

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang giat melakukan pembangunan di segala bidang. Salah satunya adalah pembangunan di sektor ekonomi yang sedang digiatkan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Untuk mencapai tujuan ini pemerintah menitik beratkan pada pembangunan di sektor industri. Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia mengalami perkembangan yang cukup pesat. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya jenis bahan kimia yang diproduksi dan kuantitasnya. Dengan peningkatan ini, berarti meningkat pula kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang produksinya.

Allyl chloride pertama kali diproduksi secara laboratorium pada tahun 1857 oleh Auguste Cahours dan August Hofmann dengan mereaksikan alil alkohol dengan fosfor triklorida, kemudian untuk penghematan dilakukan penggantian fosfor triklorida yang relatif mahal dengan asam hidroklorida dan katalis seperti tembaga (I) klorida. Pada tahun 1945, didirikan industri *allyl chloride* oleh *Shell Chemical* yang merupakan bagian dari *Shell Oil* milik Amerika Serikat. *Allyl chloride* diproduksi dengan menggunakan proses substitusi olefin rendah menggunakan suhu tinggi (Aftalion, 1991).

Semakin meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia, maka permintaan salah satu jenis bahan kimia yaitu *allyl chloride* pada tahun-tahun mendatang diperkirakan juga akan mengalami peningkatan. Kebutuhan akan *allyl chloride* terus mengalami peningkatan karena *allyl chloride* banyak dipakai sebagai bahan baku pembuatan *epichlorohydrin*, *allyl alcohol*, *quaternary ammonium salt*, *diallyl orthophthalate monomer*, pestisida dan herbisida serta bahan baku untuk industri farmasi seperti siklopropana (anestesi).

1.2 Rumusan Masalah

Pada umumnya, *allyl chloride* digunakan dalam industri kimia sebagai bahan *intermediate*. *Allyl chloride* sangat penting dalam pembuatan

epichlorohydrin dan *glycerin*. Indonesia merupakan salah satu negara yang membutuhkan *allyl chloride*. Pemenuhan terhadap kebutuhan *allyl chloride* tersebut dilakukan dengan cara mengimpor dan penggunaannya cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Kebutuhan pasar domestik yang terus meningkat tersebut menyebabkan penting adanya pertimbangan pembangunan pabrik *allyl chloride*. Untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, maka dibutuhkan suatu usaha yakni dengan cara membuat pra rancangan pabrik pembuatan *allyl chloride* di Indonesia.

1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Pra rancangan pabrik pembuatan *allyl chloride* dari *propylene* dan *chlorine* dengan proses *chlorination propylene* pada suhu tinggi ini bertujuan untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia. Tujuan lain dari pra rancangan pabrik pembuatan *allyl chloride* ini adalah untuk memenuhi kebutuhan *allyl chloride* dalam negeri yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk ekspor. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan dan memicu peningkatan produktivitas rakyat yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Pendirian pabrik ini didasarkan pada hal-hal berikut:

1. Terciptanya lapangan pekerjaan, yang berarti akan mengurangi pengangguran.
2. Memicu pertumbuhan industri *allyl chloride* yang menggunakan *propylene* dan *chlorine*.
3. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.
5. Meningkatkan sumber daya manusia melalui proses alih teknologi.
6. Mengurangi angka impor *allyl chloride* di Indonesia.

1.4 Manfaat Perancangan

Selain alasan-alasan diatas, Pendirian pabrik ini juga didasarkan pada hal-hal berikut ini:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan *allyl chloride* di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat meningkatkan devisa negara dari sektor non-migas bila hasil produk *allyl chloride* diekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas pra rancangan pabrik *allyl chloride* ini, penyusun membatasi masalah yang akan dibahas hanya pada proses *chlorination propylene* pada suhu tinggi dan analisis kelangsungan ekonomi.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah produk yang diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik yang didirikan harus mempunyai kapasitas produksi optimal yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya minimal.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik *allyl chloride* antara lain:

1. Kebutuhan *allyl chloride* di Indonesia
2. Kapasitas rancangan minimum
3. Kebutuhan *allyl chloride* di luar negeri.

1.6.1 Kebutuhan *Allyl Chloride* di Indonesia

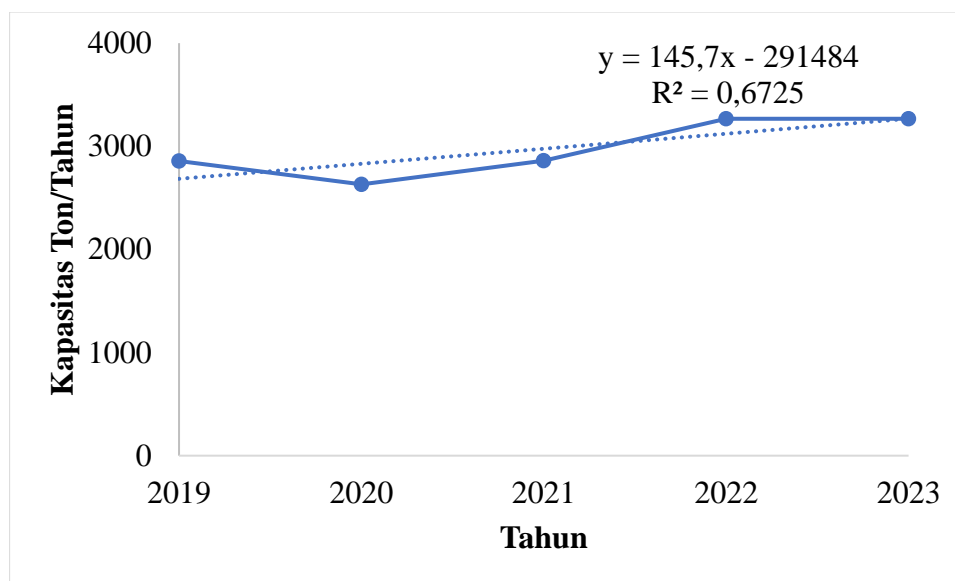
Dalam pemilihan kapasitas pabrik *allyl chloride* ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu jumlah konsumsi produk, pasokan bahan baku yang akan digunakan, dan kapasitas produksi maka dilakukan analisa untuk mendapatkan kapasitas produksi perancangan. Kebutuhan *allyl chloride* di Indonesia berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019-2023, perkembangan jumlah impor *allyl chloride* Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Kebutuhan Impor *Allyl Chloride* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	2.856
2020	2.631
2021	2.860
2022	3.266
2023	3.267

Sumber: BPS 2019-2023

Berdasarkan Tabel 1.1 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan *allyl choride* pada tahun 2030 seperti pada Grafik 1.1

**Gambar 1.1** Data Kebutuhan *Allyl Chloride* di Indonesia

Dari grafik 1.1 disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan *allyl choride* terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan *allyl choride* pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat. Untuk menghitung kebutuhan akan *allyl choride* pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan *allyl choride* dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a(x) + b \dots \dots \dots (1.1)$$

$$= 145,7(x) - 291.484$$

$$= 145,7 (2030) - 291.484$$

$$= 4.287 \text{ ton/tahun.}$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan *allyl choride* di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebesar 4.287 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.1 Data Ekstrapolasi Impor *Allyl Choride* di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2024	3.412,8
2025	3.558,5
2026	3.704,2
2027	3.849,9
2028	3.995,6
2029	4.141,3
2030	4.287

(Data Ekstrapolasi, 2024)

Hasil prediksi dari Tabel 1.2 menunjukkan bahwa kebutuhan *allyl choride* di Indonesia pada tahun 2030 mencapai 5.468 ton/tahun. Dari hasil pemaparan diatas dapat diketahui kebutuhan *allyl choride* didalam negeri.

1.6.2 Data Kebutuhan *Allyl Choride* di Beberapa Negara

Menurut data komoditi impor dan ekspor UN Data, kebutuhan *allyl chloride* menunjukkan nilai yang terus meningkat tiap tahunnya. Adapun kebutuhan *allyl chloride* di beberapa negara dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan *Allyl Chloride* di Beberapa Negara

Tahun	Negara (Ton/Tahun)			
	Australia	Vietnam	Turki	South Afrika
2019	184,28	122,46	903,74	1.294,06
2020	200,46	282,82	994,16	1.916,74
2021	231,18	248,52	1.319,59	2.102,53
2022	210,48	350,03	1.324,33	2.347,32
2023	233,436	413,343	1.532,56	2.757,88

Sumber: (UN Data 2019-2023)

Data ekstrapolasi kebutuhan beberapa negara berdasarkan persamaan garis linear hingga tahun 2030 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan *Allyl Chloride* di Beberapa Negara

Tahun	Negara (Ton/Tahun)			
	Australia	Vietnam	Turki	South Afrika
2024	244,368	478,184	1.691,28	3.092,44
2025	255,3	543,025	1.850	3.427
2026	266,232	607,866	2.008,72	3.761,56
2027	277,164	672,707	2.167,44	4.096,12
2028	288,096	737,548	2.326,16	4.430,68
2029	299,028	802,389	2.484,88	4.765,24
2030	309,96	867,23	2.643,6	5.099,8
Total				8.920,59

Dari Tabel 1.3 diperoleh total kebutuhan impor *allyl choride* dari keempat negara tersebut pada tahun 2030 semakin meningkat. Dengan mengekstrapolasi kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2030 kebutuhan akan meningkat hingga 8.920,59 ton/tahun.

Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi *allyl choride* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu Shell Chemical Co. Holland dan The Dow Chemical, Freeport Texas dengan jumlah 90.000 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu TBWS Corp, Beaumont Texas dan Mobile. A. L dengan jumlah 15.000 ton/tahun. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Daftar Pabrik *Allyl Cholire*

No.	Perusahaan	Kapasitas (Ton/tahun)
1.	TBWS Corp, Beaumont Texas	15.000
2.	Mobile. A. L	15.000
3.	La Nueva Cantina, México	20.000
4.	Thai Organics, Thailand	20.000
5.	Solvay S.A Brussels, Belgium	20.000
6.	Shell Chemical Co. Holland	90.000

7.	The Dow Chemical, Freeport Texas	90.000
----	----------------------------------	--------

Sumber: (Publications Projects, 2019)

1.6.3 Penentuan Kapasitas Perancangan

Pabrik yang akan didirikan harus memiliki kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik acuan yang sedang berjalan (Mc Ketta, 1976). Berdasarkan kapasitas pabrik *allyl chloride* yang telah ditetapkan dan disesuaikan dengan data pabrik acuan, bahwa kapasitas pabrik baru (20.0000 ton/tahun) sama dengan kapasitas pabrik yang lama (20.000 ton/tahun).

Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari beberapa negara, maka pabrik *allyl choride* direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Dimana produk ini sebanyak 30% akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia sedangkan 70% lagi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kapasitas perancangan pabrik *allyl choride* ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *allyl choride* dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
2. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan *allyl choride* sebagai bahan baku. Dan dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri diantaranya sehingga dapat menambah devisa negara.

1.7 Pemilihan Proses

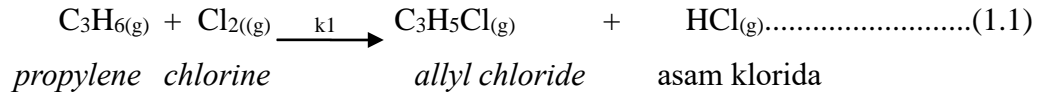
Proses pembuatan *allyl chloride* ada 3, yaitu proses *chlorination propylene* pada suhu tinggi, proses *thermal dehydrochlorination* dan proses *oxychlorination*. Adapun reaksi yang terjadi pada setiap proses dapat dilihat di bawah ini.

1.7.1 Proses *Chlorination Propylene* pada Suhu Tinggi

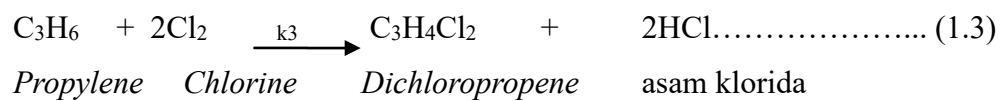
Chlorine dan *propylene* yang telah diuapkan kemudian dipanaskan hingga suhu 932°F. Kemudian dialirkan menuju reaktor dengan suhu 932°F menggunakan katalis *ferri chloride* (FeCl_3). Dimana terjadi proses *chlorination*

propylene menjadi *allyl chloride*, reaksi yang terjadi:

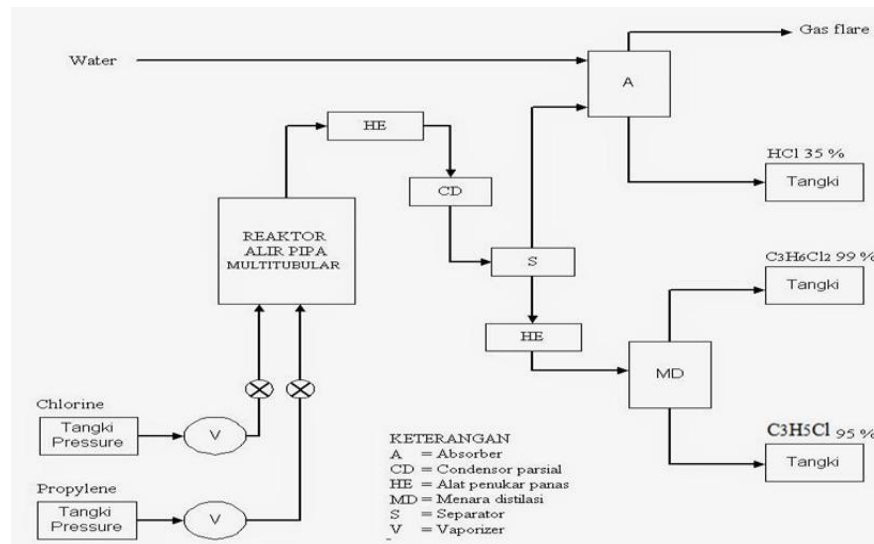
Reaksi Utama



Reaksi Samping



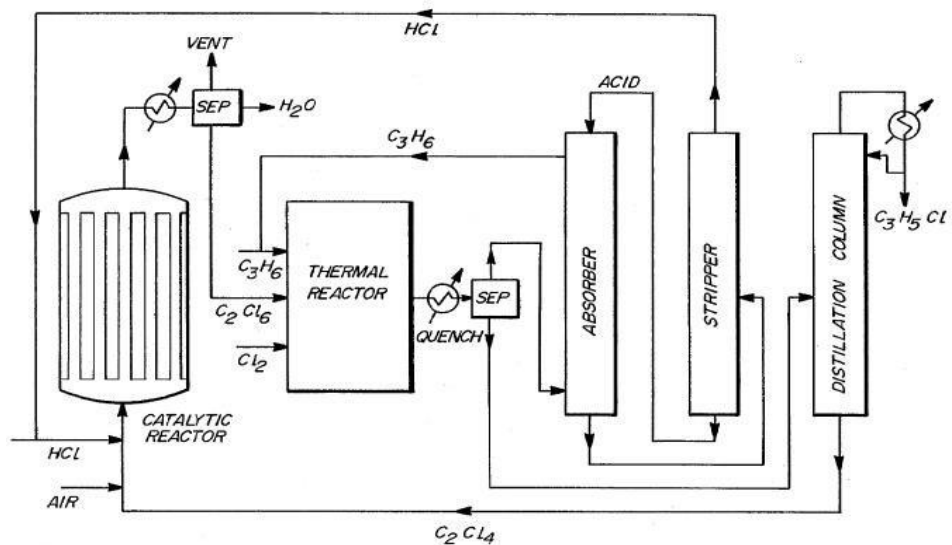
Liquid keluaran separator dipompakan ke dalam menara distilasi untuk proses pemurnian produk. *Allyl chloride* yang terbentuk selama proses reaksi dialirkan ke tangki penyimpanan produk. Sedangkan absorber bertujuan untuk menyerap HCl dengan air sebagai penyerapnya (Purwandari, 2016). Diagram alir proses *chlorination* dapat dilihat pada Gambar 1.1. Cara ini merupakan cara yang sering digunakan pada pembuatan *allyl chloride* secara komersial.



Gambar 1.2 Diagram Alir Proses *Chlorination*

1.7.2 Proses Thermal Dehydrochlorination

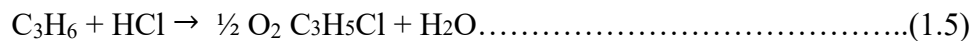
Cara ini dilakukan dengan cara klorinasi *1,2-dicloropropene* pada suhu 932-1.112°F. Hasil samping yang terjadi antara lain *1-chloropropene* dan *2-chloropropene*. Dari proses ini diperoleh selektivitas *allyl chloride* yang rendah yaitu 50-60% dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Gambar 1.3 Diagram Alir Proses *Thermal Dehydrochlorination*

1.7.3 Proses Oxychlorination

Pada proses *oxychlorination* antara *propylene* dengan HCl dan O₂ direaksikan dalam fluidized reactor dengan menggunakan katalis litium klorida pada temperatur reaksi 932°C-968°F (Guseinov, 1981). Persamaan reaksi proses *oxychlorination* antara *propylene* dengan HCl dan O₂ sebagai berikut :



Gas hasil reaksi yang keluar dari reaktor akan masuk ke dalam separator untuk memisahkan katalis yang terbawa. Pemurnian reaktan yang tidak bereaksi dengan *allyl chloride* pada proses ini digunakan distilasi, dimana *yield* yang dihasilkan yaitu 4-6% (Kirk and Othmer, 1968).

Dari kriteria-kriteria dan uraian proses pembuatan *allyl chloride* diatas dapat dilihat keuntungan dan kerugian dari masing-masing proses terlihat dalam tabel 1.5 dibawah ini.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Pembuatan *Allyl Chloride*

Parameter	<i>Chlorination Propylene</i>	<i>Thermal Dehydrochlorination</i>	<i>Oxychlorination</i>
Bahan baku	- <i>Propylene</i> - <i>Chlorine</i>	- <i>Propane</i> - <i>Chlorine</i> - O_2	- <i>Propylene</i> - HCl - O_2
Katalis	<i>Ferric choride</i> ($FeCl_3$)	$CaCl_2$, Cu/ SiO_2 , $CaCl_2/Al_2O_3$	Palladium, Vanadium, Tellurium, Lithium
Suhu	932°F	1.112°F	968°F
Tekanan	145,49 Psi	34,976 Psi	29,392 Psi
Reaktor	<i>Fixed bed</i>	<i>Fixed bed</i>	<i>Fluidized bed</i>
Konversi	99%	28,43%	85-90%
Hasil samping	- HCl - $C_3H_4Cl_2$ - 2 <i>chloropropene</i>	- 2 - <i>chloropropene</i> - H_2O	- H_2O
Kekurangan	Perlu perhatian lebih pada temperatur	Konversi <i>allyl choride</i> rendah	Konversi rendah aktivitas katalis cepat memburuk . Alat yang digunakan kompleks

Dari perbandingan ketiga proses pada Tabel 1.4, maka dipilih proses *chlorination propylene* pada suhu tinggi, dengan pertimbangan bahwa konversi dan selektivitas yang dihasilkan besar dan juga menggunakan bahan yang tersedia banyak di Indonesia. Selain itu proses lebih sederhana, produk samping dari proses *chlorination propylene* dapat dijual, dan biaya pemurnian produk rendah.

1.8 Uraian Proses

Proses pembuatan *allyl chloride* dengan menggunakan bahan baku *propylene* dan *chlorine* secara garis besar dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku
2. Tahap Pembentukan *Allyl Chloride*
3. Tahap Pemurnian

1.8.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan *allyl chloride* ini terdiri dari *propylene* dan

chlorine. *Propylene* disimpan dalam bentuk cair pada temperatur 33°C dan tekanan 13,74 atm dalam tangki silinder *horizontal* dengan *ellipticalhead* Tanki T-101, komposisi *propylene* adalah 99,5% wt dengan impuritis propana 0,5% wt. Sedangkan *chlorine* disimpan dalam bentuk cair pada temperatur 33°C dan tekanan 13 atm dalam tangki silinder *horizontal* dengan *ellipticalhead* Tanki (T-102), komposisi *chlorine* 99,7% wt dengan impuritis asam klorida 0,3% wt. Cairan *propylene* dipompa dari tangki Tank (T-101) dengan pompa Pump (P-101) masuk ke dalam Vaporizer (VP-101) untuk dilakukan pemanasan awal sehingga berubah fasenya menjadi uap dengan kondisi 14 atm dan suhu 140°C, dimana media pemanas yang di pakai berasal dari utilitas. Selanjutnya keluaran dari Vaporizer VP-101 kemudian diturunkan tekanannya oleh Ekspander (Eks-101) hingga 10 atm dan suhu 190°C.

Cairan *chlorine* dipompa dari tangki Tank (T-102) dengan pompa (P-102) masuk ke dalam *Vaporizer* (VP-102) untuk dilakukan pemanasan awal sehingga berubah fasenya menjadi uap pada kondisi 140°C dengan tekanan 14 atm dengan media pemanas yang bersumber dari utilitas, Kemudian *Chlorine* tersebut diturunkan tekanannya oleh Ekspander (Eks-102) hingga 11 atm dan suhu 190°C. Kemudian *chlorine* dan *Propylene* diumpankan ke Furnace (F-101) untuk dilakukan pemanasan pada kondisi suhu 500°C dan tekanan 11 atm. Keluaran dari Furnace (F-101) selanjutnya di umpankan ke dalam reaktor (R-201).

1.8.2 Tahap Pembentukan *Allyl Chloride*

Pada tahap selanjutnya bahan baku *propylene* dan *chlorine* yang telah dipanaskan kemudian diumpankan ke dalam reaktor PFR-201 yang berisi katalis padat *ferric chloride* (FeCl_3). Di dalam reaktor terjadi proses klorinasi *propylene* menjadi *allyl chloride* dan asam klorida. Reaktor yang digunakan berjumlah 1 yaitu reaktor jenis *Fixed Bed (multi tube)* dengan kondisi non isothermal dan non adiabatik. Reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis sehingga diperlukan pendingin. Panas yang dihasilkan selama reaksi diserap oleh media pendingin *Dowtherm A*. Reaktor dioperasikan pada suhu 500°C dengan tekanan 10 atm. Kemudian keluaran reaktor dialirkan ke Ekspander-201 guna menurunkan tekanan menjadi 2 atm, 410°C. Setelah itu, keluaran di dinginkan kembali di *cooler* (C-201)

sampai suhu 100°C , tekanan 2 atm. Keluaran dari *cooler* (C-201) kemudian didinginkan kembali di *condensor* (CD-201) sampai berubah fase menjadi cair pada suhu 32°C , tekanan 3 atm. Selanjutnya, produk dimasukkan ke dalam menara destilasi.

1.8.3 Tahap Pemurnian

Umpan masuk MD-301 dalam kondisi cair pada suhu 32°C tekanan 3 atm. Hasil atas MD-301 adalah produk samping yaitu HCL yang berfase uap lalu dimasukkan ke dalam *Condensor* (CD-301), diembunkan hingga suhunya berubah menjadi $-85,73^{\circ}\text{C}$, tekanan 1 atm dan selanjutnya di kirim ke tangki penyimpanan T-301 dengan kondisi operasi $-85,7^{\circ}\text{C}$ dan 2 atm menggunakan pompa pump (P-301). Sedangkan hasil bawah menara distilasi MD-301 adalah *Allyl Chloride* yang kemudian dimasukkan ke dalam Reboiler (Reb-301), penguapan yang dilakukan di Reboiler (Reb-301) menggunakan *steam* yang bersumber dari utilitas. Hasil keluaran Reboiler (Reb-301) pada suhu $90,07^{\circ}\text{C}$ tekanan 4 atm, sebagian dikembalikan ke MD-301. Hasil keluaran reboiler lalu di pompa kan menggunakan pump (P-302) dengan suhu $90,72^{\circ}\text{C}$ serta tekanan 13 atm menuju cooler (C-301) untuk didinginkan kembali menjadi 33°C dan dengan tekanan 13 atm. Selanjutnya *Allyl Chloride* dengan kemurnian 99% disimpan ke dalam tanki penyimpanan (T-302) dengan kondisi operasi 33°C dan tekanan 13 atm.

1.9 Tinjauan Termodinamika

Termodinamika sangat penting untuk menganalisa sembarang sistem yang melibatkan perpindahan energi. Berbagai pemakaian termodinamika yang praktis dan lazim dalam rekayasa adalah untuk menganalisa berbagai sistem yang mengandung suatu zat kerja, biasanya dalam fase cair atau gas, yang mengalir di dalam peralatan. Berbagai sistem yang menjadi pusat perhatian disini adalah sistem-sistem yang menghasilkan suatu konversi energi. Dalam berbagai sistem yang membangkitkan daya, perhatian difokuskan pada pengkonversian energi dalam dari molekul-molekul bahan bakar hidrokarbon menjadi energi listrik atau mekanis (Reynolds dan Perkins, 1977). Untuk menentukan sifat reaksi berjalan

eksotermis atau endotermis, diperlukan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada kondisi operasi 1 atm dan 298°K

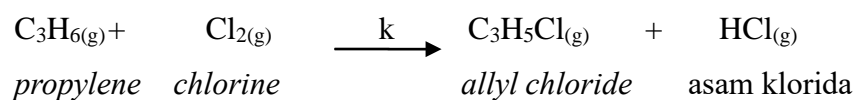
Tabel 1.6 Harga ΔH_f° Masing-Masing Komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
C ₃ H ₆	2,043 .10 ⁴
C ₃ H ₅ Cl	-6,280 .10 ²
C ₃ H ₆ Cl ₂	-1,660 .10 ⁵
HCl	-9,236 .10 ⁴

Sumber: (Reid, R. C, "The Properties of Gases and Liquid", ed. IV, 1978)

Secara termodinamika reaksi *chlorination propylene* dapat dilihat dari harga entalpi pembentukan antara produk dan reaktan sebagai berikut:

Reaksi pada tekanan 1 atm dengan suhu 25°C (298,15 K)



$$\Delta H_f^\circ 298,15 \text{ K} = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_5\text{Cl} + \Delta H_f^\circ \text{ HCl}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta H_f^\circ \text{ Cl}_2)$$

$$= (-6,280 .10^2 \text{ kJ/kmol} + (-9,236 .10^4 \text{ kJ/kmol})) - (2,043 .10^4 \text{ kJ/kmol} + 0 + \text{kJ/kmol})$$

$$= -9,5031.10^4 \text{ kJ/kmol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga enthalpy reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepaskan panas.

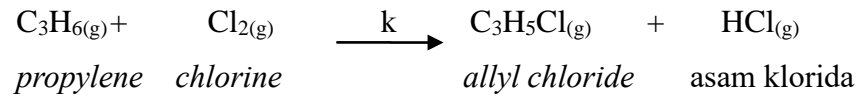
Tabel 1.7 Harga ΔG_f° masing masing Komponen

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol)
C ₃ H ₆	6,276 .10 ⁴
C ₃ H ₅ Cl	4,363 .10 ⁴
C ₃ H ₆ Cl ₂	-8,315 .10 ⁴
HCl	9,533 .10 ⁴

Sumber: (Reid, R. C, "The Properties of Gases and Liquid", ed. IV, 1978)

Bila ditinjau dari energi bebas *Gibbs* diperoleh:

Mencari nilai $\Delta G_f^\circ 298,15 \text{ K}$ pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C (298,15 K)



$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ \text{ 298,15 K} &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_5\text{Cl} + \Delta G_f^\circ \text{ HCl}) - (\Delta G_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta G_f^\circ \text{ Cl}_2) \\ &= (4,363 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol} + 9,533 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}) - (6,276 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol} \\ &\quad 0 + \text{kJ/kmol}) \\ &= 7,62 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ \text{ 298,15 K} &= -R T \ln K \text{ 298,15} \\ 7,62 \cdot 10^4 \text{ kJ/mol} &= - (0,008314 \text{ kJ/mol K}) \times (298,15 \text{ K}) \times \ln K \text{ 298,15} \\ 7,62 \cdot 10^4 \text{ kJ/mol} &= -2,4788191 \text{ kJ/mol} \times \ln K \text{ 298,15} \\ \ln K \text{ 298,15} &= \frac{7,62 \cdot 10^4 \text{ kJ/mol}}{-2,4788191 \text{ kJ/mol}} \\ \ln K \text{ 298,15} &= -30.720,44 \\ K \text{ 298,15} &= 3,424 \times 10^4 \end{aligned}$$

Dengan : K = Konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu

T = Suhu tertentu

ΔH_f = Panas reaksi standar pada 298,15 K

(Smith & VanNess, 1987)

Pada suhu 500°C (773,15 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln \frac{K}{K_0} &= -\frac{\Delta H_f}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \\ \ln \frac{K}{K_0} &= -\left(\frac{-95.031}{8,314} \right) = \left(\frac{1}{773,15} - \frac{1}{298,15} \right) \\ K &= 23,54629 \end{aligned}$$

Karena harga $K = k_1/k_2$ besar, berarti k_2 jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan harga k_1 sehingga k_2 diabaikan terhadap k_1 dan reaksi dianggap berjalan satu arah (*irreversible*).

1.8 Tinjauan Kinetika

Berikut merupakan daftar nilai kinetika reaksi pada pembuatan *allyl choride* yang didapatkan dari (Turja, 2011).

- a. Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.1) didapatkan nilai

$$r_1 : k_1 \times P(\text{CH}_3\text{H}_6) \times P(\text{Cl}_2)$$

$$k_1 : 33,01562 \exp \frac{-15118}{RT} \quad (\text{kmol Cl}_2 \text{ reacted} / \text{h m}^3)$$

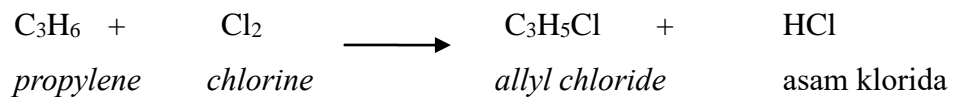
- b. Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.2) didapatkan nilai

$$r_2 : k_2 \times P(\text{CH}_3\text{H}_6) \times P^2(\text{Cl})$$

$$k_2 : 185,5 \exp \frac{-113811}{RT} \quad (\text{kmol Cl}_2 \text{ reacted} / \text{h m}^3)$$

1.10 Uji Ekonomi Awal

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.6.



Tabel 1.8 Harga Bahan Baku

Bahan Baku	Berat Molekul (kg/mol)	Harga (Rp/Kg)
Bahan Baku		
<i>Propylene</i>	42,08	19.000
<i>Chlorine</i>	70,90	7.500
Produk		
<i>Allyl Chloride</i>	76,52	35.000
Asam Klorida	36,46	7.000

Sumber: (Alibaba.com)

Untuk menghitung kebutuhan bahan baku dan produk maka harus dikonversikan terlebih dahulu.

Bahan Baku

- a. *Propylene* = 42,08 Kg/mol x Rp. 19.000/Kg
=Rp. 799.520
- b. *Chlorine* = 70,90 Kg/mol x Rp. 7.500/Kg
= Rp. 53.1750

Produk

- a. *Allyl Chloride* = 76,52 Kg/mol x Rp. 35.000/Kg
= Rp. 2.678.200
- b. *Asam Klorida* = 36,46 Kg/mol x Rp. 7.000/Kg
= Rp. 255.220

$$\begin{aligned} \text{Analisa Ekonomi} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp. } 2.933.420 - 1.331.270 \\ &= \text{Rp. } 1.602.150 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\ &= \frac{1.602.150}{1.331.270} \times 100\% \\ &= 120,35\% \end{aligned}$$