

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang terbanyak keempat di dunia. Selain memiliki jumlah penduduk yang banyak Indonesia juga kaya akan sumber daya alam. Dengan melimpahnya sumber daya manusia dan sumber daya alam harusnya Indonesia mampu menjadi negara yang mandiri tidak bergantung *import* dari negara lain sehingga bisa menjadikan perekonomian Indonesia menjadi lebih maju. Akan tetapi hingga saat ini jumlah import di Indonesia sangat tinggi, salah satu penyebab hal ini dapat terjadi karena di Indonesia masih terkendala pada keterbatasan teknologi dan modal dalam mengelola potensi sumber daya alam menjadi sebuah kekuatan ekspor yang menghasilkan produk dengan nilai tambah tinggi (Jeshika, 2019).

Semakin Berkembangnya industri kimia, otomotif, dan elektronik yang begitu pesat menjadikan pengaruh peningkatan penggunaan epiklorohidrin di setiap tahunnya. Epiklorohidrin dengan rumus kimia C_3H_5ClO (*1-chloro-2,3-epoxy-propane*) adalah cairan tak berwarna yang bersifat mudah terbakar, beracun, larut dalam bahan pelarut organik dan sedikit larut dalam air (Perry et al., 2000). Epiklorohidrin dalam industri kimia digunakan pada proses pembuatan resin epoksi, gliserin sintesis, surfaktan, *elastomer* dan lain-lain, Sedangkan dalam industri otomotif dan elektronik, epiklorohidrin juga dapat digunakan pada proses *painting and coating* Hofen et al., 2013).

Saat ini belum terdapat pabrik epiklorohidrin di Indonesia sehingga kebutuhan industri akan epiklorohidrin dipenuhi dari hasil impor. Bahan baku epiklorohidrin adalah diklorohidrin dan natrium hidroksida. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku diklorohidrin saat ini Indonesia masih mengandalkan impor dari luar negeri. Dengan adanya pabrik epiklorohidrin di Indonesia diharapkan akan memacu pertumbuhan industri Diklorohidrin untuk berkembang di Indonesia.

Menurut data BPS pada tahun 2016-2020 kebutuhan Epiklorohidrin rata-rata pertahunnya sekitar 770.000 kg/tahun dan akan terus meningkat setiap tahunnya sehingga pendirian pabrik epiklorohidrin ini diharapkan dapat

membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat menurunkan angka pengangguran dan dapat mengurangi ketergantungan impor di Indonesia. Dengan pendirian pabrik epiklorohidrin akan memicu tumbuhnya industri lain yang menggunakan epiklorohidrin dan berkembangnya sumber daya manusia di Indonesia. Sehingga diharapkan dengan pendirian pabrik epiklorohidrin tersebut selain dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri juga dapat bersaing secara ekonomi di pasar global dan pada akhirnya akan meningkatkan perekonomian negara.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Tinjauan Berbagai Proses

1. Pembuatan Epiklorohidrin dengan Mereaksikan Diklorohidrin dan Natrium Hidroksida.

Dengan reaksi sebagai berikut :

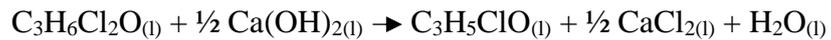


Epiklorohidrin diproduksi dari reaksi antara diklorohidrin dan natrium hidroksida sehingga membentuk epiklorohidrin dan natrium klorida. Reaksi dijalankan dalam suatu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Suhu reaksi yang terjadi di dalam reaktor pada kisaran suhu 40-90°C dan reaksi dijalankan pada tekanan atmosferis (Patrick Gilbeau, 2010).

Reaksi pembentukan epiklorohidrin tersebut membutuhkan pelarut organik seperti benzena, toluena, dan 1,2,3-trikloropropan. Dipilih pelarut 1,2,3-trikloropropan karena memiliki densitas lebih berat daripada air dan titik didihnya berada di antara titik didih epiklorohidrin dan diklorohidrin. (Viriot *et al*, 1957). Pembentukan epiklorohidrin 1,3-dichloro-2-propanol (8,25 mol) dengan 18% natrium hidroksida (7,9 mol). Koversi yang terjadi sebesar 93% dengan waktu tinggal dalam rentang waktu 1 detik-180 menit. (Dirix *et al*, 2015)

2. Pembuatan Epiklorohidrin dengan Mereaksikan Diklorohidrin

dan Kalsium Hidroksida



Epiklorohidrin dengan hasil samping kalsium klorida diproduksi dari reaksi antara diklorohidrin dan kalsium hidroksida menggunakan kondisi operasi reaksi dalam rentang suhu 60°C sampai 110°C dan pada tekanan atmosferis. Pada proses ini digunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan konversi sebesar 88,2% pada suhu 100°C. (US.Patent 4634784)

1.2.2 Tinjauan Secara Teknis

Untuk menghasilkan epiklorohidrin kondisi operasi tiap proses berbeda-beda sehingga dilakukan perbandingan antara berbagai proses berdasarkan faktor teknis.

Tabel 1. 1 Tinjauan Berbagai Proses

Spesifikasi	Proses 1	Proses 2
Reaktor	1 RATB (***)	RATB (***)
Jumlah reaksi	1 (****)	1 (****)
Fase Reaksi	Cair (****)	Cair (****)
Suhu (oC)	40-90°C (****)	60-100°C (***)
Tekanan	Atmosferik (****)	Atmosferik (****)
Konversi	93% (****)	88,2% (***)
Nilai	23	21

Keterangan : Kurang (*)

Cukup (**)

Baik (***)

Sangat baik (****)

Dari tinjauan secara teknis, dapat disimpulkan bahwa proses yang paling baik adalah proses 1 yaitu proses pembentukan epiklorohidrin dengan mereaksikan diklorohidrin dan natrium hidroksida dengan nilai pertimbangan pemilihan proses terbesar.

1.2.3 Tinjauan Secara Ekonomis

Tabel 1. 2 Menghitung analisa ekonomi awal

	Komponen				
	1	2	3	4	5
1.	-1	-1	+1	+1	+1
2.	-1	-0,5	+1	+0,5	+1
Jumlah (rx 1)	-1	-1	+1	+1	+1
Jumlah (rx 2)	-1	-0,5	+1	+0,5	+1

Tabel 1. 3 Analisa Perhitungan ekonomi awal reaksi 1

Komponen	BM (g/mol)	Mol	Massa	Harga (rp/kg)	Total Harga Reaktan	Total Harga Produk
Diklorohidrin $C_3H_6Cl_2O$	128,99	1	128,99	13.650	1.760.713	
NaOH	40	1	40	3.000	120.000	
Trikloropropan $C_3H_5Cl_3$	147,44			13.800	13.800	
HCl	36,5			4.500	4.500	
Epiklorohidrin C_3H_5ClO	92,52	1	92,52	198.000		18.318.960
NaCl	58,44	1	58,44	4.500		262.980

H ₂ O	18	1	18			
Jumlah					1.899.013	18.581.940

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \text{total harga jual} - \text{total harga reaktan} \\ &= 18.581.940 - 1.899.013 \\ &= \text{Rp}16.682.927 \end{aligned}$$

Tabel 1. 4 Analisa perhitungan ekonomi awal reaksi 2

Komponen	BM (g/mol)	Mol	Massa	Harga (rp/kg)	Total Harga Reaktan	Total Harga Produk
C ₃ H ₆ Cl ₂ O	128,99	1	128,99	13.650	1.760.713	
Ca(OH) ₂	40	0,5	37	67500	2.497.500	
C ₃ H ₅ ClO	92,52	1	92,52	198.000		18.318.960
CaCl ₂	111	0,5	133,2	1.500		199.800
H ₂ O	18	1	18			
Jumlah					4.258.213	18.518.760

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \text{total harga jual} - \text{total harga reaktan} \\ &= 18.520.740 - 4.258.213 \\ &= \text{Rp}14.260.547 \end{aligned}$$

Dari peninjauan secara potensial ekonomi (PE) dapat disimpulkan bahwa proses 1 memiliki PE yang tertinggi yakni Rp16.682.927/kmol dibandingkan dengan proses 2 sebesar Rp. 14.260.547/kmol. Konversi pada proses 1 di dapat 93% sedangkan proses 2 didapat 88% Sehingga, proses 1 tetap lebih layak untuk dipilih.

a. Tinjauan Termodinamika

Konsep Tinjauan Termodinamika dari pembuatan

epichlorohidrin ditinjau dari reaksi:



Menghitung $\Delta H_f^{\circ} 298$ reaksi

$\Delta H^{\circ} f$ menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun yang dihasilkan. $\Delta H^{\circ} f$ positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas selama berlangsungnya reaksi (endotermis), sedangkan jika $\Delta H^{\circ} f$ negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama berlangsungnya reaksi (eksotermis). Semakin besar $\Delta H^{\circ} f$ maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan.

Data-data energi pembentukan ($\Delta H^{\circ} f$) di setiap komponen pada keadaan standar 298 K:

Tabel 1. 5 Data energi pembentukan

Komponen	ΔH_f°	
NaOH	-416,88	kJ/mol
H ₂ O	-285,83	kJ/mol
C ₃ H ₅ ClO	-148,4	kJ/mol
C ₃ H ₆ Cl ₂ O	-385,4	kJ/mol
NaCl	-407,27	kJ/mol

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= \{(\Delta H_f^{\circ} \text{ produk}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{ reaktan})\} \\ &= (-841,5) - (-802,28) \\ &= -39,22 \text{ kJ/mol} = -9,377502 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai ΔH_{298} negatif, jadi reaksi pembentukan epichlorohidrin bersifat eksotermis.

Menghitung ΔG° reaksi

ΔG° menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG° positif menunjukkan reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan sehingga membutuhkan energi

tambahan dari luar, sedangkan jika ΔG° negatif menunjukkan reaksi dapat berlangsung secara spontan sehingga sedikit membutuhkan energi.

Data-data energi gibbs (ΔG°) di setiap komponen pada keadaan standar 298 K:

$$\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}: -83,09 \quad \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{ NaOH} \quad : -419,15 \quad \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_5\text{ClO} \quad : -36,74 \quad \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{ NaCl} \quad : -393,1 \quad \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O} \quad : -228,60 \quad \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan}$$

$$= -156,2 \text{ KJ/mol}$$

$$= -37,3327 \text{ kkal/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai ΔG° negatif (-37,3327 kkal/mol), jadi reaksi pembentukan epichlorohidrin dapat berjalan secara spontan. Perhitungan harga konstanta kesetimbangan dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

$$\ln K = \frac{\Delta G_{298}}{-RT}$$

Dimana :

ΔG° = Energi Bebas Gibbs Standar (kkal/mol)

R = Tetapan Gas Ideal (1,987 kkal/mol.K)

T = Temperatur (K)

K = Konstanta Keseimbangan

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada Treferensi = 298K adalah sebagai berikut:

$$\ln K_{298} = \frac{\Delta G_{298}}{-RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-37,3327 \text{ kkal/mol}}{-\left(1,987 \times 10^{-3} \frac{\text{kkal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right) \times 298 \text{ K}}$$

$$\ln K_{298} = 63,048574$$

$$K_{298} = 4,14391$$

Reaksi dijalankan pada temperatur 80°C, sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 80°C (353 K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}$$

$$\int_{K_1}^{K_2} d \ln K = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\ln K_2 - \ln K_1 = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$\ln K_{353} - \ln K_{298} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[\frac{1}{T_{298}} - \frac{1}{T_{353}} \right]$$

$$\ln K_{353} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[\frac{1}{T_{298}} - \frac{1}{T_{353}} \right] + \ln K_{298}$$

$$= \frac{-9,377502 \text{ kkal/mol}}{1,987 \times 10^{-3} \frac{\text{kkal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \times \left[\frac{1}{T_{298}} - \frac{1}{T_{353}} \right] + 4,14391$$

$$= 19,559349$$

$$K_{353} = 2,97345$$

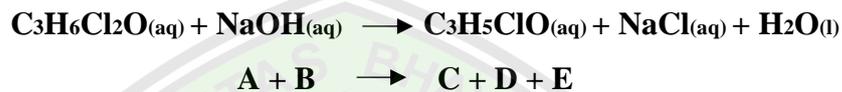
$$K > 1$$

Geankoplis, 1999

Dari perhitungan diatas didapat harga $k > 1$, menunjukkan bahwa reaksi bersifat irreversible (searah), yaitu bergeser ke arah kanan atau ke arah pembentukan produk.

b. Tinjauan Kinetika

Kinetika berhubungan erat dengan kecepatan reaksi kimia. Faktor konsentrasi, suhu dan tekanan sangat berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi maupun pada kecepatan reaksi. Adapun, reaksi pembentukan epiklorohidrin dari diklorohidrin dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut :



Menentukan Persamaan Konstanta Laju Reaksi (k)

Reaksi berorde dua, maka persamaan laju reaksi sebagai berikut :

$$-r_B = k \times C_A \times C_B$$

$$-r_B = k \times C_{B0} \times (M - X_B) \times C_{B0} \times (1 - X_B)$$

Persamaan Neraca Mol :

$$\mathbf{R_{in} - R_{out} + R_{gen} = R_{acc}}$$

$$F_{B0} - (F_{B0} - F_{B0} \cdot X_B) + r_B \cdot V = 0$$

$$F_{B0} \cdot X_B + r_B \cdot V = 0$$

$$r_B \cdot V = - F_{B0} \cdot X_B$$

$$V = \frac{F_{B0} \cdot X_B}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = \frac{C_{B0} \cdot FV \cdot X_B}{k \cdot C_{B0} (M - X_B) \cdot C_{B0} (1 - X_B)}$$

$$V = \frac{C_{B0} \cdot FV \cdot X_B}{k \cdot C_{B0} (M - X_B) \cdot (1 - X_B)}$$

$$\frac{v}{FV} = \frac{X_B}{k \cdot C_{B0} (M - X_B) \cdot C_{B0} (1 - X_B)}$$

$$t = \frac{X_B}{k \cdot C_{B0} (M - X_B) \cdot (1 - X_B)}$$

$$k = \frac{X_B}{t \cdot C_{B0} (M - X_B) \cdot (1 - X_B)}$$

Maka, nilai konstanta laju reaksi (k) pada Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dapat ditentukan dengan persamaan

$$k = \frac{XB}{t.CBo(M-XB).(1-XB)}$$

$$XB = 0,93$$

$$Cao = 0,002098218$$

$$Cbo = 0,002098218$$

$$M = Cao/Cbo$$

$$= \frac{0,002098218}{0,002098218} = 1$$

$$t = 1,2489 \text{ jam}$$

$$k = \frac{XB}{t.CBo(M-XB).(1-XB)}$$

$$k = 7242,83515 \text{ liter/kmol.jam}$$

$$-rB = k \times CBo \times (M - XB) \times CBo \times (1 - XB)$$

$$-rB = 0,00156 \text{ kmol/liter.jam}$$

