

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang disertai dalam kemajuan bidang sektor industri yang telah menuntut semua negara lain dapat menuju ke arah bidang industri. Indonesia adalah salah satu negara terbesar yang memiliki wilayah laut dan daratan yang sangat luas dengan sumber daya alam yang sangat melimpah setelah melakukan berbagai perkembangan dalam bidang pembangunan di berbagai bidang sektor. Khususnya dalam bidang sektor industri kimia, yang masih terdapat kendala, Dimana Indonesia yang masih banyak memerlukan impor bahan baku dan produk kimia di luar negeri. Sebuah contoh dalam produk yang memerlukan impor yaitu sodium bikarbonat (natrium carbonate) yang sangat memiliki peranan penting di dalam industri baik hulu maupun hilir.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2019), rata-rata Indonesia mengimpor 87,153 ton sodium bikarbonat setiap tahunnya. Dimana Indonesia belum memiliki pabrik yang dapat diproduksi pada sodium bikarbonat, semenjak adanya sodium bikarbonat hanya diimpor dari luar negeri. Untuk menjadi kesepakatan tidak cukup berprestasi maka dari itu mendirikan pabrik sodium bikarbonat, dikarenakan dapat mengurangi impor bahan tersebut juga dapat menambah devisa negara jika memiliki ekspor.

Sodium bikarbonat (2NaHCO_3) merupakan bahan baku kimia yang berbentuk serbuk putih yang banyak digunakan untuk industri kosmetik, farmasi, makanan, dan berbagai industri lainnya seperti : karet, plastik, produk pencuci, dan proses tekstil. Sodium bikarbonat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri makanan (seperti : roti dan biskuit), maupun zat tambahan untuk pemadam kebakaran, dan sebagai obat kumur alami atau antasid untuk mengurangi asam lambung, mulas, dan lain sebagainya. Dengan proses pemanasan 2NaHCO_3 dapat terurai lagi menjadi Na_2CO_3 dan gas CO_2 . Secara komersial 2NaHCO_3 dipasarkan dengan kemurnian 9,6 % dan impurities sebesar 0,4 % berupa air. Dapat diipasaran 2NaHCO_3 dikenal

sebagai baking soda atau soda kue yang banyak digunakan pada industri makanan dan penyamakan kulit. (Wiberg, E, 2001).

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Natrium Karbonat (*Sodium Carbonate*)

Sodium karbonat Na_2HCO_3 merupakan salah satu bahan lunak yang dapat dilarutkan ke dalam air dingin dan kelarutan dalam air kira-kira 30% berat larutan yang dapat memiliki berat molekul sebesar 106 g/mol.

Dalam dunia perdagangan ini, Natrium karbonat banyak dimanfaatkan untuk industri kaca, obat-obatan, bahan makanan, *water treatment*, deterjen, industri pulp, kertas, industri tekstil dan lain sebagainya (Kirk and Othmer, 1979).

1.2.2 Karbon Dioksida

Pada Karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa kimia organik yang memiliki berbagai kegunaan komersial, dari produksi laser sehingga karbonasi minuman ringan. Senyawa ini ada secara alami di lingkungan bumi maupun diproduksi dalam berbagai cara, sedangkan (CO_2) komersial biasanya berasal dari produk samping industri.

Dalam Senyawa dapat terdiri dari dua yaitu molekul oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah molekul karbon. Sedangkan Gas ini menghasilkan melalui dekomposisi bahan organik serta melalui respirasi dan pembakaran. Pada suhu karbon dioksida tidak mudah berbau, tidak berwarna dan tidak dapat terbakar.

Gas ini juga bisa direkayasa menjadi padatan, Pada konsentrasi dapat memiliki tinggi karbon dioksida, karbon dioksida dapat bersifat beracun pada hewan dan manusia.

1.2.3 Natrium Bikarbonat (Sodium Hydrogen Carbonate)

Sodium bikarbonat merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus NaHCO_3 dimana senyawa ini tidak sering dikenal dengan nama soda kue (baking soda) dapat dimasuk ke dalam kelompok garam dan telah digunakan sejak lama.

Sodium bikarbonat umumnya dapat terbentuk serbuk putih ataupun padatan putih yang bersifat kristal maupun tidak berbau tajam. Senyawa ini memiliki berat molekul sebesar 84 g/mol dan struktur ini dapat dari senyawa yang terbentuk kristal monoklinik.

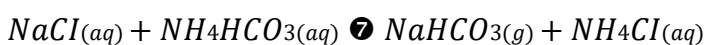
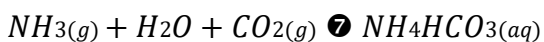
1.2.4 Macam-macam Proses Pembuatan Natrium bikarbonat

Dalam pembuatan Sodium bikarbonat didasarkan beberapa proses yang sangat penting diperhatikan, diantara lain yaitu :

a. Proses Amonium Soda

Proses Amonium-Soda sering juga disebut proses *Solvay*. Salah satu metode dalam industri alkali sodium bikarbonat (*sodium bicarbonate*). Pada proses ini sodium bikarbonat akan dihasilkan dari mereaksikan ammonia dan juga karbon dioksida dengan air. Dalam proses ini *Solvay* adalah proses yang paling tua dan bahkan masih bisa digunakan dalam pembuatan sodium bikarbonat. Pada proses yg digunakan pada air laut atau air garam disemprotkan dari atas menara, sedangkan ammonia dan karbon dioksida dialirkan melalui bawah menara. Menara yang dapat biasa dipakai untuk menara *perforated plates* dan *rotaring blades*. Selama reaksi berlangsung dari produk yang dihasilkan yaitu sodium bikarbonat akan mengalir kearah samping menara, *rotaring scrubber* atau *blades* bergerak kearah samping menara dan membawanya dengan *screw conveyor*.

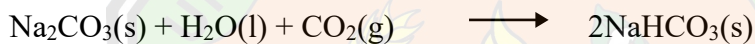
Reaksinya :



Dalam proses ini dapat dihasilkan dari hasil samping berupa *ammonium chloride* dan *ammonium chloride* ini dapat dimurnikan dengan cara sublimasi (David M. Kiefer, 2002).

b. Proses Sodium bikarbonat Murni

Pada Proses ini adalah proses pembuatan sodium bikarbonat yang terbuat dari larutan sodium karbonat yang memiliki reaksi dengan gas karbon dioksida secara berlawanan arah didalam suatu reaktor pada suhu 40°C. dalam Konversi yang dapat tercapai dalam proses ini adalah 9,6%. Dalam Suspensi sodium bikarbonat dapat terbentuk, kemudian akan dikeluarkan dari dasar menara dan disaring oleh suatu filter penyaring putar. Dari sisah Ampas atau cake saringan kemudian dikeringkan dengan menggunakan rotary dryer. Pada sodium bikarbonat terbuat dari cara ini yang mempunyai kemurnian sebesar 99,9%. (Hari, 2012). Reaksi pembuatannya sebagai berikut :



Proses ini tidak dapat menghasilkan dari hasil samping, dan hampir tidak ada limbah yang dihasilkan pada sodium bikarbonat. Proses ini dikenal sebagai teknologi ramah lingkungan.

Tabel 1.2.6 Perbandingan proses pembuatan sodium bikarbonat.

Keterangan	Nama Proses	
	Proses Solvay	Proses Sodium Bikarbonat Murni
Reaksi	$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NaHCO}_3(\text{s})$
Produk samping	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$	-

Kondisi operasi	- Suhu : 40 °C – 50 °C	- Suhu : 40 °C
	- Tekanan : 2-3 atm	- Tekanan : 3 atm
Konversi	99,3%	9,6%

Kelebihan	Beroperasi pada suhu rendah, dampak lingkungan sedang	Beroperasi pada suhu dan tekanan rendah, dampak lingkungan rendah
Kekurangan	Menghasilkan produk samping	-
Suhu Reaksi	-	50°C
By Produk	NH ₄ Cl	-

Dengan perbandingan yang kedua dalam pembuatan proses sodium bikarbonat yang dapat diuraikan yang diatas. Maka dalam perancangan ini, akan diproses yang dipilih oleh proses sodium bikarbonat murni. Pemilihan proses ini didasarkan pada beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh proses ini dibandingkan dengan proses yang ada, diantara lain yaitu :

1. Produk yang dapat dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang sangat tinggi yaitu sebesar 9,6%.
2. Proses yang dapat di memiliki tingkat nilai konversi yang sangat tinggi sehingga dapat diproses.

Tidak dapat menghasilkan hasil samping yang berbahaya bagi lingkungan dan sedikit menghasilkan limbah.

1.2. 5. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (*endotermis*) atau melepaskan panas (*eksotermis*), dan juga untuk mengetahui apakah reaksi dapat berlangsung, dan arah reaksi apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Untuk memutuskan sifat reaksi berjalan eksotermis atau endotermis dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan 1 atm dan suhu 298,15 K dari reaktan dan produk.

Konsep tinjauan termodinamika dari reaksi pembuatan Sodium bikarbonat dari sodium karbonat (Soda Ash) dan Karbon Dioksida dan ditinjau dari reaksi utamanya, yaitu :



Natrium Karbonat (padatan) Hidroksida (Air) Karbon Dioksida (Gas) Sodium Bikarbonat (*Ir. Omang Komarudin dan Mocha, 2015*)

1. Menentukan nilai $\Delta H_r^\circ_{298}$

Untuk mengetahui reaksi berlangsung secara eksotermis atau endotermis, dapat diperhitungkan dari reaksi persamaan, yaitu :

$$\Delta H_r^\circ = H_f^\circ(\text{p}) - H_f^\circ(\text{r})$$

Tabel 1.2.3 Nilai ΔH_f°

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	Sumber
Na_2CO_3	-1130,77	Lange Hendbook, 2013
H_2O	-241,80	Yaws Hendbook, 1999
CO_2	-393,50	Yaws Hendbook, 1999
2NaHCO_3	-950,8	Lange Hendbook, 2013

Untuk mengetahui reaksi persamaan dapat berlangsung secara eksotermis atau endotermis, dapat diperhitungkan dengan persamaannya, yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ_{298} &= \Delta H_f^\circ_{\text{produk}} - \Delta H_f^\circ_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{CO}_3) + (\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) + (\Delta H_f^\circ \text{CO}_2) - 2(\Delta H_f^\circ \text{NaHCO}_3) \\ &= -135,53 \text{ kJ/mol} \\ &= -32,39244742 \text{ kKal/mol.} \end{aligned}$$

Harga ΔH_r° bernilai negatif menunjukan bahwa reaksi Sodium Bikarbonat bersifat eksotermis, yaitu reaksi yang terjadi menjadi turun dan menjadi lebih dingin dikarena adanya jaket yang dapat mengeluarkan panas. Hal itu karena eksotermis ini sifatnya panas energi yang menyebabkan energi sistem bertambah, tetapi lingkungan berkurang. Dapat diambil dari kesimpulan bahwa entalpi pembentukannya mempunyai harga negatif yang berarti reaksi bersifat eksotermis (Mengeluarkan panas).

2. Menentukan nilai ΔG°_{298}

Energi Bebas Gibbs (ΔG) dapat digunakan untuk menentukan apakah reaksi pembentukan berlangsung apa secara spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai ΔG° adalah maka reaksi dapat

berjalan secara langsung, jika bernilai positif maka reaksi tidak dapat berjalan secara langsung, sedangkan jika ΔG° adalah nol maka reaksi bersifat spontan.

Tabel 1.2.3 Nilai ΔG°

Komponen	ΔG° (kJ/mol)	Sumber
Na ₂ CO ₃	-1047,5	Lange Hendbook, 2013
H ₂ O	273,15	Yaws Hendbook, 1999
CO ₂	216,58	Yaws Hendbook, 1999
2NaHCO ₃	-851,0	Lange Hedbook, 2013

Untuk mencari ΔG° menggunakan data energi gibbs standar, sehingga ΔG° dari reaksi tersebut adalah :



(Ir. Omang Komarudin dan Mocha, 2015)

Menentukan ΔG° standar 25°C = 298°K

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298} &= \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{CO}_3) + (\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) + (\Delta H_f^\circ \text{CO}_2) \rightarrow (\Delta H_f^\circ \text{NaHCO}_3) \\ &= -1367,03 \text{ kJ/mol} \\ &= -3265,09 \text{ kKal/mol.} \end{aligned}$$

ΔG operasi 55°C = 328°K

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{313} &= -R.T.\ln K_{313} = \\ &7,0243 \text{ kKal/mol.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai ΔG° hasilnya negatif maka reaksi tersebut berjalan secara spontan. Untuk mengetahui apakah reaksinya irreversible atau reversible (harga K) dapat dihitung dengan persamaan konstanta kesetimbangan berikut :

Pada keadaan setimbang $\Delta G = 0$, maka :

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

$$\text{Dan } \Delta G^\circ = -RT$$

$\ln K$ Dimana :

ΔG° = Energi gibbs pada keadaan standar ($T = 298^\circ\text{K}$, $P = 1 \text{ atm}$), J/mol

ΔH_r° = Panas reaksi (J/mol)

K = Konstanta kesetimbangan

T = Suhu standar = 298°K

R = Tetapan gas ideal = $1,987 \text{ kKJ/kmol.K}$

(S.K Dogra & S.Dogra, 1990)

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

$$\begin{aligned} K_{298} &\rightarrow K_{\text{suhu standar}} \\ K_{298} &= \exp \left[-\frac{\Delta G_{298}}{RT} \right] \\ &= e^{0,02235} \\ &= 1,0226 \end{aligned}$$

Reaksi dijalankan pada temperatur 55°C , sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 40°C (313°K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} K_{313} &\rightarrow K_{\text{operasi}} \\ \frac{K_{\text{operasi}}}{K_{313}} &= \exp \left[\frac{-\Delta H_r^\circ 298}{R} \left(\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right) \right] \\ K_{\text{operasi}} &= e^{(0,00277)} \\ 1,0226 & \\ K_{313} &= 1,0027 \\ K &> 1 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas harga $K > 1$ sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan atau diasumsikan bahwa reaksi bersifat irreversible (searah), karena arah pergeseran reaksi dapat menggambarkan kesetimbangan reaksinya. Pergeseran kesetimbangan reaksi kimia salah satunya di pengaruhi oleh suhu reaksi, jika terjadi perubahan suhu reaksi pada reaksi eksotermis, kesetimbangan reaksi kimia berubah kearah reaksi endotermis (kearah kiri), sehingga produk yang terbentuk berkurang. Kesetimbangan kimia terjadi jika laju reaksi di sebelah kanan sama dengan laju reaksi di sebelah kiri.

1.2. 6. Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut. Untuk menentukan sifat reaksi Sodium Bikarbonat 20% ditentukan menggunakan persamaan Arrhenius :

Mencari konstanta kecepatan reaksi dengan mengetahui data :

$E_a = 2,856 \text{ kKJ/kmol}$ (Park et Al, 2006)

$R = 8,314 \text{ kKJ/kmol}$ (Jamal M. Amous, 2016)

$T = 313^\circ\text{K}$ (Suhu Operasi) Reaksi

:



(Ir. Omang Komarudin dan Mocha, 2015) Persamaan

Arrhenius :

$$k = A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right)$$

Keterangan :

k = konstanta kecepatan reaksi ($\text{m}^3 / \text{kmol} \cdot \text{s}$)

A = faktor tumbukan ($\text{cm}^3 / \text{kmol} \cdot \text{s}$)

E_a = energi aktivasi (kKJ/mol)

T = suhu reaktor (K)

R = tetapan gas ($1,9870 \text{ kKJ/kmol} \cdot \text{K}$)

$$= 1,158 \times 10^{10} \exp\left(\frac{-2,856}{RT}\right)$$

$$= 386,4302 \text{ (L/mol)}$$

- $r_{DB} = -k (C_a \cdot C_b)$
- $r_{DB} = -k (C_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times C_{\text{NaHCO}_3})$
 $= 0,0950 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$

Berdasarkan jurnal Park et Al bila reaksi berjalan sebagai orde 1