

## BAB 2

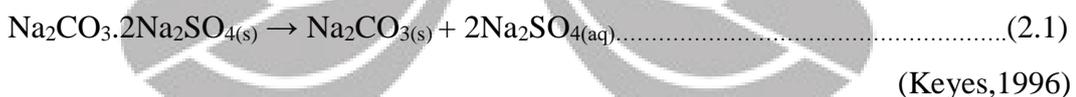
# STUDI KELAYAKAN AWAL

### 2.1 Seleksi Proses

Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) juga dikenal sebagai *soda ash*, merupakan bubuk putih yang tersedia dalam bentuk grade *light* atau granul memiliki banyak kegunaan. Salah satu kegunaan utamanya adalah dalam industri pembuatan kaca. Proses pembuatan soda ash ada 2 macam yaitu secara alami dan sintetik. Secara alami disebut sebagai proses natural, sedangkan sintetik terdiri atas proses *Le Blanc*, Karbonasi dan *Solvay*.

#### 2.1.1 Proses Natural

Bahan baku yang digunakan dalam proses natural ini adalah Kristal *crudeburkeite* atau bijih trona ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) yang telah dipisahkan dari impuritasnya. Bijih trona yang terdiri atas  $\text{Li}_2\text{NaPO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$  dipisahkan sedangkan filtratnya dipekatkan menjadi  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  lalu disaring dari larutan pekat yang kaya akan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Kristal soda murni diperoleh dengan cara mendinginkan kristal soda murni dalam tangki pendingin, kemudian disaring (*filter*) lalu masuk ke *dryer*. Reaksi yang terjadi pada proses natural ini:

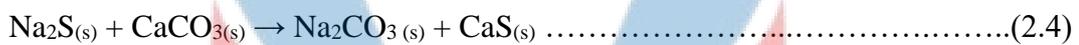


Mineral trona dapat ditemukan dibawah tanah (*Green River* di Wyoming Amerika Serikat, Mongolia Cina, Henan Cina) atau danau kering (Danau Searles di California Amerika Serikat, Danau Magadi di Kenya, Sua Pan Botswana). Trona ditambang di 1.500 kaki (457,2 meter) di bawah permukaan laut. Ditinjau dari segi ketersediaan bahan baku, proses ini tidak mungkin dilakukan di Indonesia karena berasal dari endapan trona yang tidak terdapat di Indonesia.

#### 2.1.2 Proses *Le Blanc*

Proses ini dikembangkan oleh kimiawan asal Prancis, Nicolas LeBlanc pada tahun 1791. Dimulai dari, garam laut (natrium klorida) direbus dalam asam sulfat untuk menghasilkan natrium sulfat dan gas hidrogen klorida. Proses ini didasarkan

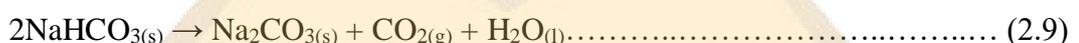
pemanggangan *salt cake* (kerak garam) dengan karbon (batu bara) dan kalsium karbonat di dalam kiln dan sesudah itu mengeraskan hasilnya dengan air pada waktu dingin. Produk kasar dari reaksi ini disebut *black ash* (abu hitam). Kemudian *black ash* diubah lagi menjadi karbonat melalui pengolahan dengan gas yang mengandung karbon dioksida yang berasal dari kiln. Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang dihasilkan, dipadatkan sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang kemudian dikeringkan atau dikalsinasi. Proses *Le Blanc* didasarkan pada reaksi berikut:



(Mc.Ketta, 1978)

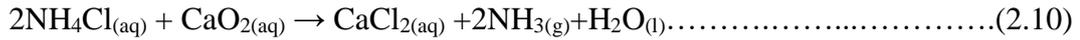
### 2.1.3 Proses Solvay

Proses ini dikenal sebagai proses soda amonia yang menggunakan garam ( $\text{NaCl}$ ) dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai bahan baku dasar dan menggunakan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) sebagai bahan baku pendukung, dengan produk samping  $\text{CaCl}_2$ . Amonia bereaksi dengan air membentuk amonium hidroksida, dengan reaksi sebagai berikut:



Pada reaksi tersebut, amonium bikarbonat yang terbentuk bereaksi dengan  $\text{NaCl}$  untuk membentuk natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini kemudian dikalsinasi menjadi abu soda ringan.

Proses *Solvay* lebih ekonomis dibandingkan dengan proses *Le Blanc* karena bahan baku yang dibutuhkan hanya  $\text{NaCl}$  dan  $\text{CaCO}_3$ , sementara ammonia bisa di *recycle* kembali dan produk samping kalsium klorida juga mempunyai nilai jual, dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi keseluruhan dari proses *solway* dapat dirangkum sebagai berikut:



(ESAPA, 2004)

Pemilihan proses pada pabrik *soda ash* ini dilandaskan dengan beberapa pertimbangan yaitu dari segi ketersediaan bahan baku, aspek ekonomi, kemurnian produk dan dampak terhadap lingkungannya. Berikut merupakan perbandingan proses pembuatan *soda ash* :

**Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan Soda Ash**

Pertimbangan	Proses		
	Natural	Solvay	<i>Le Blanc</i>
Bahan Baku	Mineral Trona	NaCl; CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> ; NaOH
Bahan Tambahan	-	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Reaktor	-	Reaktor Gelembung	Furnace
Kondisi Operasi	< 300 °C	60 °C	>1100 °C
Produk Samping	-	CaCl <sub>2</sub>	CaS, HCl
Kemurnian Produk	99,6%	99,6%	99%
Korosifitas Bahan	Rendah	Rendah	Sedang
Dampak Lingkungan	Rendah	Rendah	Tinggi

Berdasarkan uraian diatas, maka dipilih proses *solway* untuk pembuatan natrium karbonat atau *soda ash* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kemurnian produk yang lebih tinggi, yaitu mampu mencapai 99,6%.
2. Korosifitas bahan yang lebih rendah sehingga tidak memerlukan biaya perawatan yang tinggi.
3. Dampak lingkungan yang diakibatkan proses lebih kecil sehingga tidak memerlukan perlakuan khusus atas pencemaran yang terjadi dan produk samping bisa dijual.
4. Proses *Le Blanc* merupakan proses yang sudah lama dilakukan dan mulai ditinggalkan. Hal ini dikarenakan proses *solway* saat ini merupakan metode

produksi dasar *soda ash* di seluruh dunia, proses ini juga lebih ekonomis menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih tinggi.

5. Proses Natural tidak mungkin dilakukan di Indonesia karena belum ada tambang bijih trona di Indonesia yang dapat dijadikan sumber bahan baku.

## 2.2 Deskripsi Proses

Secara garis besar proses pembuatan *soda ash* dengan menggunakan proses *solway* di pabrik ini ialah persiapan bahan baku, proses kalsinasi  $\text{CaCO}_3$ , proses absorpsi ammonia, proses karbonasi, proses filtrasi, proses *recovery* amonia dan proses kalsinasi. Proses ini sendiri menghasilkan produk samping berupa kalsium klorida.

### 2.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Pada proses ini  $\text{NaCl}$  dari silo (S-101) dibawa menggunakan *screw conveyor* (SC-101) menuju *mixer* (M-101) untuk dilarutkan dengan air proses. Selanjutnya larutan  $\text{NaCl}$  dipompakan menuju *heater* untuk dinaikkan suhunya dari  $30^\circ\text{C}$  menjadi  $60^\circ\text{C}$ . setelah itu larutan  $\text{NaCl}$  masuk ke dalam kolom absorber (A-101). Sedangkan  $\text{CaCO}_3$  dari silo (S-102) dibawa menggunakan *screw conveyor* (SC-102) menuju *rotary kiln* (RK-101) untuk menjalani proses kalsinasi.

### 2.2.2 Proses Kalsinasi $\text{CaCO}_3$

Pada proses ini  $\text{CaCO}_3$  dikalsinasi di dalam *rotary kiln* (RK-101) melalui proses pemanasan dengan bahan bakar berupa batu bara dengan suhu  $950^\circ\text{C}$  membentuk kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). *Flue gas* hasil keluaran *rotary kiln* (RK-101) (sebagian besar berupa  $\text{CO}_2$ ) dialirkan ke dalam *cyclone* (H-101) untuk menangkap dan memisahkan gas dengan debu yang terbawa, selanjutnya gas keluar akan didinginkan melalui *cooler* (E-104) untuk menyesuaikan suhu gas sebelum masuk ke dalam reaktor karbonasi (R-102). Sedangkan padatan hasil keluaran *rotary kiln* (RK-101) didinginkan menggunakan *grate cooler* (E-101) sampai suhu  $80^\circ\text{C}$ , selanjutnya padatan keluaran *grate cooler* akan diteruskan ke *conveyor* (BC-102). Udara dihembuskan dari bawah *grate cooler* (E-101). Debu yang ikut keluar dari *grate cooler* (E-101) ditangkap oleh *cyclone* (H-102), kemudian debu yang tertangkap akan dialirkan ke *conveyor* (BC-

102). Setelah itu diteruskan dengan menggunakan *bucket elevator* (BE-101) menuju reaktor (R-101). Berikut reaksi yang terjadi:



### 2.2.3 Proses Absorpsi Amonia

Proses absorpsi amonia dimulai dengan masuknya larutan NaCl dan gas ammonia. Gas ammonia (NH<sub>3</sub>) masuk melalui bagian bawah kolom absorber dan mengalami kontak langsung dengan larutan NaCl yang masuk melalui bagian atas kolom absorber. Air (H<sub>2</sub>O) akan bereaksi dengan gas NH<sub>3</sub> menghasilkan ammonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH). Berikut reaksi yang terbentuk:



### 2.2.4 Proses Karbonasi

Proses karbonasi dimulai dengan masuknya keluaran dari kolom absorber (A-101) ke dalam reaktor karbonasi (R-102). Reaksi dalam reaktor menjadi dua tahap yaitu reaksi karbonasi dan presipitasi natrium bikarbonat. Reaksi karbonasi kemudian akan berjalan dimulai dengan terjadinya transfer massa gas CO<sub>2</sub> ke dalam NH<sub>4</sub>OH yang kemudian akan membentuk amonium bikarbonat (NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>). Berikut reaksi yang terjadi:



Konversi maksimal yang bisa didapatkan oleh gas CO<sub>2</sub> adalah 50%, sehingga sisa gas CO<sub>2</sub> yang tidak terkonversi akan keluar melalui bagian atas reaktor (Goharrizi A., 2014). Kemudian terjadi reaksi presipitasi dimana NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> akan bereaksi dengan NaCl dan membentuk natrium bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) dan ammonium klorida (NH<sub>4</sub>Cl). Berikut reaksi yang terjadi:



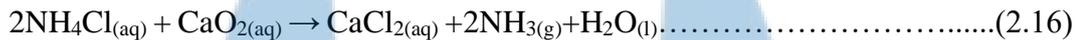
### 2.2.5 Proses Filtrasi

Hasil keluaran dari proses karbonasi kemudian dipisahkan menggunakan *rotary drum filter* (H-103). Dalam hal ini NH<sub>4</sub>Cl akan dilanjutkan masuk ke dalam reaktor (R-101) untuk direaksikan dengan CaO sedangkan NaHCO<sub>3</sub> akan masuk ke

dalam *rotary kiln* (RK-102) untuk dilanjutkan ke proses kalsinasi membentuk *soda ash*.

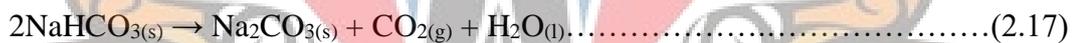
### 2.2.6 Proses *Recovery Amonia*

Pada proses ini  $\text{NH}_4\text{Cl}$  akan bereaksi dengan  $\text{CaO}$  untuk menghasilkan  $\text{CaCl}_2$  sebagai produk samping dan melepas gas  $\text{NH}_3$  yang akan masuk ke dalam kolom absorber (A-101). Berikut reaksi yang terjadi:



### 2.2.7 Proses *Kalsinasi Soda Ash*

Pada proses ini  $\text{NaHCO}_3$  dikalsinasi di dalam *rotary kiln* (RK-102) hingga membentuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Proses kalsinasi berlangsung pada suhu  $149^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm. Sumber panas dalam *rotary kiln* (RK-102) diperoleh dari udara yang dihembuskan oleh blower dengan suhu  $30^\circ\text{C}$  menuju *heat exchanger* untuk dinaikkan suhunya menjadi  $200^\circ\text{C}$ . Dengan reaksi sebagai berikut:



*Flue gas* hasil keluaran *rotary kiln* (RK-102) dialirkan ke dalam *cyclone* (H-104) untuk menangkap dan memisahkan gas dengan debu yang terbawa, kemudian debu yang tertangkap akan diteruskan ke *cooling conveyor* (CC-101) untuk didinginkan sekaligus diangkut menuju *bucket elevator* (BE-102). Begitu juga dengan padatan hasil keluaran *rotary kiln* (RK-102). Selanjutnya padatan diangkut dengan *bucket elevator* (BE-102) menuju *ball mill* (C-101) untuk menyeragamkan ukuran produk. Produk yang berukuran halus akan lolos saat melewati *vibrating screen* (H-105) sedangkan produk yang belum lolos akan *direcycle* untuk dimasukkan kembali ke dalam *ball mill* (C-101). Sedangkan produk dengan ukuran kurang dari 1 mm akan diangkut menggunakan *bucket elevator* (BE-103) menuju silo produk (S-103). Produk utama dari proses ini adalah  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

## 2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.3.1 Bahan Baku Utama

Dalam produksi *soda ash*, bahan baku utama yang digunakan dalam perencanaan desain pabrik *soda ash* menggunakan proses *solway* ialah sebagai berikut:

a. NaCl

Bahan baku utama pada proses pembuatan *soda ash* adalah NaCl, dimana pemasok utama dari bahan baku NaCl ini diperoleh dari PT. Garam. Pada umumnya, garam untuk industri kimia memiliki spesifikasi NaCl sebesar 96% - 99% (Kementerian Perindustrian, 2017) dengan komposisi sebagai berikut:

**Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku NaCl**

Spesifikasi	Keterangan
Berat molekul	58,5 g/mol
Titik lebur, 1 atm	800,4 °C
Titik didih, 1 atm	1413 °C
Densitas	1,13 g/ml
Kapasitas panas (25 °C)	1,8063 cal/mol °C
Kelarutan, 0 °C	35,7 g/100 g H <sub>2</sub> O
Kelarutan, 100 °C	39,8 g/100 g H <sub>2</sub> O
Kemurnian	99 (% wt)

Sumber : Perry, 2008

b. CaCO<sub>3</sub>

Pemasok utama untuk bahan baku kalsium karbonat diperoleh dari PT. Omya Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 442.000 ton/tahun.

**Tabel 2.3 Spesifikasi Bahan Baku CaCO<sub>3</sub>**

Spesifikasi	Keterangan
Berat molekul	100 g/mol
Titik lebur, 1 atm	2570 °C
Titik didih, 1 atm	2850 °C
Densitas	2,711 g/ml
Kapasitas panas (25 °C)	-5,896 cal/mol °C

Spesifikasi	Keterangan
Kelarutan, 25 °C	0,0014 g/100 g H <sub>2</sub> O
Kelarutan, 100 °C	0,002 g/100 g H <sub>2</sub> O
Kemurnian	99 (% wt)

Sumber : Perry, 2008

### 2.3.2 Bahan Baku Pendukung

Bahan baku pendukung merupakan bahan baku yang digunakan sebagai pelengkap dalam proses pembentukan *soda ash* menggunakan proses solvay adalah amonia dengan pemasok utama dari PT. Petrokimia Gresik.

#### a. Amonia (NH<sub>3</sub>)

**Tabel 2.4 Spesifikasi Bahan Baku Amonia (NH<sub>3</sub>)**

Spesifikasi	Keterangan
Rumus Molekul	NH <sub>3</sub>
Warna	Tidak Berwarna
Berat Molekul	17 g/mol
Densitas	0,86 kg/m <sup>3</sup> (1,013 bar <i>at boiling point</i> )
Titik Lebur	-77,73°C
Titik Didih	-33,34°C
Viskositas	0,276 cP (-40°C)
Kemurnian	99,5 (% wt)

Sumber : Perry, 2008

### 2.3.3 Produk Utama

Spesifikasi produk yang dihasilkan dari proses ini dengan mereaksikan NaCl dan CaCO<sub>3</sub> dengan bantuan amonia disesuaikan dengan standar spesifikasi produk natrium karbonat yang dibutuhkan oleh industri, ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.5 Spesifikasi Produk Utama Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Parameter	Nilai
Berat Molekul	106 g/mol
Densitas pada 20°C	2.533 g/cm <sup>3</sup>

Parameter	Nilai
Titik Leleh	851°C
Panas Peleburan	316 J/g
Kapasitas Panas Spesifik pada 25°C	1.043 J/g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Panas Pembentukan	10.676 J/g
Panas larutan	-222 J/g
Kemurnian	99,6 (%wt)

Sumber : Perry, 2008

### 2.3.4 Produk Samping

Spesifikasi produk samping yang dihasilkan dari proses ini dengan mereaksikan NH<sub>4</sub>Cl dan CaO, ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2. 6 Spesifikasi Produk Samping CaCl<sub>2</sub>**

Parameter	Nilai
Berat Molekul	111 g/mol
Densitas	2.160 kg/m <sup>3</sup>
Titik Lebur	772 – 775°C
Titik Didih	1.935°C
Kapasitas Panas Spesifik pada 25°C	0,67 J/g°C
$\Delta\hat{H}_f$	-795,4 kJ/mol

Sumber : Perry, 2008

