

# Pra-Desain Pabrik Pembuatan Natrium Karbonat (Soda Abu) dengan Menggunakan Proses Solvay

Retno Dwi Nyamiati, Arnesya Ramadhani, Siti Nurkhamidah dan Yeni Rahmawati  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: yeni\_18des@yahoo.com

**Abstrak**–Berkembangnya ilmu dan teknologi menuntut bangsa Indonesia untuk mengembangkan sektor industri, salah satunya adalah pabrik bahan kimia. Kebutuhan akan bahan-bahan kimia di dalam negeri perlu ditingkatkan untuk menuju kemandirian di bidang industri kimia. Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) atau yang biasa dikenal dengan *Soda Ash* merupakan salah satu komoditi ekspor atau impor terbesar di dunia. Dalam tahun 2005, kapasitas total produksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di dunia sekitar 48 juta metric ton. Produsen  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang paling besar adalah kawasan Asia Timur yaitu China dan kawasan Amerika Utara yaitu USA & Meksiko. Terdapat beberapa proses pembuatan natrium karbonat, yaitu proses secara alami dan secara sintesis. Proses terpilih yaitu dengan menggunakan proses solvay dimana terdapat empat tahapan proses dalam pembuatan natrium karbonat (soda abu) yaitu *brine purification, lime section, ammonia absorption dan carbonation column serta calcination section*. Pabrik natrium karbonat ini akan didirikan di Arosbaya, Bangkalan Madura, Jawa Timur dengan estimasi waktu mulai produksi pada tahun 2021. Berdasarkan Analisa ekonomi untuk kapasitas 185.000 ton/tahun, laju pengembalian modal (IRR) pabrik ini sebesar 22,3 % pada suku bunga per-tahun 12 % dan laju inflasi sebesar 4,36 %. Sedangkan untuk waktu pengembalian modal (POT) adalah 4,511 tahunan titik impas (BEP) sebesar 20,3 %

**Kata kunci**–Natrium Karbonat, Soda Abu, Solvay Process

## I. PENDAHULUAN

**B**ERKEMBANGNYA ilmu dan teknologi menuntut bangsa Indonesia untuk mengembangkan sektor industri, salah satunya adalah pabrik bahan kimia. Kebutuhan akan bahan-bahan kimia di dalam negeri perlu ditingkatkan untuk menuju kemandirian di bidang industri kimia. Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) atau yang biasa dikenal dengan *Soda Ash* merupakan salah satu komoditi ekspor atau impor terbesar di dunia. Dalam tahun 2005, kapasitas total produksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di dunia sekitar 48 juta metric ton. Produsen  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang paling besar adalah kawasan Asia Timur yaitu China dan kawasan Amerika Utara yaitu USA & Meksiko.

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  digunakan sebagai bahan baku industri gelas kaca, industri sabun dan detergen, industri kertas, industri tekstil, industri metalurgi, industri keramik dan lain-lain. Meningkatnya kebutuhan bahan baku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tiap tahun hampir di seluruh dunia tidak diimbangi dengan jumlah pabrik yang mampu memproduksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , hal tersebut mendorong banyak negara melakukan impor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Hingga saat ini hampir seluruh negara mengimpor kebutuhan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari USA [1].

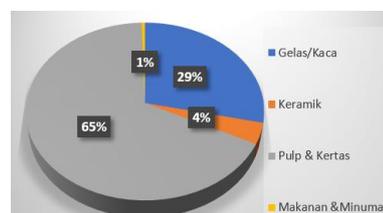
Berdasarkan data dari Tabel 1, Indonesia menempati posisi ketiga dalam jumlah impor bahan baku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari USA dalam kurun waktu Januari - November 2017, hal ini menunjukkan tingginya kebutuhan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam negeri. Data impor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oleh Indonesia juga menunjukkan bahwa pemenuhan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di Indonesia yang tinggi belum mampu terpenuhi oleh pasar dalam negeri.

Tabel 1.  
Sepuluh Negara pengimpor terbanyak  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari USA

Nomor	Negara	Quantity (Metric ton)	Percent of Total Quantity
1	Mexico	1.060.000	17
2	Brazil	788.000	12
3	Indonesia	625.000	10
4	Chile	345.000	5
5	Malaysia	299.000	5
6	Thailand	280.000	4
7	Korea	257.000	4
8	Vietnam	248.000	4
9	Australia	240.000	4
10	Japan	232.000	4

Tabel 2.  
Jumlah produksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dunia

Negara	2011	2012	2013	2014	2015
Australia	310	300	150	--	--
Botswana	260	250	228	269	250
China	22.94	24.01	24.32	25.26	26.13
Egypt	130	130	130	130	130
Ethiopia	5	5	5	6	6
France	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Germany	2.668	2.627	2.548	2.558	2.600
India	2.300	2.460	2.390	2.380	2.400
Italy	500	500	500	500	500
Japan	373	344	361	350	350
Kenya	499	449	468	409	450
Mexico	290	290	290	290	290
Pakistan	372	367	379	437	400
Polandia	1.061	1.111	1.052	1.100	1.100
Portugal	150	150	75	-	--
Romania	420	430	430	425	425
Rusia	2.882	2.807	2.477	3.052	2.800
Taiwan	140	140	140	-	--
Turki	1.749	1.853	1.665	1.828	1.900
Ukraine	700	720	720	600	600
United Kingdom	500	500	450	400	400
United States	10.70	11.10	11.50	11.70	11.60
Uzbekistan	90	90	90	90	90
Total	50.0	51.7	51.3	52.7	53.40



Gambar 1. Sektor pasar penggunaan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di Indonesia.

Natrium Karbonat memiliki peran yang signifikan dibidang ekonomi karena aplikasinya dalam manufaktur kaca, bahan kimia, kertas, deterjen dan banyak produk lainnya.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sudah digunakan selama lebih dari 5000 tahun. Pada zaman Mesir Kuno (3500 SM),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  banyak digunakan sebagai ornamen kaca dan perabot kaca, begitu juga bangsa Romawi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  untuk membuat roti, kaca dan tujuan pengobatan [2]. Pada Tabel 2 disajikan

jumlah produksi natrium karbonat didunia menurut United States geological Survey Mineral Yearbook 201 [3].

Saat ini material yang berbahan baku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  telah banyak ditemukan di sebagian besar industri. Berikut adalah statistik rasio konsumsi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di Indonesia, seperti yang disajikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, di Indonesia Natrium Karbonat sebagian besar digunakan sebagai bahan baku pada industri pulp dan kertas yang mencapai 65%, sisanya industri gelas/kaca mencapai 29%, industri keramik mencapai 4%, serta industri makanan dan minuman mencapai 1%.

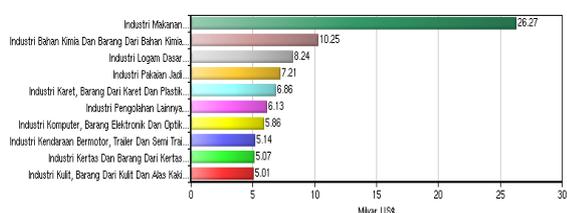
Indonesia mempunyai potensi besar untuk menjadi produsen  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dari segi bahan baku yang tersedia untuk proses pembuatannya juga konsumsi yang tinggi untuk diolah menjadi produk lainnya. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa Indonesia menempati peringkat ketiga negara tujuan ekspor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari USA. Pembangunan pabrik  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sangat membantu Indonesia untuk memenuhi sebagian kebutuhan konsumsi, sehingga dapat mengurangi jumlah impor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Pembangunan ini juga diharapkan dapat menjadi tolak ukur perkembangan industri di Indonesia, sehingga secara bertahap dapat menjadikan Indonesia menjadi negara yang mandiri dari segi perindustrian. Selain itu, dapat membantu pemerintah untuk menanggulangi masalah kurangnya lapangan kerja.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  merupakan bahan baku proses pembuatan pulp & kertas, kaca, keramik dan lain-lain. Industri tersebut merupakan industri dengan nilai ekspor terbesar Indonesia, sehingga dapat membantu meminimalisir harga bahan baku industri lain. Hal ini akan berdampak pada kapasitas produksi yang lebih tinggi dan kemampuan ekspor yang lebih besar. Berkembangnya industri gelas (kaca), dan industri lain di Indonesia yang menggunakan bahan baku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  menyebabkan tingkat konsumsi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  meningkat setiap tahun [2] Data kebutuhan yang diperoleh pada tahun 2010 hingga 2016 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3.  
Data impor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (kg/tahun)

Tahun	Jumlah (Kg)
2010	822.917.683
2011	949.897.637
2012	872.316.489
2013	891.973.318
2014	913.825.107
2015	936.654.780
2016	869.081.045

Berdasarkan data jumlah impor  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada Tabel 3 menunjukkan jumlah konsumsi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di Indonesia. Data menunjukkan terjadinya fluktuasi nilai konsumsi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terjadi pada masing masing tahun, data impor tersebut digunakan untuk industri pulp dan kertas, kaca, keramik dan industri lainnya, dimana industri-industri tersebut memiliki nilai ekspor terbesar. Menurut Kementerian Perindustrian tahun 2016 industri yang memiliki nilai ekspor terbesar seperti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sepuluh kelompok hasil industri yang memiliki nilai ekspor terbesar tahun 2016.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan proses solvay adalah garam rakyat dan batu kapur. Garam rakyat dapat berasal dari sampangan dan arosbaya dimana kedua daerah ini memiliki sumber garam rakyat sebesar 3.999.336.100 kg

Kabupaten bangkalan memiliki potensi batu kapur/gamping ( $\text{CaCO}_3$ ) yang melimpah, khususnya di wilayah kecamatan Arosbaya. Ketersediaan batu kapur tersebar hampir di seluruh wilayah kabupaten bangkalan dimana sebagian besar wilayah berupa pegunungan kapur [4]. Jumlah ketersediaan batu kapur di wilayah-wilayah kabupaten bangkalan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.  
Data Ketersediaan Batu Kapur di Kabupaten Bangkalan

No.	Daerah	Voume batu kapur (m <sup>3</sup> )	
		Cadangan	Dieksplorasi
1	Kamal	150.000	-
2	Labang	220.000	30.429
3	Kwanyar	355.000	2.168
4	Modung	220.000	41.040
5	Blega	550.000	4.660
6	Konang	194.000	-
7	Galis	52.980.000	2.398
8	Tanah Merah	149.863.084	-
9	Tragah	210.000	16.344
10	Socah	243.897.728	-
11	Bangkalan	-	-
12	Bumeh	683.514.872	7.200
13	Arosbaya	1.069.442.274.000	-
14	Geger	150.965.000	4.320
15	Kokop	6.9888.440.588	-
16	Tanjung Bumi	1.720.127.301	-
17	Sepulu	2.580.726.127	-
18	Klampus	1.040.309.091	-
Jumlah/ total		1.083.054.996.791	108.559

## II. SELEKSI URAIAN PROSES

Pemilihan proses suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan suatu pabrik tersebut.. Terdapat beberapa proses pembuatan natrium karbonat diantaranya proses Natural yang berasal dari batuan trona dan proses sintesis.

### A. Proses Natural

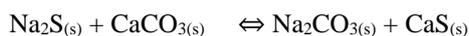
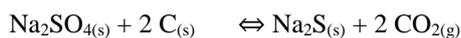
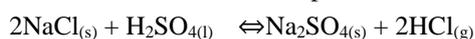
Bahan baku yang digunakan pada proses natural ini adalah Kristal *crudeburkeite* ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) atau biji trona yang telah dipisahkan dari impuritasnya. Kristal *crude burkeite* yang terdiri atas  $\text{Li}_2\text{NaPO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$  dipisahkan sedangkan filtratnya dipekatkan menjadi  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (garam *Glauber's*). Garam *Glauber's* 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 pengering (*dryer*). 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.

### B. Proses Le Blanc

Bahan baku proses ini yaitu  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCO}_3$  dan C dengan bahan tambahan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Pertama, garam laut (natrium klorida) direbus dalam asam sulfat untuk menghasilkan natrium sulfat dan gas hidrogen klorida. Proses

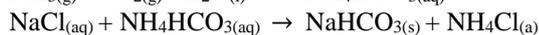
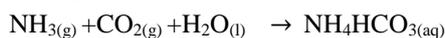
ini didasarkan atas pemanggangan *salt cake* (kerak garam) dengan karbon (batubara) dan batu kapur di dalam kiln dan sesudah itu mengerasakan hasilnya dengan air. Produk kasar dari reaksi ini disebut *black ash* (abu hitam). Pengerasan dilakukan pada waktu dingin, pada pengerasan ini berlangsung hidrolisis sebagian sulfida. 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, dipekatkan sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang kemudian dikeringkan atau dikalsinasi

Proses *Le Blanc* didasarkan pada reaksi berikut:

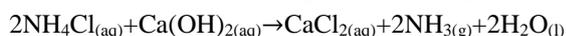


### C. Proses Solvay

Dikenal sebagai proses soda amonia yang menggunakan garam ( $\text{NaCl}$ ), dan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai bahan baku dasar dan menggunakan amonia sebagai *siklus reagen*, dengan produk samping  $\text{CaCl}_2$ . Ini berdasarkan pada kenyataan bahwa amonia bereaksi dengan karbon dioksida dan air untuk membentuk amonium bikarbonat, dengan reaksi sebagai berikut:



Dalam reaksi ini, amonium bikarbonat yang terbentuk bereaksi dengan garam untuk membentuk natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini kemudian dikalsinasi menjadi abu soda ringan. Klorida juga terbentuk sebagai produk sampingan. Hal ini dinetralsir dengan kapur untuk membentuk kalsium klorida, dengan reaksi sebagai berikut:



Hampir semua amonia terbentuk oleh reaksi ini di-*recycle* masuk kedalam proses untuk digunakan kembali. Amonia bisa dianggap sebagai katalis.

### D. Proses Karbonasi

Ekonomi proses ini tergantung pada ketersediaan jumlah  $\text{NaOH}$  yang diproduksi sebagai produk sampingan dari pembuatan klorin dari air garam. Sangat menarik untuk dicatat bahwa pasar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tergantung pada permintaan untuk klorin karena selama produksi klorin, soda kaustik juga diproduksi dimana bersaing dalam sebagian besar aplikasi soda abu. Oleh karena itu, jika pasar klorin tumbuh pada tingkat yang tinggi, produk sampingan soda kaustik yang dihasilkan, dapat mengambil alih sebagian besar pasar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan menekan harga. Dengan demikian studi pasar dan kelayakan untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  harus memperhitungkan saat ini dan proyeksi pasar kaustik / klorin.

### E. Seleksi proses

Setelah mencermati kelebihan dan kekurangan proses pembuatan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  diatas, maka dipilih **Proses Solvay** untuk pembuatan natrium karbonat dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kemurnian produk yang lebih tinggi, yaitu mampu mencapai 99,6%.
2. Korosivitas 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

Tabel 5.  
Pertimbangan Seleksi Proses

No	Pertimbangan	Proses		
		<i>Le Blanc</i>	<i>Solvay</i>	Karbonasi
	1. Aspek Teknis			
a	Bahan baku	$\text{NaCl}$ ; $\text{CaCO}_3$ ; C	$\text{NaCl}$ ; $\text{CaCO}_3$	$\text{CO}_2$ ; $\text{NaOH}$
b	Bahan tambahan	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_3$	-
c	Produk samping	$\text{HCl}$ ; $\text{CaS}$	$\text{CaCl}_2$	-
d	Kemurnian produk	96,8%	99,6%	99%
e	Korosivitas bahan	Tinggi	Sedang	Sedang
	2. Kondisi Operasi			
a	Tekanan (atm)	Tinggi	1	1
b	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tinggi	60	30
	Aspek Dampak Lingkungan	Tinggi	Sedang	Rendah

### F. Uraian Proses Terpilih

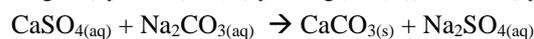
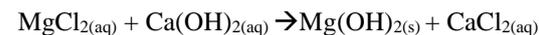
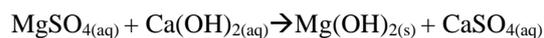
Dikenal sebagai proses soda amonia yang menggunakan garam ( $\text{NaCl}$ ), dan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai bahan baku dasar dan menggunakan amonia sebagai *siklus reagen*,  $\text{NH}_3$  bisa dipenuhi dari industry lain dalam negeri, misalnya PT Petrokimia Gresik, dan proses ini memiliki produk samping  $\text{CaCl}_2$  [5].

#### 1) Brine Purification

$\text{NaCl}$  sebagai bahan baku utama dari proses *solvay* dapat diperoleh dari garam rakyat. Garam rakyat masih mengandung berbagai zat pengotor anorganik yang dapat menyebabkan masalah pada proses produksi dan merusak kualitas dari produk akhir. Contohnya adalah jika terdapat ion *calcium* dan *magnesium* yang dapat menyebabkan *scaling* (kerak) pada perpipaan instrument.

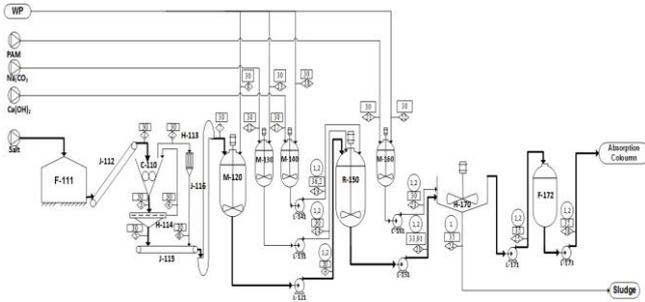
Garam kristal dari *storage* (F-111) dilewatkan menggunakan *conveyor* (J-112) menuju *salt dissolver tank* (M-120) untuk melarutkan garam rakyat dengan menggunakan air proses. Kemudian *crude brine* ini akan dipompa dengan menggunakan *salt dissolver pump* (L-121) menuju reaktor (R-150). Sebagian  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari produk akan diumpangkan menuju reaktor (R-150) dan dilarutkan terlebih dahulu dengan air proses dalam  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tank (M-130) dan *lime milk* dari *lime section* akan diambil untuk direaksikan dengan larutan *crude brine* dalam reaktor (R-150) yang sebelumnya di masukkan dalam *lime milk tank* (M-140). Lalu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan *lime milk* secara bersamaan dengan *crude brine* akan masuk ke dalam reaktor (R-150) untuk melepaskan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .

Reaksi untuk melepaskan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Pada reaktor (R-150) yaitu:



*Brine* yang keluar dari reaktor dan masuk ke dalam *Brine Clarifier* (H-170) untuk dicampurkan dengan larutan P.A.M dari *P.A.M Tank* (M-160) sebagai koagulan.

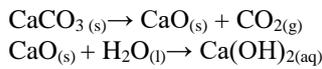
Dimana arus keluar bagian atas (*overflowing liquid*) adalah  $\text{NaCl}$  murni (*purified brine*) dan keluar bawah adalah lumpur  $\text{NaCl}$  (*salt mud*). Lumpur  $\text{NaCl}$  ini akan menuju penampungan limbah sebagai *waste product*.  $\text{NaCl}$  murni akan dialirkan ke dalam *ammonia absorber* (D-310) yang sebelumnya dilewatkan dalam *brine storage* (F-172).



Gambar 3. Proses Brine Purification.

2) Lime section

Dalam unit ini batu kapur didekomposisi di dalam rotary kiln (B-230) melalui proses pemanasan dengan bahan bakar pemanasan berupa batu bara (coal), hasil gas keluaran dari kiln disalurkan dalam unit karbonasi dan kapur dimasukkan ke dalam tank pelarutan atau Lime Slaker (R-240). Reaksi yang terjadi pada unit pengolahan batu kapur adalah sebagai berikut:

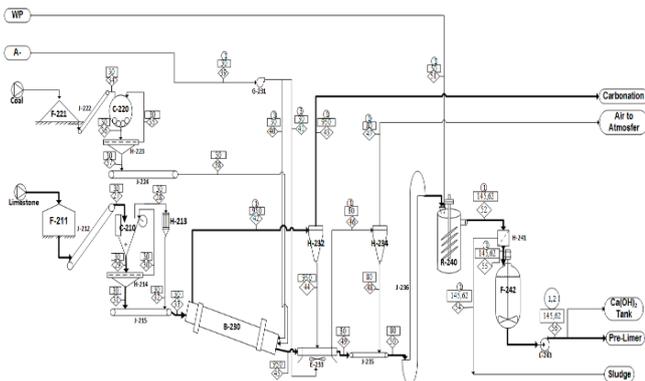


Sebelum masuk Rotary Kiln, bahan batu kapur dihaluskan menjadi partikel-partikel lebih kecil melalui Jaw Crusher (C-210). Udara dihembuskan ke dalam Rotary Kiln (B-230) melalui Blower (G-231). Setelah melalui proses kalsinasi dalam Rotary Kiln (B-230) dihasilkan kapur mentah (quicklime) dan gas CO<sub>2</sub> dengan suhu terbaik kalsinasi dalam kiln adalah 1.050 °C hingga 1.100 °C.

Gas yang keluar dari Rotary Kiln (B-230) (sebagian besar berupa CO<sub>2</sub>) dialirkan ke dalam Cyclone (H-232) untuk menangkap dan memisahkan debu yang terbawa, selanjutnya gas keluar akan didinginkan melalui Cooler Absorber (E-313) untuk menyesuaikan suhu gas sebelum masuk ke dalam kolom absorber, selain itu panas hasil pembakaran digunakan untuk memanaskan udara pada unit kalsinasi.

Kapur yang keluar dari rotary kiln (B-230) didinginkan dengan Grate Cooler (E-233). Udara dihembuskan dari bawah Grate Cooler (E-233). Debu yang keluar dari Grate Cooler (E-233), ditangkap oleh Cyclone (H-234) kemudian debu yang tertangkap akan dilirinkan ke Conveyor (J-235). Begitu pula dengan aliran padatan keluaran Grate Cooler (E-233) akan diteruskan ke Conveyor (J-235).

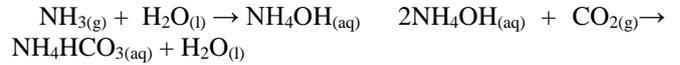
Kemudian melalui Bucket Elevator (J-236) disalurkan menuju tangki lime slaker (R-240). Air yang masuk dalam lime slaker (R-240) berasal dari utilitas pengolahan air proses. Kapur dilarutkan dalam air menjadi lime milk yang nantinya dialirkan menuju Rotary Filter (H-241) untuk memisahkan granul yang terbentuk. Selanjutnya lime milk yang berhasil lolos masuk dalam tangki penampung (F-242). Lime milk dialirkan ke Pre-Limer (R-410).



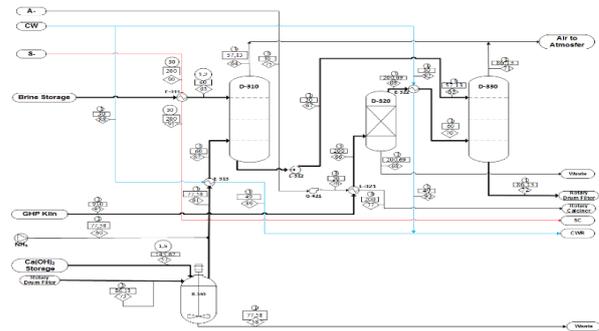
Gambar 4. Proses Lime Section.

3) Amonia Absorption and Carbonation Column

Air laut yang sudah melalui tahap purifikasi mengandung kadar NaCl yang tinggi dijenuhkan dengan uap air menjadi pelarut pada proses absorpsi. Gas dari tangki Pre-Limer (R-410) pada NH<sub>3</sub> recovery section mengandung CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> dijenuhkan dengan uap air. Absorpsi yang terjadi pada section ini adalah NaCl mengabsorpsi NH<sub>3</sub>. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, melepaskan panas sesuai dengan reaksi berikut:



Larutan NaCl masuk pada kolom absorber (D-310) dari atas dan gas NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub> dari bawah sehingga terjadi kontak secara counter-current. Keluaran dari absorpsi amonia akan membentuk ammoniacal brine yang kemudian dialirkan ke Carbonate Column (D-330).

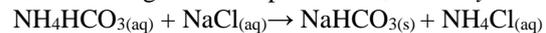


Gambar 5. Proses Amonia Absorption and Carbonation Column.

Gas hasil pembakaran dari Rotary Kiln (B-230) masih mengandung SO<sub>2</sub> yang bersifat korosif, sehingga harus dihilangkan menggunakan Flue Gas Desulphurization (D-320). Pada proses ini gas dialirkan dari kolom bagian bawah, kemudian dari bagian atas kolom disemprotkan air proses. Dalam proses ini terjadi reaksi berikut:

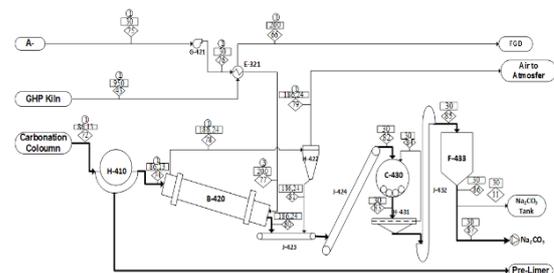


Kemudian gas keluaran Flue Gas Desulphurization (D-320) masuk melalui bagian bawah dari Carbonate Column (D-330). Pre-carbonated liquid mengalir ke bawah dan berkontak secara counter-current dengan gas yang naik dan mengabsorpsi CO<sub>2</sub> sedikit demi sedikit sehingga dapat memisahkan kristal NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> setelah dibuat saturated, dan mengalir ke bagian bawah Carbonate Column (D-330) untuk mengabsorpsi CO<sub>2</sub> lebih lanjut dan membentuk NaHCO<sub>3</sub> kristal yang akan melewati Rotary Drum Filter (H-410) dan masuk ke Calcination Section (B-520). Sedangkan untuk NH<sub>4</sub>Cl akan digunakan di proses NH<sub>3</sub> recovery.



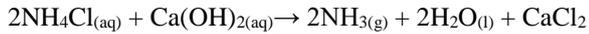
Exit gas yang ikut dengan sedikit kandungan ammonia yang tidak ikut bereaksi keluar dari bagian atas Carbonate Column (D-330) mengalir exit gas dan dibuang ke atmosfer.

4) Calcination Section



Gambar 6. Proses kasinasi.

Cairan kental (*magma*) dari *carbonation column* masuk ke dalam *rotary drum filter* (H-410). Cairan ini mengandung  $\text{NaHCO}_3$  dalam cairan ini berbentuk *solid* dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  berbentuk *liquid*. *Liquid* pada *drum filter* disebut *mother liquor* (dalam hal ini adalah  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) akan dilanjutkan masuk ke dalam tangki *Pre-Limer* (R-340).  $\text{NaHCO}_3$  yang telah dipisahkan dari *mother liquor* menuju *Rotary Calciner* (B-420) untuk dilanjutkan ke proses kalsinasi membentuk soda ash (*light ash section*).  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dari *carbonation section* akan bereaksi dengan *milk of lime*  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan reaksi sebagai berikut:



*Mother liquor* dari *carbonation section* ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dipompakan ke tangki *Pre-Limer* (R-340) untuk direaksikan dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Hasil reaksi dari *pre-limer* akan menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{NH}_3$  yang akan terpisah naik untuk selanjutnya masuk ke dalam kolom absorber pada *Carbonation section* (D-330). Sedangkan untuk  $\text{CaCl}_2$  digunakan sebagai *by-product*.

Proses kalsinasi ini merupakan proses dekomposisi *crude bicarbonate* (bikarbonat kotor) melalui pemanasan menjadi *light soda ash* dengan reaksi sebagai berikut:



Proses kalsinasi yang berlangsung dalam *Rotary Calciner* (B-420) beroperasi pada kisaran suhu  $180^\circ\text{C}$ . Sumber panas dalam *Rotary Calciner* (B-420) diperoleh dari udara yang dipanaskan dengan menggunakan *steam* pada *heat exchanger* (E-321) hasil pemanfaatan panas gas hasil pembakaran di *Rotary Killn* (B-230) dan dialirkan melalui bagian belakang *Rotary Calciner* (B-420), sehingga proses kalsinasi berjalan secara *counter-current*.

*Light soda ash* akan dialirkan menggunakan *conveyor* (J-423) menuju *ball mill* (C-430) untuk memperkecil ukuran *granule*.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terbentuk dan telah diseragamkan ukurannya menggunakan *ball mill* (C-430) diharapkan memiliki ukuran hingga kurang dari 1 mm. *Granule* yang telah berukuran halus akan lolos saat dilewatkan ke *Vibrating screen* (H-431) sedangkan *granule* dengan ukuran yang masih besar akan di *recycle* untuk dimasukkan kembali ke dalam *ball mill* (C-430). Sedangkan *granule* dengan ukuran kurang dari 1 mm akan diangkut menuju *packing unit*.

Spesifikasi natrium karbonat yang dihasilkan dari proses *solway* ini disesuaikan dengan standar spesifikasi produk natrium karbonat yang dibutuhkan pada industr. Spesifikasi tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.  
Spesifikasi Natrium Karbonat

Komponen	Kadar (%)
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Min 99,0
$\text{NaCl}$	0,4
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,04
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,004
$\text{H}_2\text{O}$ (insoluble)	0,01

### III. NERACA MASSA

Berdasarkan hasil perhitungan *material balance* pada pabrik natrium kabronat ini dibutuhkan bahan baku antara lain garam rakyat sebesar 1028,56 ton/hari, batu kapur 752,52 ton/hari, bahan pembantu ammonia sebesar 285, 29 ton/hari untuk menghasilkan produk natrium karbonat sebanyak 560,6 ton/hari dengan produk samping  $\text{CaCl}_2$  sebanyak 595,6 ton/hari.

### IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *Total Cost Investment* pabrik ini sebesar Rp 381.100.541.947 dengan bunga 12 % per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 22,3% dan BEP sebesar 20,3 % dimana pengembalian modalnya selama 4,511 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun.

### V. KESIMPULAN

#### A. Dari segi teknis :

1. Kapasitas rancangan pabrik margarin direncanakan 185.000 ton/tahun.
2. Lokasi pendirian pabrik adalah Arosbaya, Bangkalan Madura, Jawa Timur.
3. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT).
4. Bentuk organisasi yang direncanakan adalah organisasi sistem garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 150 orang.

#### B. Dari segi ekonomis :

1. Modal investasi : Rp 381.100.541.947
2. Biaya produksi/ tahun : Rp359.890.743.174
3. Hasil jual produk /tahun : Rp. 693.508.241.631
4. *Internal Rate of Return* : 22,3 %
5. *Pay Out Time* : 4,511 tahun
6. *Break Even Point* : 20,3 %

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mineral Comodity Summaries, "USGS Data," 2017. [Online]. Available: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>.
- [2] Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Laporan Inventarisasi gas Rumah Kaca," 2014.
- [3] Minerals.usgs.gov, "United States geological Survey Mineral Yearbook," 2015. [Online]. Available: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>.
- [4] Badan Pusat Statistika, "Volume Produksi Pertambangan Bahan Galian Menurut Jenis Komoditas." [Online]. Available: <http://www.bps.go.id/index.php/linkTabelStatis/1799>.
- [5] Ullmann, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, 2003.