



## BAB II

### PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

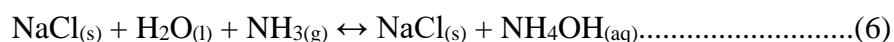
#### II.1 Macam Proses

Beberapa proses produksi *sodium hydrogen carbonate* dalam dunia industri yaitu antara lain:

- Proses Solvay
- Proses Karbonasi
- Proses Karbonasi dengan Penambahan Ion  $\text{Ca}^{2+}$

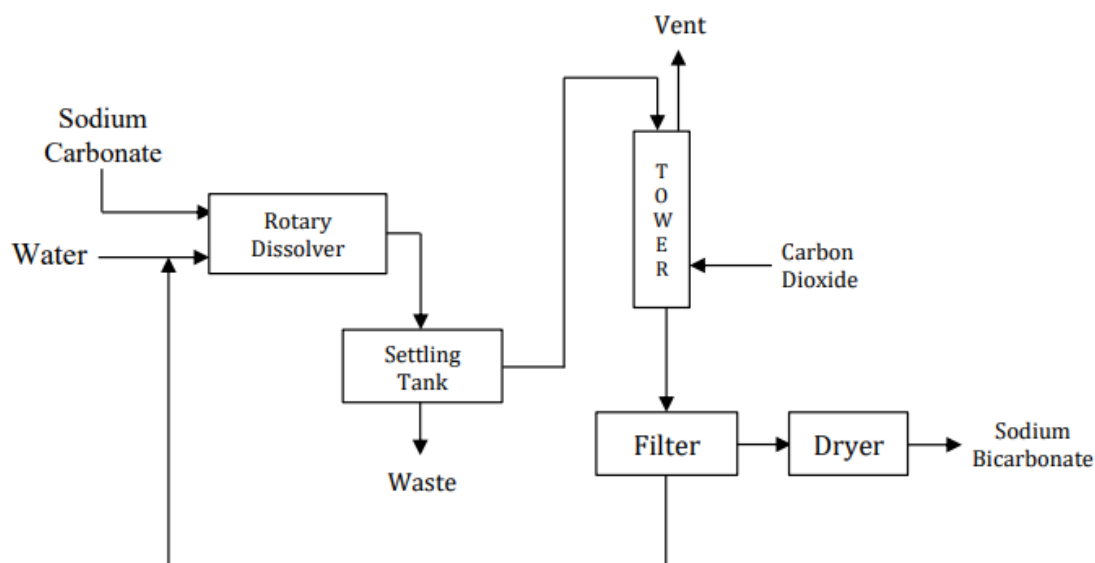
##### II.1.1 Proses Solvay

Proses Solvay merupakan proses produksi natrium bikarbonat yang paling tua. Dalam proses Solvay, ammonia ( $\text{NH}_3$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dilarutkan dalam natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) encer untuk menghasilkan natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang sedikit larut. Pada proses ini larutan natrium klorida disemprotkan dari atas menara, sedangkan ammonia dan karbon dioksida dialirkan melalui bawah menara. Menara atau tower yang digunakan yaitu *perforated plates* dan *rotaring blades*. Dalam proses ini dihasilkan produk samping yaitu ammonium klorida. Ammonium klorida tersebut akan dimurnikan dengan cara sublimasi.



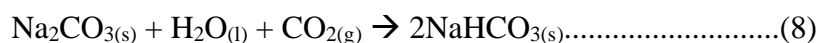
(Ullmann, 2002)

## II.1.2 Proses Karbonasi



Gambar II.1 *Flowsheet* proses karbonasi (Keyes, 1961)

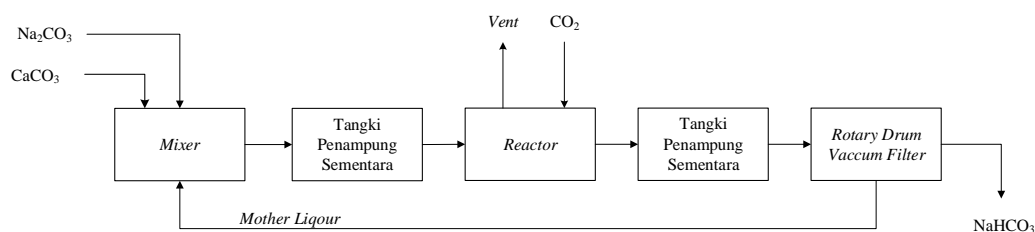
Dalam proses karbonasi, bahan baku yang digunakan yaitu *sodium carbonate*, karbon dioksida, dan air. *Sodium carbonate* mula-mula dilarutkan menggunakan air dalam tangki pelarutan. Setelah itu, larutan jenuh *sodium carbonate* dikontakkan dengan gas karbon dioksida dalam *carbonating tower*, dimana larutan *sodium carbonate* dimasukkan melalui atas *tower* menggunakan pompa, sedangkan gas karbon dioksida disemprotkan dari bagian bawah menggunakan kompresor. Reaksi yang terjadi dalam *carbonating tower* sebagai berikut:



(Temperatur 40°C dan tekanan 3 atm)

Hasil dari *carbonating tower* berupa suspensi yang kemudian akan dipisahkan *liquid* dan *solid* menggunakan filter. Produk *solid* berupa natrium bikarbonat dikeringkan menggunakan udara pemanas pada alat *dryer* sedangkan *liquidnya* di-*recycle* menuju tangki pelarutan (Keyes, 1961).

### II.1.3 Proses Karbonasi dengan Penambahan Ion $\text{Ca}^{2+}$



Gambar II.2 *Flowsheet* proses karbonasi dengan penambahan ion  $\text{Ca}^{+2}$  (Cortesis, 1979)

Proses pembuatan *sodium hydrogen carbonate* ( $\text{NaHCO}_3$ ) melalui metode karbonasi dengan penambahan ion  $\text{Ca}^{+2}$  yaitu proses yang ditujukan untuk menghasilkan produk  $\text{NaHCO}_3$  dengan ukuran dan *bulk density* yang terkontrol, serta meminimalisir gas karbon dioksida yang terbuang ke lingkungan selama proses produksi. Proses produksi  $\text{NaHCO}_3$  ini dilakukan dengan cara mencampurkan padatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , padatan  $\text{CaCO}_3$ , air proses, dan *recycle mother liquor* dari *rotary drum vacum filter* ke *mixer*. Pada tahap ini akan dihasilkan *slury* yang dinamakan "*slury crystallizer feed*". *Slury* tersebut akan direaksikan dengan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) pada reaktor untuk menghasilkan suspensi  $\text{NaHCO}_3$ . Reaksi yang terjadi dalam *reactor* yaitu sebagai berikut:



(Temperatur  $75^\circ\text{C}$  dan tekanan 0,68 atm)

Setelah itu, *slury* yang mengandung suspensi  $\text{NaHCO}_3$  akan diumpankan ke *rotary drum vacum filter* (RDVF) untuk dipisahkan antara *cake*  $\text{NaHCO}_3$  dengan *mother liquor* nya. *Mother liquor* tersebut akan di *recycle* ke *mixer*, sedangkan *cake* nya merupakan produk  $\text{NaHCO}_3$  (Cortesis, 1979).

### II.2 Pemilihan Proses

Perbandingan proses pembuatan *sodium hydrogen carbonate* dapat dilihat dalam **Tabel II.1** berikut:



Tabel II.1 Perbandingan proses *sodium hydrogen carbonate*

Parameter	Macam-Macam Proses		
	Proses Solvay	Proses Karbonasi	Proses Karbonasi dengan Penambahan Ion $\text{Ca}^{2+}$
Bahan Baku	Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ), Amonia ( $\text{NH}_3$ ), Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) [a]	<i>Sodium Carbonate</i> ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) [b]	<i>Sodium Carbonate</i> ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ), <i>Calcium Carbonate</i> ( $\text{CaCO}_3$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) [c]
Alat Utama	Menara <i>perforated plates</i> dan <i>rotaring blades</i> [a]	<i>Carbonating tower (bubble reactor)</i> [b]	<i>Crystallizer</i> [c]
Suhu Operasi	40°C – 50°C [a]	40°C [b]	75°C [c]
Tekanan Operasi	2-3 atm [a]	3 atm [b]	0,68 atm [c]
Hasil Samping	Ammonium Chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) [a]	-	-
Kekurangan	Membentuk hasil samping berupa larutan ammonium chloride [a]	Efisiensi penyerapan gas $\text{CO}_2$ yang relatif rendah, dimana sekitar 10-30% terbuang ke atmosfer [b]	Suhu operasi tinggi [c]



Macam-Macam Proses			
Parameter	Proses Solvay	Proses Karbonasi	Proses Karbonasi dengan Penambahan Ion $\text{Ca}^{2+}$
Kelebihan	Beroperasi pada suhu dan tekanan yang rendah [a]	Beroperasi pada suhu dan tekanan yang rendah [b]	Menghasilkan natrium bikarbonat dengan ukuran kristal dan <i>bulk density</i> terkontrol, serta hanya jumlah minimum karbon dioksida gas hilang ke atmosfer selama operasi [c]

(Sumber : [a] Ullmann, 2002 ; [b] Keyes, 1961 ; [c] Cortesis, 1979)

Berdasarkan perbandingan tiga proses pembuatan sodium bikarbonat yang diuraikan di atas sehingga dapat dinyatakan proses yang dipilih dalam perancangan pabrik ini yaitu proses karbonasi dengan penambahan ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Pemilihan proses tersebut didasarkan oleh beberapa kelebihan yaitu diantaranya:

1. Menghasilkan natrium bikarbonat dengan ukuran kristal dan *bulk density* terkontrol.
2. Meminimalisir gas karbon dioksida yang hilang ke atmosfer selama operasi.
3. Tidak terdapat hasil samping dalam produksi.
4. Tidak menghasilkan limbah yang berbahaya dalam prosesnya.



## II.3 Uraian Proses dan *Flowsheet* Dasar

### II.3.1 Uraian Proses

Pada pra desain pabrik *sodium hydrogen carbonate* ini menggunakan bahan baku larutan jenuh *soda ash* dan gas karbon dioksida. Proses pra desain ini dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap *finishing*

Berikut adalah uraian prosesnya:

#### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap ini bertujuan untuk melarutkan bahan baku *soda ash* (natrium karbonat) dan mencampurkan kalsium karbonat berfase solid dengan air untuk mempersiapkan bahan baku sebelum memasuki reaktor. Reaksi yang terjadi dalam reaktor merupakan reaksi *liquid* dan gas. *Soda ash* (natrium karbonat) dan kalsium karbonat fase solid keluar dari gudang penyimpanan *soda ash* (F-120) dan gudang penyimpanan kalsium karbonat (F-130) pada temperatur 30°C. Bahan baku *soda ash* yang digunakan memiliki kemurnian 99,9% dan *impurities* 0,1% berupa air (H<sub>2</sub>O), sedangkan kalsium karbonat memiliki kemurnian sebesar 98,65% dan *impurities* berupa MgCO<sub>3</sub> 0,54% dan H<sub>2</sub>O 0,81%. *Soda ash* diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-121) menuju *rotary dissolver* (D-140), sedangkan kalsium karbonat diumpankan menggunakan bantuan *belt conveyor* (J-131) dan *bucket elevator* (J-132). *Soda ash* dan kalsium karbonat akan dicampurkan pada kondisi temperatur 85°C menggunakan air proses yang sebelumnya dipanaskan dalam *heater* (E-144). *Soda ash* tersebut dilarutkan menjadi fase liquid hingga kondisi jenuhnya pada temperatur 85°C. Konsentrasi kalsium karbonat yang diumpankan ke dalam *rotary dissolver* (D-140) sebesar 120 ppm (basis berdasarkan *sodium hydrogen carbonate*). Selain itu, dalam *rotary dissolver* (D-140), campuran *soda ash* dan kalsium karbonat akan dicampurkan dengan *recycle mother liquor* hasil *rotary drum vacuum filter* (H-310) yang dialirkan menggunakan pompa (L-311).



Sebelumnya *mother liquor* dengan temperatur 75°C akan dipanaskan menggunakan *heater* (E-312) hingga temperatur 85 °C. Hasil pada tangki D-140 berupa *slurry* yang terdiri atas campuran larutan natrium karbonat jenuh, padatan kalsium karbonat, dan *recycle mother liquor* yang dinamakan "*crystallizer feed*".

## 2. Tahap Reaksi

Tahap ini bertujuan untuk mereaksikan *crystallizer feed* dan gas karbon dioksida dengan kondisi operasi 75°C dan 0,68 atm sehingga menghasilkan *slurry sodium hydrogen carbonate*. *Crystallizer feed* akan diturunkan tekanannya dari 1 atm menjadi 0,68 atm menggunakan *expansion valve* (K-145) dan diturunkan temperaturnya menggunakan *cooler* (E-146) hingga 75 °C untuk menyesuaikan kondisi operasi reaktor kristalisasi (R-210). Gas karbon dioksida dengan kemurnian 99,9% dan *impurities* 0,1% berupa air (H<sub>2</sub>O) disimpan dalam tangki penyimpanan (F-110) dengan temperatur 30°C dan tekanan 70 atm. Gas karbon dioksida tersebut kemudian dialirkan menuju *expansion valve* (K-111) untuk diturunkan menjadi 0,68 atm dan dinaikkan temperaturnya dengan *heater* (E-112) hingga 75°C agar dapat diumpankan dalam reaktor (R-210). Reaksi antara *slurry crystallizer feed* dan gas karbon dioksida pada kondisi operasi tersebut akan menghasilkan *slurry sodium hydrogen carbonate* dengan persen *yield* reaksi sebesar 90%. Reaksi pembentukan *sodium hydrogen carbonate* adalah sebagai berikut:



Reaksi pembentukan *sodium hydrogen carbonate* bersifat eksotermis sehingga untuk menjaga temperatur operasinya digunakan jaket pendingin. Hasil reaksi ini kemudian diumpankan menuju *rotary drum vacuum filter* (H-310) untuk difiltrasi.

## 3. Tahap Pemisahan

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *cake sodium hydrogen carbonate* dari *mother liquornya*, sehingga dihasilkan padatan *sodium hydrogen karbonat* yang bersifat *moisture*. *Slurry sodium hydrogen carbonate* akan difiltrasi menggunakan *rotary drum vacuum filter* (H-310) sehingga menghasilkan *cake sodium hydrogen carbonate* dan *mother liquornya*. *Mother liquor* tersebut akan di *recycle* menuju *rotary dissolver* (D-140) menggunakan pompa (L-311), sedangkan



*cake sodium hydrogen carbonate* yang dihasilkan akan diumpankan menuju *rotary dryer* (B-320) menggunakan *screw conveyor* (J-313) untuk dilakukan proses pengeringan hingga diperoleh kadar air yang rendah.

#### 4. Tahap *Finishing*

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan padatan *sodium hydrogen carbonate* dengan kadar air yang rendah dengan ukuran padatan sebesar (-)150 mesh, sehingga produk dapat dipasarkan. *Cake sodium hydrogen carbonate* akan dikeringkan dalam *rotary dryer* (B-320) menggunakan udara kering yang sebelumnya dihilangkan kadar airnya menggunakan *molecular sieve* (D-331) dan dipanaskan dalam *burner* (Q-330). *Cake sodium hydrogen carbonate* dengan udara kering tersebut akan dikontakkan secara *counter current* di dalam *rotary dryer* (B-320). Setelah itu, padatan kering *sodium hydrogen carbonate* yang keluar dari *rotary dryer* didinginkan menggunakan *cooling screw conveyor* (J-322) dari temperatur 110°C hingga temperatur 40 °C. Namun, untuk padatan kering *sodium hydrogen carbonate* yang terbawa oleh udara akan dipisahkan dengan *cyclone* (H-321), kemudian diumpankan ke *cooling screw conveyor* (J-322). Serbuk padatan *sodium hydrogen carbonate* yang telah didinginkan hingga 40 °C akan diumpankan ke dalam *ball mill* (H-340) untuk dilakukan proses *size reduction*, sehingga diperoleh serbuk dengan ukuran *undersize* 150 mesh. Produk *undersize* yang keluar dari *ball mill* (H-340) akan ditampung dalam silo penyimpanan produk (F-350) untuk dilakukan proses pengemasan dan distribusi pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm.

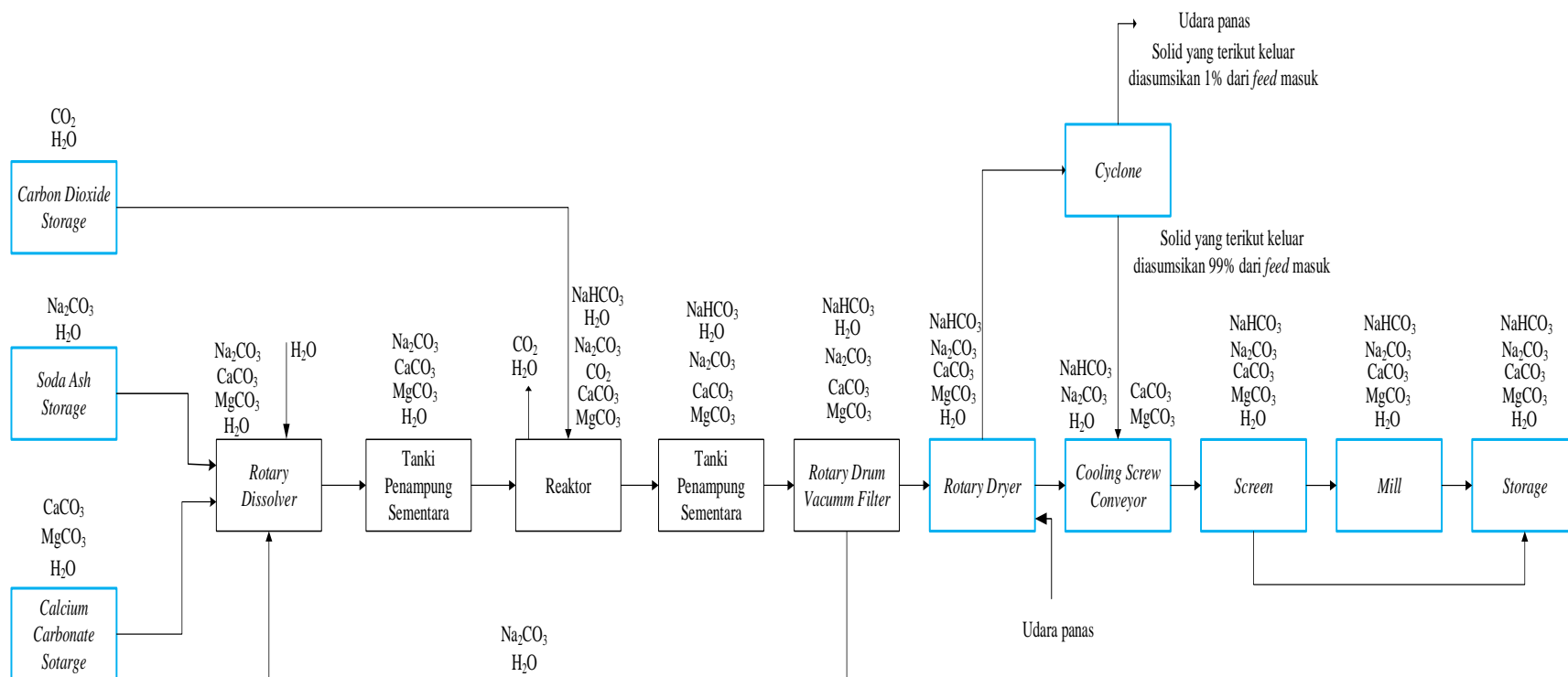




## Proposal Pra Desain Pabrik

*"Pabrik Sodium Hydrogen Carbonate Dari Soda Ash Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi Menggunakan Penambahan Kalsium Karbonat"*

### II.3.2 Flowsheet Dasar



Gambar II.3 Flowsheet Dasar Pra Desain Pabrik Sodium Hydrogen Carbonate dari Soda Ash dan Karbon Dioksida dengan Proses Karbonasi Menggunakan Penambahan Kalsium Karbonat (Cortesis, 1979)