

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan Industri kimia di Indonesia semakin pesat. Hal ini menyebabkan tingkat kebutuhan akan bahan kimia sangat tinggi. Di Indonesia, industri kimia sudah mampu memproduksi sendiri, namun kapasitas yang diproduksi dalam negeri belum mampu menutupi akan kebutuhan konsumsi dalam negeri. Salah satu industri kimia yang memiliki kegunaan penting dan memiliki prospek yang bagus adalah industri surfaktan, mengingat kebutuhan akan produk-produk pembersih saat ini cukup tinggi.

Surfaktan atau *surface active agents* merupakan senyawa aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka yang dapat diproduksi melalui sintesis kimiawi maupun sintesis biokimiawi. Karakteristik utama surfaktan adalah bersifat amfifilik yaitu senyawa yang memiliki dua gugus yang berlainan sifat dalam satu molekulnya, yaitu gugus polar dan non polar yang bersifat hidrofobik, sehingga mampu menyatukan kedua bahan yang berbeda kepolarannya. Jenis surfaktan yang paling banyak digunakan adalah surfaktan anionik dan nonionik. (Hambali, dkk, 2012)

Sodium lauryl sulfate atau SLS merupakan jenis surfaktan anion yang terdapat dalam produk-produk pembersih. Fungsi surfaktan ini adalah menurunkan tegangan permukaan air. Sehingga kotoran dan minyak lebih mudah diangkat atau dibersihkan. SLS juga berfungsi sebagai *foaming agent* atau penghasil busa pada produk-produk tertentu.

Dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *Sodium lauryl sulfat* di Indonesia, mengurangi jumlah impor, dan dapat membuka lapangan pekerjaan baru.

1.1.1 Alasan Pendirian Pabrik

Sodium Lauryl Sulfat merupakan bahan kimia yang penting bagi kebutuhan industri sebagai komponen utama dari produk-produk yang berbahan dasar

surfaktan seperti sabun, pembersih lantai, shampoo, pasta gigi dan lain-lain. Dengan mempertimbangkan banyaknya industri pembuatan sabun di Indonesia serta kebutuhan masyarakat yang sangat besar dalam penggunaan produk ini maka semakin besar kebutuhan industri dalam memproduksi, maka dari itu alasan dari pembuatan *Sodium Lauryl Sulfat* ini adalah untuk memasok kebutuhan industri akan bahan baku pembuatan sabun.

Pendirian pabrik *Sodium Lauryl Sulfat* di Indonesia diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri dan negara-negara Asia Tenggara, serta dapat memberikan pendapatan bagi negara dari sektor pajak dan tentunya dapat membuka lapangan pekerjaan dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

1.1.2 Maksud dan Tujuan

1.1.2.1 Maksud

Maksud dari pendirian pabrik Sodium Lauryl Sulfat adalah untuk memenuhi kebutuhan Sodium Lauryl Sulfat dalam negeri khususnya perusahaan yang membutuhkan bahan baku SLS ini. Diharapkan dengan adanya pendirian pabrik ini mampu memasok kebutuhan SLS didalam negeri maupun luar negeri.

1.1.2.2 Tujuan

Tujuan dari didirikannya pabrik Sodium Lauryl Sulfat adalah untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri terutama industri sabun, shampoo, pasta gigi dan lain-lain serta mengaplikasikan disiplin ilmu Teknik Kimia dengan merancang sebuah proses.

1.1.3 Penentuan Kapasitas Produksi

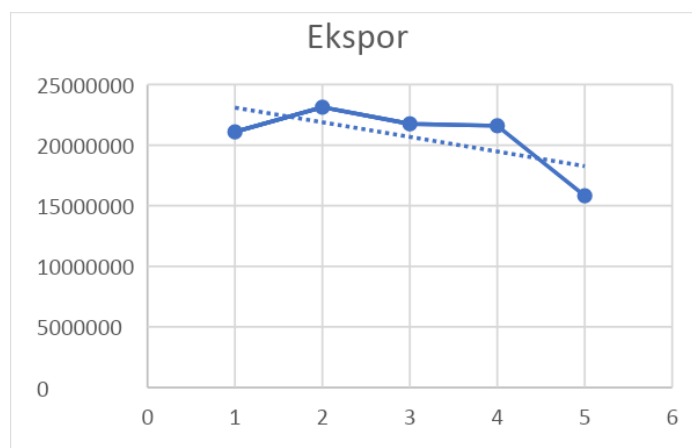
Kebutuhan *sodium lauryl sulfat* di Indonesia semakin meningkat sejalan dengan semakin berkembangnya industri di Indonesia. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.1. Data ekspor *sodium lauryl sulfat*

Tahun	Ekspor (kg/tahun)
2017	21,096,331.83
2018	23,133,757.20
2019	21,762,673.22
2020	21,602,089.13
2021	15,825,245.38

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan tabel di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara kebutuhan produk dengan tahun produksi sebagai berikut.



Gambar 1.1. Grafik perkembangan ekspor *sodium lauryl sulfat*

Dari persamaan di atas, diperoleh kebutuhan ekspor sodium lauryl sulfat pada tahun 2026 adalah :

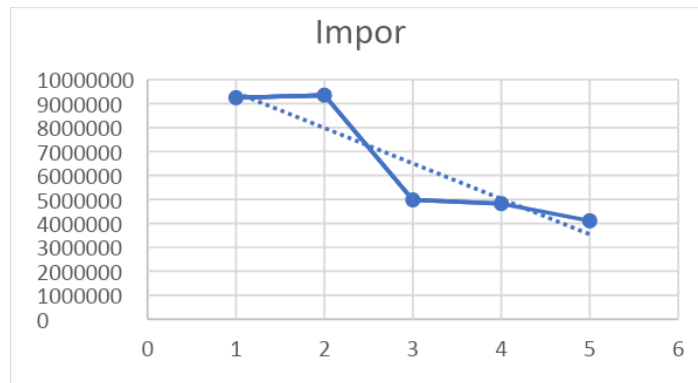
$$y = -183979x^3 + 625953x^2 + 629866x + 2E+07$$

$$y = 15.800,780 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.2. Data impor *sodium lauryl sulfat*

Tahun	Impor (kg/tahun)
2017	9,243,427.00
2018	9,348,718.00
2019	4,978,188.00
2020	4,824,341.00
2021	4,106,241.00

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2022)



Gambar 1.2. Grafik perkembangan impor *sodium lauryl sulfat*

Dari persamaan di atas, diperoleh kebutuhan impor sodium lauryl sulfat pada tahun 2026 adalah :

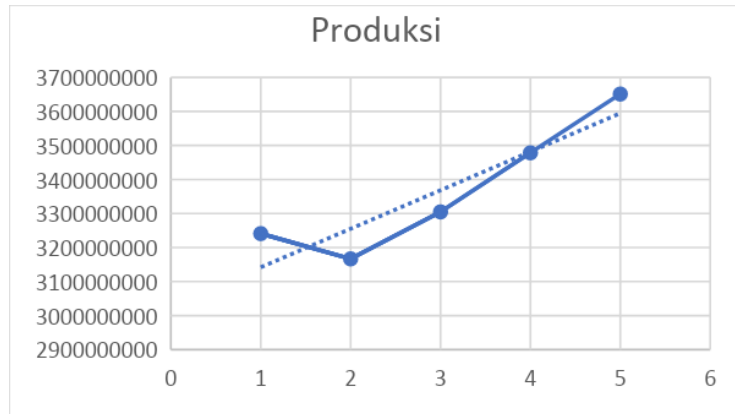
$$y = -561393x^4 + 7E+06x^3 - 3E+07x^2 + 5E+07x - 2E+07$$

$$y = 5.000 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.3. Data produksi *sodium lauryl sulfat*

Tahun	Kapasitas (kg)
2011	3,240,928,600
2012	3,166,642,079
2013	3,304,694,066
2014	3,478,308,980
2015	3,651,096,352

(Sumber : comtrade.un.org)



Gambar 1.3. Grafik perkembangan produksi *sodium lauryl sulfat*

Dari persamaan di atas, diperoleh kebutuhan produksi sodium lauryl sulfat pada tahun 2026 adalah :

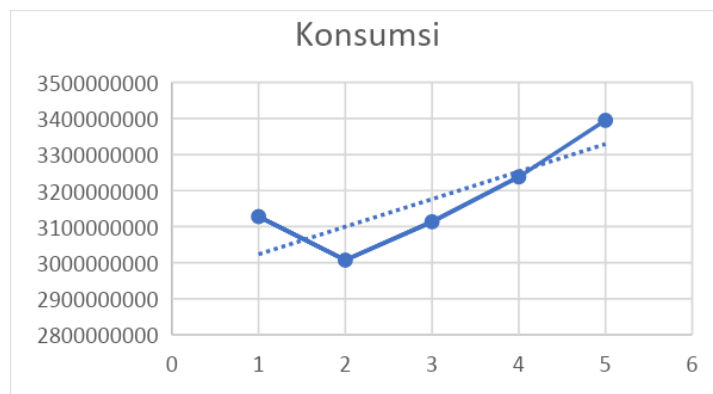
$$y = 4E+07x^2 - 1E+08x + 3E+09$$

$$y = 3.500.000 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.4. Data konsumsi *sodium lauryl sulfat*

Tahun	Kapasitas (kg)
2011	3,127,931,634
2012	3,007,109,834
2013	3,113,547,525
2014	3,237,991,545
2015	3,394,824,595

(Sumber : comtrade.un.org)



Gambar 1.4. Grafik perkembangan konsumsi *sodium lauryl sulfat*

Dari persamaan di atas, diperoleh kebutuhan konsumsi sodium lauryl sulfat pada tahun 2026 adalah :

$$y = 9E+06x^4 - 1E+08x^3 + 6E+08x^2 - 1E+09x + 4E+09$$

$$y = 3.500.000 \text{ ton/tahun}$$

Untuk menghitung kapasitas produksi pabrik sodium lauryl sulfat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

Dimana :

M1 = Nilai impor tahun didirikan

M2 = Produksi pabrik di dalam negeri

M3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

M4 = Nilai ekspor tahun pabrik didirikan

M5 = Konsumsi dalam negeri tahun didirikan

Sehingga peluang produksi pabrik pada tahun 2026 adalah

$$M1 = 5.000$$

$$M2 = 3.500.000$$

$$M4 = 15.800,780$$

$$M5 = 3.500.000$$

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

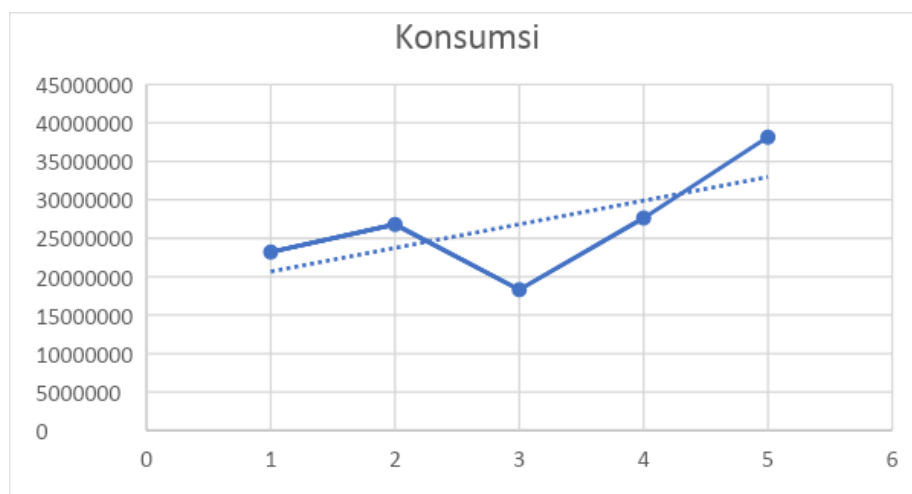
$$M3 = (15.800,780 + 3.500.000) - (5.000 + 3.500.000)$$

$$M3 = 10.800,780 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diprediksikan kebutuhan *sodium lauryl sulfat* pada tahun 2026 sebesar 10.800,780 ton/tahun. Setelah dilakukan perhitungan biaya, upah buruh dan lain-lain, maka kami memutuskan untuk menambah kapasitas produksi kami dengan mengambil pangsa pasar negara tetangga yaitu Filipina dengan data konsumsi SLS sebagai berikut :

Tabel 1.5. Data Konsumsi *Sodium Lauryl Sulfate* Filipina

Tahun	Kapasitas (kg)
2011	23.206.733
2012	26.801.165
2013	18.309.764
2014	27.639.717
2015	38.156.093



Gambar 1.5. Grafik perkembangan konsumsi SLS di negara Filipina

Dari persamaan di atas, diperoleh kebutuhan konsumsi sodium lauryl sulfat di Filipina pada tahun 2026 adalah :

$$y = 1E+06x^3 - 8E+06x^2 + 2E+07x + 1E+07$$

$$y = 35.000 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga peluang produksi pabrik pada tahun 2026 jika ditambah konsumsi SLS di Filipina adalah

$$M1 = 5.000$$

$$M2 = 3.500.000$$

$$M4 = 15.800,780$$

$$M5 = 3.500.000$$

$$M6 = 35.000$$

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5 + M6) - (M1 + M2)$$

$$M3 = (15.800,780 + 3.500.000 + 35.000) - (5.000 + 3.500.000)$$

$$M3 = 45.800,78 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diprediksikan kebutuhan *sodium lauryl sulfat* pada tahun 2026 sebesar 45.800,78 ton/tahun. Setelah dilakukan pertimbangan *stock* produksi, maka kapasitas menjadi 45.000 ton/tahun.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Sodium Lauryl Sulfat

Sodium Lauryl Sulfat yang mempunyai nama IUPAC *Sodium Dodecyl Sulfate*. Merupakan suatu senyawa yang berupa cairan tak berwarna dan tidak berbahaya. Rumus molekulnya adalah $C_{12}H_{25}SO_4Na$ dengan berat molekul 288 gram/mol.

Sodium Lauryl Sulfat merupakan senyawa hidrokarbon yang memiliki gugus OSO_3H (gugus sulfat) dan termasuk dalam senyawa sulfat. Proses pembentukannya disebut sebagai reaksi sulfatasi. Reaksi sulfatasi ialah reaksi pemasukan gugus $-OSO_3H$ ke dalam suatu senyawa.

Penggunaan hasil-hasil proses sulfatasi antara lain:

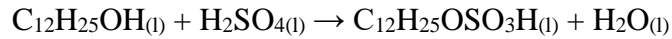
- Sebagai bahan setengah jadi atau antara untuk bahan yang akan mengalami proses selanjutnya.
- Sebagai bahan pencuci yang berfungsi sebagai pemerataan kebasaaan dari serat sebelum diberi warna.
- Sebagai katalisator pada reaksi-reaksi bahan organik.

1.2.2 Seleksi Proses

1. Proses Produksi

Untuk menghasilkan sodium lauryl sulfat dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

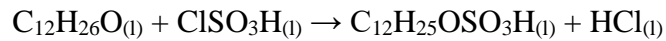
- a. Sulfatasi dengan pereaksi asam sulfat



Cara ini merupakan cara yang pertama kali dilakukan untuk proses sulfatasi. Reaksi terjadi pada suhu 40°C dengan tekanan 1 atm di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi 98%, menghasilkan asam lauryl sulfat dan kemudian dinetralkan dengan larutan NaOH, menghasilkan sodium lauryl sulfat. Produk yang dihasilkan memiliki kenampakan yang baik.

(Helmut W. Stache, 1995 dan Chemithon, 1997)

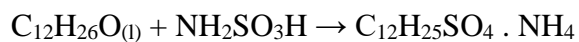
- b. Sulfatasi dengan pereaksi asam klorosulfonik



Reaksi terjadi pada temperatur 30°C, dengan konversi 98%, reaksi dijalankan secara batch dan menghasilkan produk yang sifat kenampakan dan konversi yang lebih tinggi, tetapi memiliki kekurangan yaitu terbentuknya hasil samping berupa HCl. Pemisahan HCl yang tidak sempurna akan mengganggu produk. Reaksi ini harus dijalankan pada temperatur serendah mungkin karena reaksinya eksotermis.

(Helmut W. Stache, 1995 dan N. Whitman 1958)

- c. Sulfatasi dengan pereaksi asam sulfamat



Reaksi terjadi pada suhu 120°C – 130°C selama beberapa jam, memiliki konversi yang lebih rendah dari dua reaksi diatas karena asam sulfamat yang bersifat kurang reaktif, memiliki hasil yang gelap dan yield yang sedikit serta harga asam sulfamat lebih mahal dari kedua reaktan di atas.

(Helmut W. Stache, 1995, P. 231-232)

(*Ramadhani & Azis, n.d.*)

2. Perhitungan Ekonomi

Perhitungan ekonomi berfungsi untuk mengetahui besarnya potensi ekonomi dari masing-masing proses.

Tabel 1.6. Harga bahan baku dan produk

Bahan dan Produk	BM (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
C ₁₂ H ₂₅ OH	186,34	2.996
H ₂ SO ₄ 98%	98,08	1.600
NaOH 48%	40	1.075
NaC ₁₂ H ₂₅ SO ₄	288,38	17.978
HCl	36,46	2.663
ClSO ₃ H	116,52	34.244
NH ₂ SO ₃ H	97	46.982
NH ₄ OH	35	627

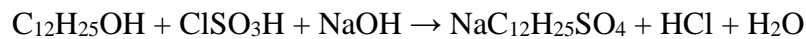
Sumber : www.indonesian.alibaba.com

Reaksi 1



$$\begin{aligned} \text{EP} &= (288,38 \times 17.978) - ((186,34 \times 2.996) + (98,08 \times 1.600) + (40 \times \\ &1.075)) \\ &= \text{Rp. } 4.426.293 \text{ /kgmol sodium lauryl sulfat} \end{aligned}$$

Reaksi 2



$$\begin{aligned} \text{EP} &= ((288,38 \times 17.978) + (36,46 \times 2.663)) - ((186,34 \times 2.996) + (116,52 \times \\ &36.244) + (40 \times 1.075)) \\ &= \text{Rp. } 690.203 \text{ /kgmol sodium lauryl sulfat} \end{aligned}$$

Reaksi 3



$$\begin{aligned} \text{EP} &= ((288,38 \times 17.978) + (35 \times 627)) - ((186,34 \times 2.996) + (97 \times 44.982) + \\ &(40 \times 1.075)) \\ &= \text{Rp. } 47.912 \text{ /kgmol sodium lauryl sulfat} \end{aligned}$$

Dari ketiga jenis proses pembuatan *Sodium lauryl sulfat* yang telah dijelaskan di atas, dapat dibuat matriks pemilihan proses yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.7. Matriks perbandingan proses pembuatan *Sodium lauryl sulfat*

No	Parameter	Jenis Proses		
		Sulfatasi dengan pereaksi asam sulfat	Sulfatasi dengan pereaksi asam klorosulfonik	Sulfatasi dengan pereaksi asam sulfamat
1.	Bahan baku	Lauryl alkohol, H ₂ SO ₄ , NaOH	Lauryl alkohol, ClSO ₃ H, NaOH	Lauryl alkohol, NH ₂ SO ₃ H, NaOH
2.	Kondisi operasi	T = 20 – 40°C P = 1 atm	T = 25 – 40°C P = 1 atm	T = 120 – 130°C P = 1 atm
3.	Konversi	98%	97%	95%
4.	Yield	98%	83%	63%
5.	Reaktor	RATB	RAP	RATB
6.	Hasil Samping	H ₂ O	HCl	NH ₄ OH
7.	Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis
4.	Potensi ekonomi	Rp. 4.426.293	Rp. 690.203	Rp. 47.912

Dari ketiga jenis proses pembuatan *Sodium Lauryl Sulfat*, dipilih proses Sulfatasi dengan pereaksi asam sulfat, dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Nilai konversi dan *yield* yang dihasilkan cukup besar yaitu 98% jika dibandingkan proses lainnya, sehingga jumlah produk yang dihasilkan lebih banyak
- Hasil samping dari proses 1 berupa air, lebih mudah untuk dipisahkan dan tidak korosif dibandingkan HCl atau NH₄OH.
- Dari segi ekonomis, proses ke-1 mempunyai nilai potensial ekonomi yang lebih besar dibanding kedua proses lainnya.

1.2.3 Tinjauan Termodinamika

Konsep Tinjauan Thermodinamika pada pembentukan Sodium Lauryl Sulfat adalah sebagai berikut :



1.2.3.1 Menghitung $\Delta H^{\circ}R$

ΔH_f menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun yang dihasilkan. ΔH_f positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas selama berlangsungnya reaksi (endotermis), sedangkan jika ΔH_f negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama berlangsungnya reaksi (eksotermis). Semakin besar ΔH_f maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Data-data energi pembentukan (ΔH_f) di setiap komponen pada keadaan standar 298 K :

Tabel 1.8. Harga $\Delta H_f^{\circ} 298$ masing-masing bahan

No.	Komponen	$\Delta H_f^{\circ} 298$ (kJ/mol)
1.	$C_{12}H_{25}OH$	-528,5
2.	H_2SO_4	-813,989
3.	H_2O	-285,83
4.	$C_{12}H_{25}SO_4Na$	-798,03
5.	$NaOH$	-425,93

(Yaws, 1999)

$$\Delta H^{\circ}R = (\Delta H_f^{\circ} \text{ produk}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{ reaktan}) \quad (\text{S.K. Dogra, 1990})$$

$$\begin{aligned} &= [(\Delta H_f^{\circ} C_{12}H_{25}SO_4Na) + (\Delta H_f^{\circ} 2H_2O)] - [(\Delta H_f^{\circ} C_{12}H_{25}OH) + (\Delta H_f^{\circ} H_2SO_4) + (\Delta H_f^{\circ} NaOH)] \\ &= [(-798,03) + 2 \cdot (-285,83)] - [(528,5) + (-813,989) + (425,93)] \\ &= -1369,69 - (-140,441) \\ &= -1229,249 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan entalpi di atas, maka dapat disimpulkan reaksi yang terjadi pada proses tersebut bersifat eksotermis.

1.2.3.2 Menghitung $\Delta G^{\circ}R$

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.

Tabel 1.9. Harga $\Delta G^{\circ}_{f 298}$ masing-masing komponen

No.	Komponen	$\Delta G^{\circ}_{f 298}$ (kJ/mol)
1.	$C_{12}H_{25}OH$	-80,3
2.	H_2SO_4	157
3.	H_2O	-228,60
4.	$C_{12}H_{25}SO_4Na$	80,92
5.	$NaOH$	64,46

(Yaws, n.d.)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}R &= (\Delta G^{\circ}_f \text{ produk}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan}) && (SK Dogra, 1990) \\
 &= [(\Delta G^{\circ}_f C_{12}H_{25}SO_4Na) + (\Delta G^{\circ}_f 2H_2O)] - [(\Delta G^{\circ}_f C_{12}H_{25}OH) + (\Delta G^{\circ}_f \\
 &\quad H_2SO_4) + (\Delta G^{\circ}_f NaOH)] \\
 &= [(80,92) + 2 \cdot (-228,60)] - [(-80,3) + (157) + (64,46)] \\
 &= -376,28 - 146,16 \\
 &= -522,44 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari K pada saat setimbang :

$$\Delta G = 0$$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} - RT \ln K_{298} \quad (Charles G. Hill, 1977)$$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{298}$$

$$K_{298} = e^{\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right)}$$

$$K_{298} = e^{\left(\frac{-522,44}{1,987 \times 298}\right)}$$

$$K_{298} = 2,416$$

Setelah didapat ΔG° dan K_{298} , maka dapat dihitung ΔG dengan kondisi operasi dalam reaktor sebesar $40^{\circ}C = 313K$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} - RT \ln K_{298}$$

$$= -522,44 - (1,987 \times 313 \times \ln(2,416))$$

$$= -1071,05 \text{ kJ/mol}$$

Kemudian $K_{operasi}$ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln K_{operasi} - \ln K_{standar} = \frac{\Delta H^o}{R} \left(\frac{1}{T_{standar}} - \frac{1}{T_{operasi}} \right)$$

(Charles G. Hill, 1977)

$$\ln \frac{K_{operasi}}{K_{standar}} = \frac{\Delta H^o}{R} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{313} \right)$$

$$\frac{K_{operasi}}{K_{standar}} = \exp \exp - \left[\frac{\Delta H_{298}}{R} \left(\frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{standar}} \right) \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{K_{standar}} = \exp \exp - \left[\frac{-1229,249}{1,987} \left(\frac{1}{313} - \frac{1}{298} \right) \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{2,416} = \exp \exp (-0,0994)$$

$$\frac{K_{operasi}}{2,416} = 0,90538$$

$$K_{operasi} = 2,18739 \rightarrow K > 1$$

Dari perhitungan di atas, didapat harga $K > 1$ menunjukkan bahwa reaksi bersifat irreversible (searah) yaitu bergeser ke arah kanan/ke arah pembentukan produk.

1.2.4 Tinjauan Kinetika

Kinetika berhubungan erat dengan kecepatan reaksi kimia. Faktor konsentrasi, suhu, dan tekanan sangat berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi. Adapun reaksi pembentukan Sodium Lauryl Sulfat adalah sebagai berikut :



Dari jurnal *Anionic surfactant : Lauric Product*, didapatkan nilai k_a dari sodium lauryl sulfat sebesar $5,29 \times 10^{-1}$. Berdasarkan tinjauan termodinamika, diperoleh $K_{298} = 2,416$ Sehingga k_i dapat dihitung dengan persamaan :

$$K_{298} = \frac{k_a}{k_i}$$

$$k_i = \frac{k_a}{K_{298}} = \frac{5,29 \times 10^{-1}}{2,416} = 2,18 \times 10^{-1}$$

Untuk mencari Energi Aktivasi (E_a) dapat digunakan persamaan :

$$\ln \left(\frac{k_a}{k_i} \right) = \frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \left(\frac{5,29 \times 10^{-1}}{2,18 \times 10^{-1}} \right) = \frac{E_a}{8,3145} \times \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{313} \right)$$

$$\ln (2,426) = \frac{E_a}{8,3145} \times (1,608 \times 10^{-4})$$

$$0,886 = E_a \times (1,934 \times 10^{-5})$$

$$E_a = \frac{0,886}{1,934 \times 10^{-5}} = 45811,78 \text{ J/mol} = 45,81 \text{ KJ/mol}$$