



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam-Macam Proses

Dalam memproduksi natrium karbonat, dapat dilakukan dengan dua macam proses yaitu:

1. Proses Natural.
2. Proses Sintetis
 - a. Le Blanc
 - b. Solvay
 - c. Karbonasi

II.1.1. Proses Natural

Produksi soda abu dari trona di Amerika Serikat telah menjadi penting sejak Perang Dunia II. Bahan bakunya adalah air garam alami yang mengandung natrium karbonat (misalnya, dari Danau Searles di California) atau endapan trona (misalnya, dari wilayah Green River di Wyoming). Air garam Natrium Karbonat dipompa dari danau dan diolah dengan gas CO_2 untuk mengendapkan Natrium Bikarbonat, yang disaring, dicuci, dan dikalsinasi untuk membentuk natrium karbonat. Dalam proses lain, cairan diuapkan di kolam surya hingga kristal trona ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) terpisah. Trona mengandung 45% Na_2CO_3 , 35% NaHCO_3 , 2% NaCl , 1,5% Na_2SO_4 , 0,1% SiO_2 , 0,2% senyawa tidak larut, dan 16% H_2O . Kalsinasi menghasilkan produk yang mengandung 95 – 96% Natrium Karbonat.

Trona alami dari endapan ini adalah mineral tidak berwarna atau putih dengan kepadatan $2,13 \text{ g/cm}^3$ dan tingkat kekerasan Mohs 2,5 – 4. Endapan tersebut umumnya mengandung >90% trona. Pengolahan dilakukan terutama melalui proses monohidrat. Trona diperkecil ukurannya menjadi <6mm dan dikalsinasi pada suhu 300°C dalam tanur putar untuk menghilangkan air kristalisasi (*mother liquor*) dan mengubah bikarbonat menjadi karbonat. *Crude soda ash* yang akan dikalsinasi



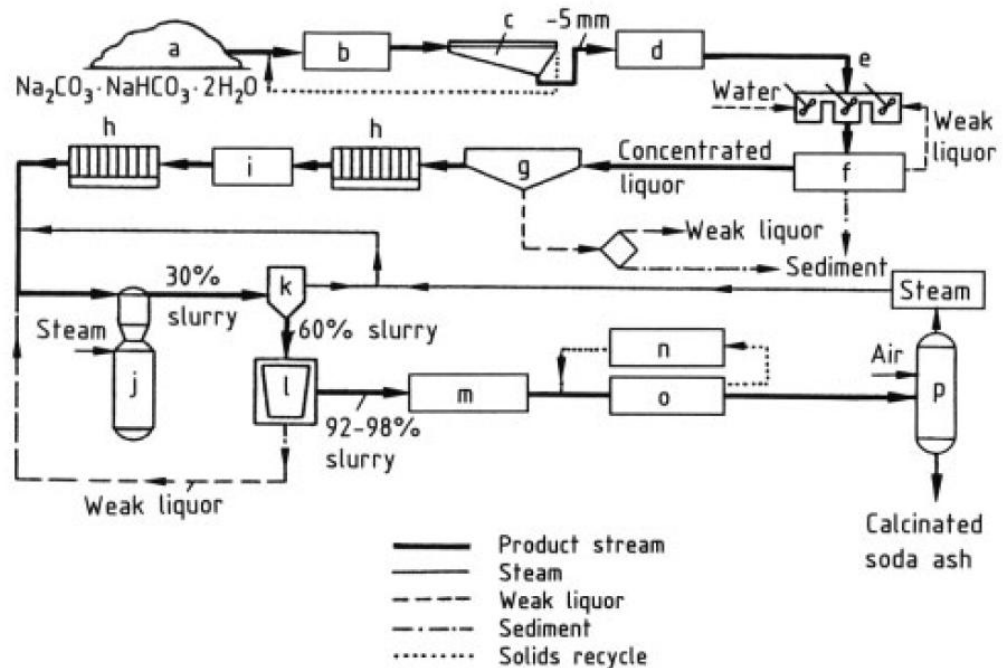
Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

dilarutkan dengan air terlebih dahulu. Komponen yang tidak larut seperti silika, natrium silikat, dan gangue dihilangkan dengan classifier. Residu yang tidak larut kemudian diekstraksi dengan air.

Cairan pekat yang mengandung Natrium Karbonat terlarut dipindahkan ke thickener dimana residu tidak larut diendapkan dengan *flocculating agent*. Cairan pekat yang dijernihkan selanjutnya dimurnikan dengan filter press, dan sisa pengotor organik dihilangkan dengan karbon aktif. Larutan yang hampir jenuh kemudian diuapkan dalam evaporator efek ganda untuk menghasilkan slurry $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 30%. Proses ini diikuti dengan pemekatan hingga mencapai kandungan padatan 60% dalam hidrosiklon dan sentrifugasi. Kristal monohidrat yang disentrifugasi, yang masih mengandung 2 – 8% air, dikalsinasi dalam rotary furnace, sementara filtratnya didaur ulang ke dalam proses.

Natrium Karbonat yang terbentuk diperkecil hingga mencapai ukuran partikel yang dibutuhkan dan kemudian dikirim ke tangki penyimpanan. Proses natrium seskuikarbonat, trona terlebih dahulu mengalami proses pelarutan bertingkat untuk menghilangkan impurities. Setelah kristalisasi vakum, kristal seskuikarbonat yang dihasilkan dipisahkan dari cairan induk melalui sentrifugasi dan dikalsinasi dalam rotary furnaces.



Gambar II.1. Produksi Natrium Karbonat dengan Proses Natural

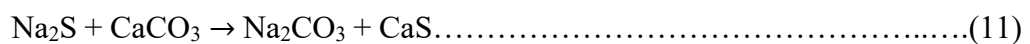
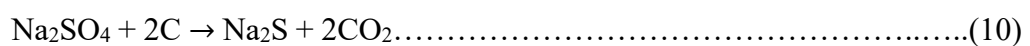
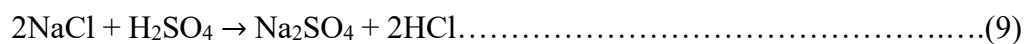
a) Penyimpanan Trona; b) *Crusher*; c) *Screen*; d) *Rotary Furnace*; e) Pelarutan; f) *Classifier*; g) *Thickener*; h) *Filter press*; i) *Filter karbon aktif*; j) *Vaccum Crystallizer*; k) *cyclone*; l) *Centrifuge*; m) *Pengering*; n) *Grinding mill*; o) *Classifier*; p) Penyimpanan produk

(Ullmann, 2007)

II.1.2. Proses Sintetis

A. Le Blanc

Proses Leblanc, yang saat ini hanya memiliki kepentingan historis, didasarkan pada reaksi berikut:



Sejak tahun 1885, produksi soda abu Leblanc menurun karena persaingan dari proses Solvay yang lebih ekonomis, yang juga menghasilkan produk dengan kualitas lebih tinggi. Kerugian utama dari proses Leblanc



Pra Rancangan Pabrik

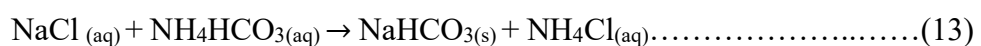
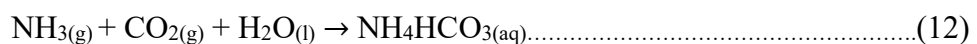
Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

dibandingkan dengan proses Solvay adalah proses ini melibatkan reaksi fase padat dan menghabiskan banyak. Produk limbah kalsium sulfida dan asam klorida merupakan kerugian lainnya. Kalsium sulfida menyebabkan polusi udara dan air.

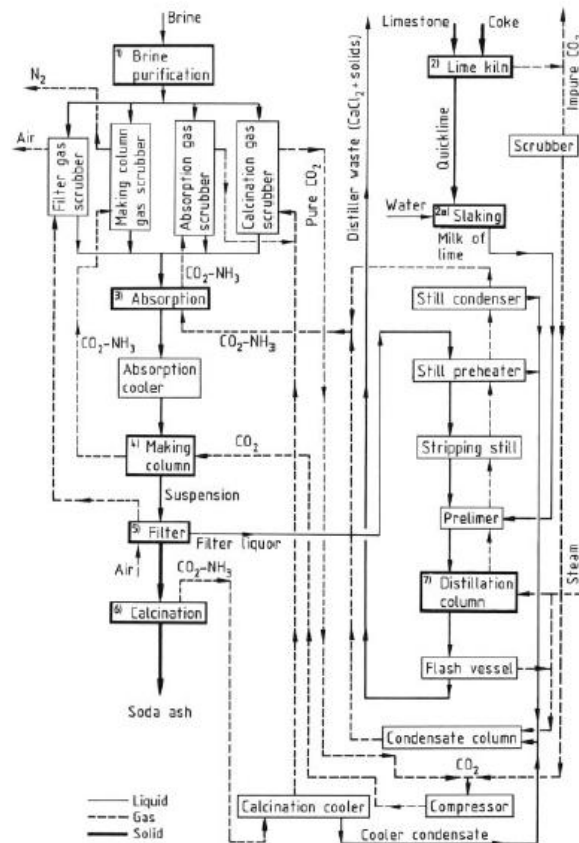
Garam NaCl dikombinasikan dengan asam sulfat untuk menghasilkan natrium sulfat dan asam klorida. Natrium sulfat dipanaskan dalam *rotary furnace* dengan batu bara dan batu kapur (atau arang dan kapur) untuk menghasilkan *black ash*, yang mengandung natrium karbonat, kalsium sulfida, dan sebagian batu bara yang tidak bereaksi. Campuran tersebut dicuci dengan air dingin, yang kemudian diuapkan atau dikeringkan untuk mendapatkan kristal natrium karbonat.

B. Solvay

Pada proses solvay, soda ash diproduksi dari bahan baku NaCl, CaCO₃, dan NH₃. Pada proses ini, amonia bereaksi dengan karbon dioksida dan air untuk membentuk amonium bikarbonat. Amonium bikarbonat bereaksi dengan garam untuk membentuk natrium bikarbonat, lalu dikalsinasi untuk mendekomposisi senyawa membentuk natrium karbonat. Klorida terbentuk sebagai produk sampingan dan dinetralkan dengan kapur untuk menghasilkan klorida kalsium. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Berikut diagram alir pembuatan Natrium Karbonat dengan proses Solvay atau soda-amonia.



Gambar II.2. Diagram Alir Proses Solvay

(Ullmann, 2007)

Proses solvay dinilai memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dalam menghasilkan soda ash dan bersifat berkelanjutan karena menggunakan bahan-bahan yang dapat didaur ulang seperti amonium klorida dan batu kapur. Namun, kekurangan dari proses ini yaitu prosesnya yang lebih kompleks yang dalam proses produksinya memerlukan reaksi antara dengan bantuan reagen amonia (NH_3), sehingga pada akhir rangkaian proses produksinya memerlukan proses recovery amonia untuk mendapatkan kembali reagen amonia (NH_3).

C. Karbonasi

Proses karbonasi merupakan proses pembuatan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dengan bahan baku utama berupa Natrium hidroksida (NaOH)

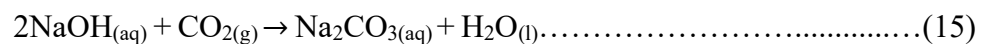


Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

dan Karbon Dioksida (CO_2). Proses karbonasi yang menggunakan bahan baku NaOH akan bergantung pada produksi Klorin (Cl_2) dari air garam (NaCl). Hal ini dikarenakan NaOH merupakan hasil samping produksi klorin tersebut. Jika permintaan klorin tinggi, produksi NaOH meningkat, yang dapat menurunkan biaya bahan baku untuk proses soda ash. Sebaliknya, jika pasar klorin lemah, biaya produksi NaOH dapat meningkat, yang berpengaruh pada ekonomi proses soda ash. Dengan demikian permintaan di pasar untuk klorin dan soda ash saling memengaruhi, sehingga dinamika ini penting dalam strategi ekonomi dan operasional produsen bahan kimia. (Wagiulla, K. M., 1992).

Mekanisme pembuatan Na_2CO_3 dengan proses karbonasi natrium hidroksida dilakukan dengan absorpsi CO_2 dalam larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



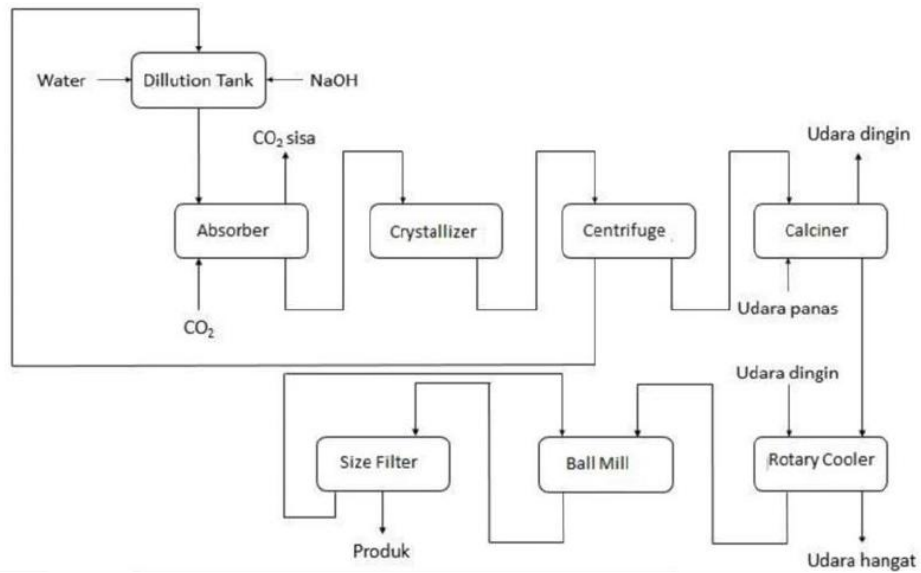
(Minallah, 2017)

Keuntungan produksi *soda ash* dengan metode karbonasi yaitu bahan baku lebih murah dan mudah didapatkan, prosesnya menggunakan suhu dan tekanan relatif rendah, yaitu pada 75-85 °C dan 1 atm, tidak menimbulkan dampak lingkungan, serta biaya investasi lebih rendah. (Pambayun, 2023). Proses ini tidak memerlukan bahan tambahan dalam proses produksinya. Korosivitas dalam rangkaian prosesnya juga tidak terlalu tinggi dan kemurnian produk yang dihasilkan tinggi mencapai 99%. Berikut diagram alir proses karbonasi.



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi



Gambar II.3. Diagram Alir Proses Karbonasi

(Wagialla, K. M., 1992)



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

II.2. Pemilihan Proses

Berikut parameter pertimbangan dari proses yang akan digunakan dalam produksi Natrium Karbonat (Na_2CO_3).

Tabel II.1. Parameter Pertimbangan Proses Produksi Natrium Karbonat (Na_2CO_3)

Parameter	Proses			
	Natural	Le Blanc	Solvay	Karbonasi
Bahan Baku	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Mineral Trona)	NaCl , CaCO_3 , H_2SO_4 , dan C (dari batu bara)	NaCl , CaCO_3 , dan NH_3	NaOH dan CO_2
Ketersediaan Bahan Baku	Hanya tersedia di bawah tanah dan endapan danau daerah Amerika, Mongolia, Kenya, dan Cina	Tersedia di Indonesia	Tersedia di Indonesia	Tersedia di Indonesia
Tekanan Operasi	1 atm	Tinggi	1 atm	1-2 atm
Suhu Operasi	100 °C - 200 °C	>1100°C	60 °C	20 °C - 60 °C
Konversi	95% - 96%	96,8%	99,6%	90%
Produk Samping	Tidak Ada Produk Samping	HCl dan CaS	CaCl_2	Tidak Ada Produk Samping
Aspek Dampak Lingkungan	Menghasilkan CO_2 dari proses kalsinasi	Menghasilkan gas klorin dan CaS	Rendah risiko dampak lingkungan	Rendah risiko dampak lingkungan



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

Parameter	Proses			
	Natural	Le Blanc	Solvay	Karbonasi
Aspek Ekonomi	Bahan baku tidak tersedia di Indonesia, sehingga harus impor maka cost yang diperlukan besar	Proses yang digunakan terlalu panjang maka <i>cost</i> yang digunakan besar.	Memerlukan Investasi biaya besar untuk pembangunan pabrik.	Penyederhanaan metode dan mudah diimplementasikan sehingga keuntungan ekonomi lebih baik daripada proses yang lain.

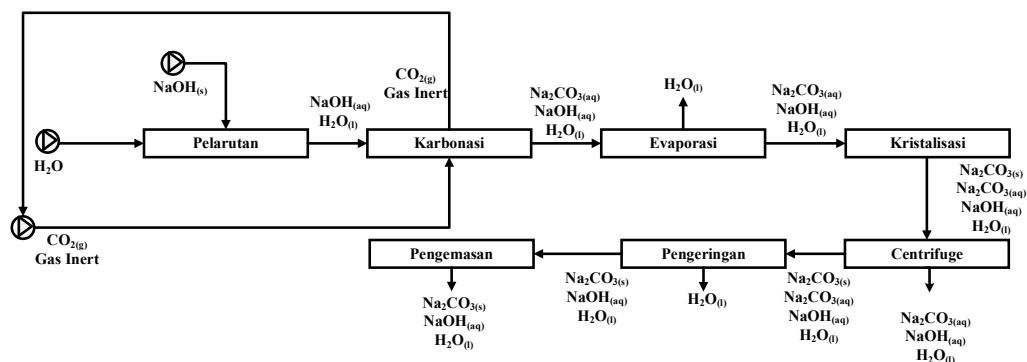
Berdasarkan perbandingan keempat proses pembuatan Natrium Karbonat yang telah diuraikan diatas sehingga dapat dinyatakan proses yang dipilih dalam perancangan pabrik ini yaitu proses karbonasi. Pemilihan proses ini didasarkan pada beberapa kelebihan yang dimiliki proses ini dibandingkan dengan proses yang ada, antara lain adalah :

1. Bahan baku lebih murah dan mudah didapatkan
2. Menggunakan suhu yang relatif rendah yaitu 20 °C - 60 °C dan tekanan rendah 1-2 atm.
3. Proses memiliki tingkat konversi yang cukup tinggi
4. Merupakan penyederhanaan metode pembuatan sodium bikarbonat.
5. Biaya investasi lebih rendah dibandingkan dengan proses lainnya.
6. Proses karbonasi memiliki risiko terhadap dampak lingkungan yang rendah serta penggunaan gas CO₂ sebagai bahan baku.

II.3. Uraian Proses

Pra rencana pabrik natrium karbonat dengan proses karbonasi dapat dilihat secara lengkap pada diagram blok yang tertera dibawah ini. Tahapan – tahapan pembuatan natrium karbonat dibagi menjadi 8 tahapan, antara lain:

1. Persiapan larutan NaOH (Pelarutan/Mixing)
2. Reaksi karbonasi
3. Evaporasi
4. Kristalisasi
5. Sentrifugasi
6. Pengeringan
7. Pengemasan



Gambar II.4. Diagram Blok Proses Karbonasi

Proses pembuatan natrium karbonat menggunakan proses karbonasi masing-masing pada setiap unitnya dijelaskan pada poin-poin berikut ini:

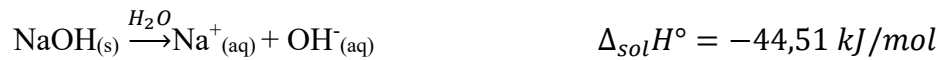
1. Persiapan larutan NaOH (Pelarutan/Mixing)

Bahan baku pembuatan Natrium Karbonat salah satunya adalah NaOH. NaOH yang digunakan berupa flakes sehingga harus dilakukan pelarutan dengan Aquadest (H_2O). NaOH flakes diangkut dari gudang penyimpanan (F-110) menggunakan screw conveyor (J-111) dan bucket elevator (J-112) menuju tangki pelarutan (M-120) untuk dilarutkan menjadi larutan NaOH. NaOH dilarutkan dengan Aquadest hingga konsentrasi 29%. Reaksi yang terjadi saat NaOH dilarutkan ke dalam air.



Pra Rancangan Pabrik

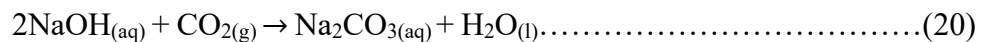
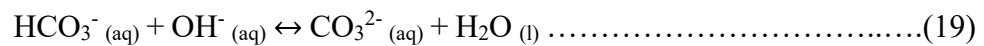
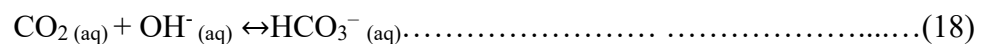
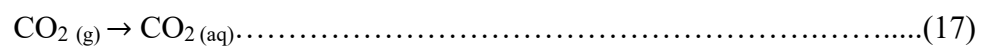
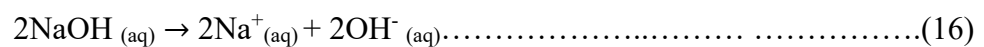
Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi



Proses pelarutan NaOH menghasilkan panas pelarutan, sehingga digunakan jaket pendingin untuk menjaga suhu operasi sebesar 30°C. Selanjutnya larutan NaOH dipompa menuju *Packed Column Reactor* (R-210) dimana terjadi reaksi dengan gas Karbon Dioksida (CO₂) dari gudang penyimpanan gas CO₂ (F-130).

2. Reaksi karbonasi

Tahapan setelah proses persiapan bahan baku adalah tahap pembentukan natrium karbonat. Tahap ini merupakan proses utama dalam produksi natrium karbonat. Tahap ini dilakukan untuk membentuk Natrium Karbonat dari larutan NaOH dan gas CO₂. Larutan NaOH yang berasal dari Tangki Pelarutan NaOH (M-120) dipompa menuju *Packed Column Reactor* (R-210). Gas CO₂ disimpan dalam tangki spherical (F-130) dengan tekanan 71,25 atm dialirkan menuju *Packed Column Reactor* (R-210) dari bagian bawah kolom dengan alat expansion valve (K-131) pada tekanan 1,5 atm. Reaksi antara larutan NaOH dan CO₂ terjadi secara *counter-current*. Suhu operasi adalah 30°C pada tekanan 1,5 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Larutan Natrium Karbonat yang terbentuk dipompa menuju *Evaporator* (V-310) dimana sebelumnya tekanan diturunkan terlebih dahulu dari 1,5 atm menjadi 1 atm menggunakan alat Expanssion Valve (K-211). Kandungan gas inert atau tidak ikut bereaksi dengan larutan NaOH direcycle menuju tangki penyimpanan gas CO₂ (F-130) dimana sebelumnya dilakukan



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

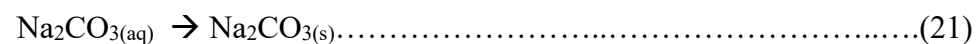
kompresi gas dari tekanan 1,5 atm menjadi 71,25 atm dengan alat *compressor* (G-211).

3. Evaporasi

Larutan Natrium Karbonat dari proses karbonasi dilakukan pemekatan pada Evaporator (V-310). Pada tahap ini dilakukan pemekatan larutan Na_2CO_3 , dari 30,24% hingga menjadi 31,1% dilakukan pada tekanan 1 atm dan temperatur 100°C . Larutan Natrium Karbonat 31,1% dipompa menuju *crystallizer* (S-320) untuk proses pembentukan kristal/proses kristalisasi. Proses ini juga menghasilkan uap air yang diproses di *condenser* (E-312) untuk menghasilkan kondensat.

4. Kristalisasi

Tahap kristalisasi merupakan tahap yang bertujuan untuk membentuk kristal Natrium Karbonat. Kristalisasi dilakukan dengan metode pendinginan dengan *Crystallizer* jenis *Swenson Crystallizer*. Larutan Natrium Karbonat dari proses pemekatan di Evaporator (V-310) dengan konsentrasi 31,1% dialirkan dengan pompa (L-311) menuju *Crystallizer* (S-320) dengan menurunkan suhunya dari 100°C menjadi 90°C dan tekanan 1 atm sehingga larutan menjadi lewat jenuh dan membentuk kristal $\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$ yang merupakan bentuk anhidrat. Larutan Na_2CO_3 akan berkontak dengan kristal yang sebelumnya telah terbentuk sehingga terbentuk kristal yang lebih besar. Hasil dari proses kristalisasi adalah slurry $\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$ (anhidrat).



Selanjutnya, slurry dialirkan seluruhnya menuju proses sentrifugasi pada alat *Centrifuge* (H-330)

5. Sentrifugasi

Slurry yang terbentuk setelah proses kristalisasi dipisahkan dari mother liquor menggunakan alat *centrifuge* (H-330). Setelah proses sentrifugasi akan menghasilkan cake dan filtrat/mother liquor. Filtrat mengandung larutan Na_2CO_3 , NaOH , dan H_2O . Cake atau padatan basah yang



Pra Rancangan Pabrik

Pabrik Natrium Karbonat dari Karbondioksida dan Natrium Hidroksida dengan Proses Karbonasi

terpisahkan akan dialirkan menuju proses drying sedangkan mother liquor yang terpisah dialirkan menuju Tangki Penampungan Limbah (F-332) kemudian diolah di *Waste Water Treatment Plant*.

6. Pengeringan

Setelah melalui proses proses sentrifugasi, padatan basah dialirkan menuju tahap pengeringan atau drying. Tahap ini menggunakan alat berupa rotary dryer (B-340). Pada rotary dryer, kristal basah dikontakkan dengan udara panas secara *counter-current*. Udara panas diambil dari udara luar dengan menggunakan blower (G-341) yang kemudian dilakukan proses dehumidifikasi menggunakan molecular sieve (D-342), serta dipanaskan menggunakan heater (E-343). Proses pengeringan ini, digunakan suhu udara 120°C, sehingga menghilangkan kadar air pada kristal $\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$ (anhidrat) sehingga menghasilkan Na_2CO_3 (anhydrat) kering dengan kadar air 0,02%. Selama proses pengeringan ini, udara panas tidak hanya menghilangkan air dari kristal, tetapi juga membawa sejumlah kecil padatan natrium karbonat. Oleh karena itu, diperlukan proses pemisahan kristal kembali menggunakan cyclone (H-344). Kristal Na_2CO_3 kering dari rotary dryer dan cyclone dialirkan menuju Silo Produk (F-350) kemudian dilakukan tahap pengemasan.

7. Pengemasan

Produk yang ditampung pada Silo Produk (F-350) dialirkan menuju mesin pengemasan/ rotary packer (F-351). Produk dikemas dengan berat 50 Kg. Setelah produk dikemas maka produk akan dipindahkan ke gudang penyimpanan produk (F-360) dengan menggunakan belt conveyor (J-352).