. Tidak korosif
4. Dapat mengalami proses oksidasi dan menghasilkan peroksida
5. Dapat mengalami adisi klorinasi

Kegunaan *vinyl chloride monomer* yaitu sebagai bahan baku plastik seperti *PVC sheet*, *PVC film*, *PVC leather* (kulit imitasi), dan produk produk lainnya seperti botol plastic

1.6 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari reaksi yang terjadi, kecepatan reaksi pada pembuatan *vinyl chloride monomer* akan bertambah bersama dengan kenaikan suhu. Hal ini dijelaskan dalam persamaan arhenius (*Vinyl Chloride Production*, 1980) sebagai berikut :

$$K = A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (1.2)$$

Keterangan :

K = Konstanta kecepatan reaksi

A = Faktor frekuensi

T = Suhu (K)

E = Energi aktivasi

R = Konstanta gas ideal

Dimana diperoleh harga konstanta (*Vinyl Chloride Production*, 1980) :

E = 57 kcal/mol

A = 13,6 L/mol.detik

R = 1,987 kal/gmol.K

T = 480°C

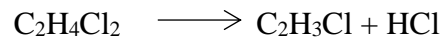
$$K = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

$$K = 13,6 \exp\left(\frac{-57}{0,0821 \times 753,15}\right)$$

$$K = 5,32316 \text{ mol/L.}$$

Dari perhitungan di peroleh konstanta kecepatan reaksi atau K pada reaktor dengan suhu 480°C dan tekanan 3 atm sebesar 5,32316 mol/L.s

1.7 Tinjauan Termodhinamika



Reaksi dengan suhu operasi pada reaktor 480°C dan tekanan 3 atm. Untuk mengetahui reaksi membutuhkan panas atau tidak, maka perlu dilakukan pencarian terhadap entalpi dari reaksi tersebut. Berikut ini adalah penentuan entalpi dari reaksi *ethylene dichloride* menjadi *vinyl chloride monomer*.

Tabel 1.3 Harga Nilai Entalpi Dari Setiap Komponen (Carl.L.Yaws, 1999)

| Komponen | ΔH_f (kJ/kmol) |
|-----------------------------------|------------------------|
| HCl | 13254127,98 |
| $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ | 20871805,11 |
| $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ | 28407313,51 |
| TOTAL | 77863756,56 |

Sebelum mencari besarnya nilai ΔH°_R . Diperlukan mencari besarnya nilai ΔH°_{298} agar mempermudah proses perhitungan. Perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta H^\circ_{298} &= \Sigma \Delta H^\circ_{f298} \cdot \text{Product} - \Sigma \Delta H^\circ_{f298} \cdot \text{Reactant} & (1.3) \\ &= [34135,88 + (13432,83)] \text{ kJ/mol} - [47577,61] \text{ kJ/mol} \\ &= 5718619,587 \text{ kJ / mol} \end{aligned}$$

Setelah mencari besarnya nilai $\Sigma\Delta H^\circ_{298}$. Selanjutnya mencari besarnya nilai entalpi reaksi. Cara mencari nilai entalpi reaksi adalah sebagai berikut :

$$\Delta H^\circ_R = \Sigma\Delta H^\circ_f \cdot \text{Product} + \Sigma\Delta H^\circ_{298} - \Sigma\Delta H^\circ_f \cdot \text{Reactant}$$

$$\Delta H^\circ_R = [\Delta H^\circ_f \cdot \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} + \Delta H^\circ_f \cdot \text{HCl}] + [\Sigma\Delta H^\circ_{298}] - [\Delta H^\circ_f \cdot \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2]$$

$$\Delta H^\circ_R = [34135,88 + (13432,83)] \text{ kJ/mol} - [47577,61] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_R = 11437239,1744 \text{ kJ/kmol}$$

Karena ΔH°_R bernilai positif, maka reaksi tersebut merupakan reaksi endotermis. Berdasarkan hasil perhitungan ΔH°_R dan ΔG° diatas, maka dapat di ketahui bahwa reaksi pembuatan *vinyl chloride monomer* dari *ethylene dichloride* berjalan secara endotermis karena nilai ΔH°_R bernilai positif.

1.8 Kapasitas Pabrik Yang Sudah Ada Di Indonesia

Tabel 1.4 Kapasitas pabrik yang ada di Indonesia (SSI Research Perseroan, 2018)

| No. | Nama Industri <i>vinyl chloride monomer</i> | Kapasitas Ton/ Tahun |
|-----|---|----------------------|
| 1 | PT asahimas Chemical | 734.000 |
| 2 | PT sulfindo | 130.000 |

1.9 Kapasitas Pabrik Yang Sudah Beroperasi

Tabel 1.5 Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi (Datacon.co.id, 2017)

| Nama Perusahaan | Kapasitas (ton / tahun) |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Novacke Chemicke Zavody, Novaky | 64.000 |
| Plastkard, Volgograd | 80.000 |
| Formosa, Lin Yuan | 390.000 |
| LG Chem, Yeosu | 750.000 |
| Tosoh, Nanyo | 1.200.000 |