



## BAB II

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

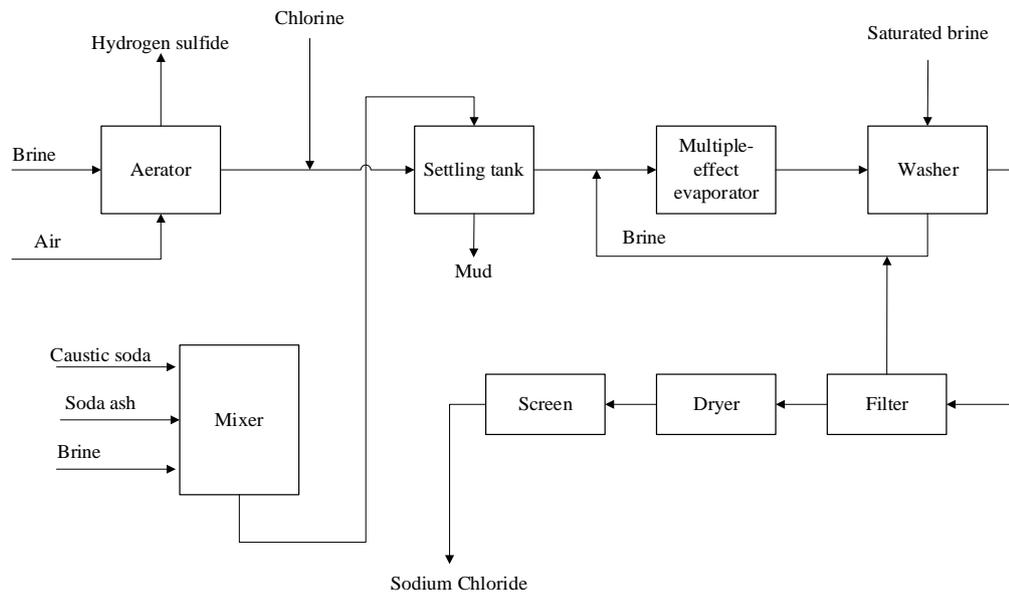
#### II.1 Pemilihan Proses

Terdapat 4 proses pembuatan Garam Industri yang digunakan diantaranya:

1. Proses *Vacuum Pan Crystallization (Multiple-Effect Evaporation)*
2. Proses *Open Pan*
3. Proses *Rock Salt Mining*
4. Proses *Solar Evaporation*

##### II.1.1 Proses *Vacuum Pan Crystallization (Multiple-Effect Evaporation)*

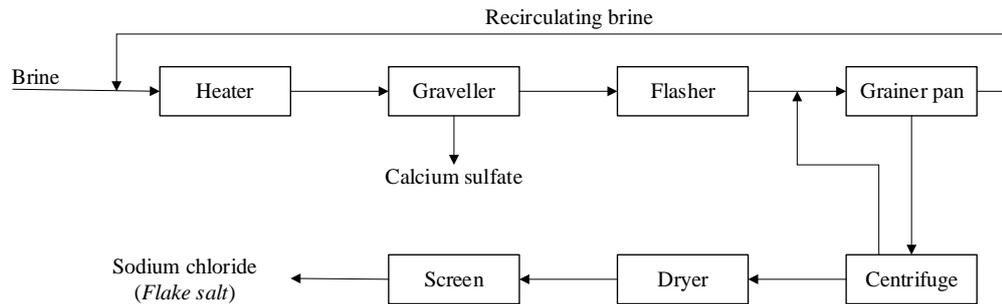
Bahan baku yang digunakan dalam proses *vacuum pan crystallization* yaitu brine (leburan garam kasar). Selain mengandung *sodium chloride*, brine juga mengandung kalsium sulfat, kalsium klorida, dan magnesium klorida. Pada proses ini, perlakuan pertama yaitu dengan melakukan proses aerasi pada bahan baku, yang bertujuan untuk mempercepat penghilangan  $H_2S$  dalam *brine*. *Brine* dari proses aerasi selanjutnya dipompa ke tangki pengendapan untuk mengendapkan kandungan kalsium, magnesium, atau ion ferri. Proses pengendapan dibantu oleh campuran *caustic soda*, *soda ash*, dan *brine* sehingga diperoleh larutan garam. Dari proses pengendapan, kemudian larutan garam dipekatkan menggunakan *multiple effect evaporator*. Larutan garam pekat dari proses evaporasi dicuci dengan *saturated brine* untuk memurnikan garam. Larutan garam selanjutnya difiltrasi dengan filter untuk proses pemisahan garam dan larutan *brine*. Kristal garam dari filter dikeringkan dan diayak menggunakan screen. Kemurnian garam industri yang diperoleh dari proses ini adalah 99,8%. Proses pembuatan garam industri (*sodium chloride*) dapat dijelaskan melalui gambar berikut ini :



Gambar II.1 Flowsheet Dasar Proses Vacuum Pan Crystallization

### II.1.2 Proses *Open Pan*

Proses open pan disebut juga proses “Grainer”. Grainer yang digunakan berupa flat open pan dengan ukuran lebar 15 hingga 20 ft, panjang 150 hingga 200 ft, dan kedalaman sekitar 2 ft. Air laut dijenuhkan dengan cara memanaskannya dengan heater pada suhu 230 °F (110 °C). Larutan brine yang panas selanjutnya diumpankan ke graveller, fungsinya yaitu memisahkan kalsium sulfat yang terdapat dalam brine. Larutan brine kemudian didinginkan menggunakan flasher dengan suhu yang dijaga agar sodium chloride dalam kondisi larut dalam air. Larutan brine selanjutnya diumpankan ke open pan untuk menguapkan air dengan suhu operasi 205 °F (96 °C) sehingga terbentuk kristal garam. Tahap selanjutnya yaitu memisahkan kristal dari mother liquor dengan centrifuge. Kemudian dikeringkan dan diayak menggunakan screen. Pembuatan garam dengan sistem open pan ini menghasilkan kristal garam yang berukuran relatif besar dan masih banyak mengandung kotoran serta membutuhkan panas yang tinggi sehinggabiaya operasi yang dikeluarkan mahal.



Gambar II.2 Flowsheet Dasar Proses Open Pan

### II.1.3 Proses *Rock Salt Mining*

Rock salt merupakan garam yang berasal dari tambang garam. Garam deposit memiliki warna yang bermacam-macam mulai dari yang terang hingga coklat. Kemurnian garam yang diperoleh dari proses ini sekitar 99,4%. Setelah diperoleh rock salt atau batuan garam, kemudian garam tersebut dihancurkan di dalam tambang dan dihancurkan lagi di permukaan. Untuk memperoleh ukuran yang bermacam-macam, maka dilakukan proses grinding hingga dihasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan. Produk ini biasanya digunakan untuk industri ice cream dan pengasinan.

### II.1.4 Proses *Solar Evaporation*

Air laut merupakan bahan baku produksi garam dengan proses solar evaporation. Konsentrasi air laut dari hasil penguapan secara berurutan yaitu yang pertama proses kristalisasi garam dengan kelarutan yang rendah ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ), diikuti  $\text{NaCl}$  dan yang terakhir garam magnesium. Saltworkers menggunakan skala Baume (Be), untuk mengukur konsentrasi larutan garam. Menurut skala tersebut konsentrasi air laut adalah 3,5 Be. Kristalisasi  $\text{CaCO}_3$  dimulai pada 4,6 Be dan  $\text{CaSO}_4$  pada 13,2 Be. Kristalisasi  $\text{NaCl}$  pada 25,7 Be dan diikuti oleh garam Mg yang mudah larut pada 30 Be.

Proses solar evaporation merupakan proses pembuatan garam yang paling tradisional. Proses produksi sangat bergantung pada kondisi iklim serta luas lahan yang digunakan. Solar evaporation merupakan proses sebagian kecil dari



kristalisasi menggunakan matahari sebagai sumber energi atau menggunakan tenaga surya. Air laut atau brine diubah menjadi keadaan jenuh di kolam terbuka yang besar. Pada kolam kapur yang terdahulu area pengkristalan garam, terbentuk banyak endapan kalsium sulfat. Kemudian, evaporasi lebih lanjut pada area kristalisasi atau pan, hasilnya terbentuk kristal garam yang terakumulasi pada pan kristalisasi. Kecuali untuk kalsium sulfat, unsur dari brine selain dari sisa garam pada larutan umumnya akan dibuang sebagai bittern. Hasil garam akan dipanen dengan alat yang disebut alat pemanenan. Garam yang telah dipanen akan dicuci dan ditimbun sebagai persediaan, dan proses lanjutan pada pabrik dengan pengeringan, penghancuran, dan penyaringan. Kemurnian garam yang dihasilkan dengan proses solar evaporation yaitu sekitar 77,8%

(Faith, 1957).



## II.2 Seleksi Proses

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Chloride

Parameter	Jenis Proses			
	<i>Vacuum Pan Crystallization</i>	<i>Open Pan</i>	<i>Rock Salt Mining</i>	<i>Solar Evaporation</i>
<b>Bahan Baku</b>	Garam rakyat	Air laut	Garam Tambang	Air laut
<b>Bahan Penunjang</b>	Air, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaOH, BaCl <sub>2</sub>	Steam	-	-
<b>Yields</b>	99,8%	99%	99,4%	77,8%
<b>Peralatan</b>	Mahal	Mahal	Sederhana	Sederhana
<b>Efisiensi Steam</b>	Efisien	Boros	-	-

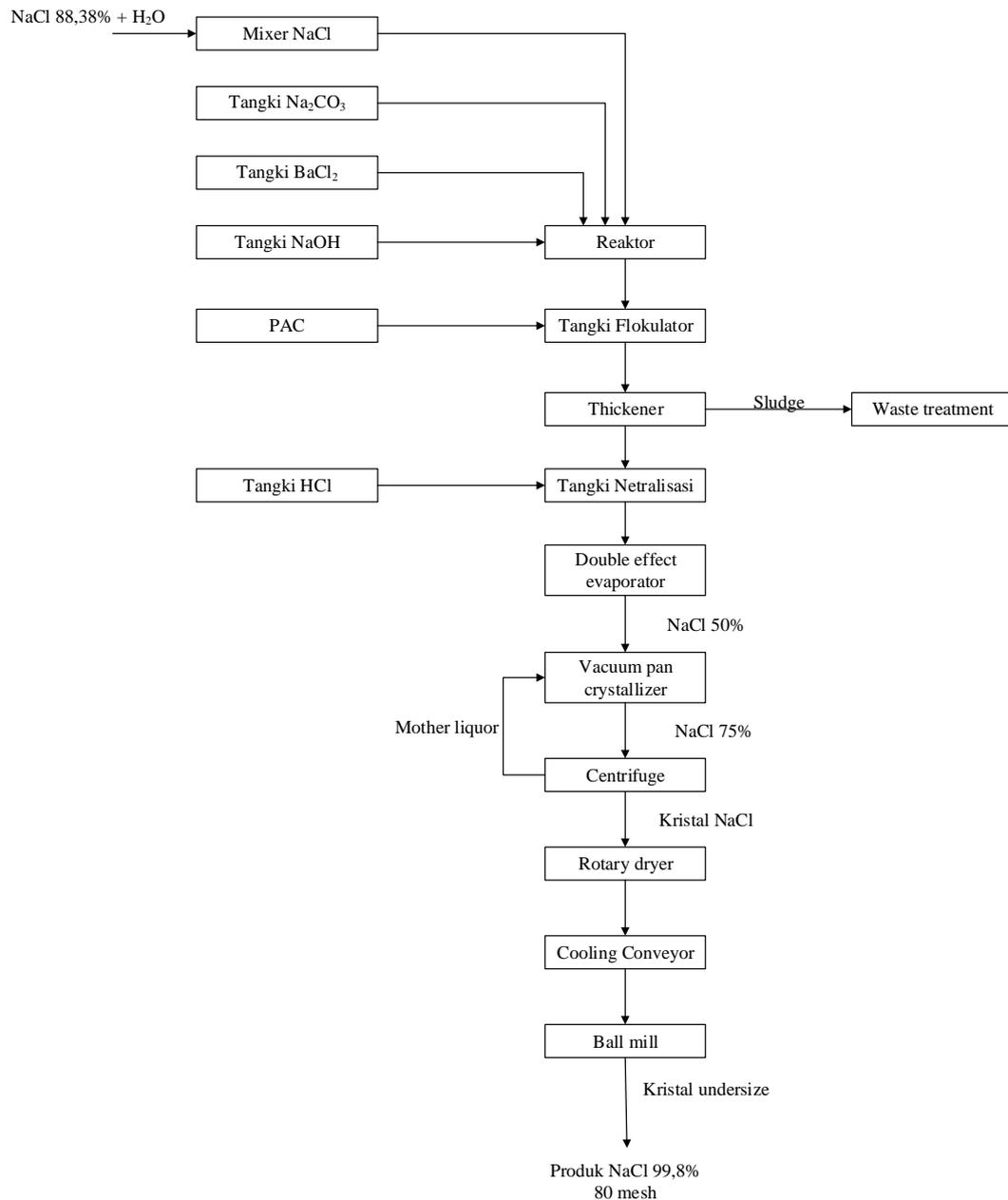
Dari berbagai pertimbangan yang telah diuraikan pada Tabel diatas, maka proses yang dipilih dalam pembuatan sodium chloride adalah proses vacuum pan crystallization dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku berupa garam rakyat tersedia di dalam negeri.
2. Produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar pasar.
3. Yields yang dihasilkan cukup tinggi dari proses yang lainnya.
4. Tidak boros energi.



### II.3 Uraian Proses Terpilih

Berikut adalah diagram blok pembuatan Garam Industri (NaCl) dengan proses *Vacuum Pan Crystallization*.





Pada pra rencana pabrik ini, dapat dibagi menjadi 3 unit proses, dengan pembagian sebagai berikut :

1. Unit Pemurnian
2. Unit Evaporasi dan Kristalisasi
3. Unit Pengeringan Produk

Berikut adalah diagram blok pembuatan Garam Industri (NaCl) dengan proses *Vacuum Pan Crystallization*.

### II.3.1 Unit Pemurnian

Bahan baku yang digunakan adalah garam rakyat yang disimpan dalam gudang bahan baku. Selanjutnya bahan baku diangkut menggunakan *belt conveyor*, kemudian diteruskan menuju *bucket elevator* untuk dialirkan menuju *hopper*. Didalam *hopper*, bahan baku turun menuju tangki pelarutan untuk dilarutkan dengan air proses sehingga menjadi larutan garam dengan konsentrasi 16%. Proses pelarutan garam rakyat bertujuan untuk memudahkan proses pemurnian garam dari pengotor-pengotornya. Zat pengotor dalam garam rakyat antara lain  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Dari tangki pelarut selanjutnya larutan garam dipompa dengan pompa sentrifugal menuju *reactor* untuk dilarutkan dengan larutan reagen berupa  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ , dan  $\text{BaCl}_2$ . Untuk menghilangkan pengotor dalam garam.

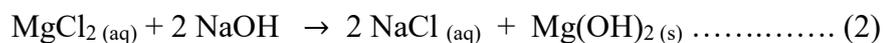
Larutan garam dipompa menuju reaktor I dan ditambahkan dengan reagen  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  untuk mengikat pengotor  $\text{CaSO}_4$  yang terkandung (reaksi 1). Kemudian, larutan garam dipompa menuju reaktor II dan ditambahkan reagen  $\text{NaOH}$ . Reagen ini berfungsi untuk mengikat pengotor  $\text{MgCl}_2$  dan  $\text{MgSO}_4$  dalam larutan garam (reaksi 2-3). Selanjutnya, dipompa menuju reaktor III dan ditambahkan reagen  $\text{BaCl}_2$  untuk mengikat pengotor berupa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (reaksi 4).

Reaksi-reaksi yang terjadi sebagai berikut :

Reaksi 1 :



Reaksi 2 :

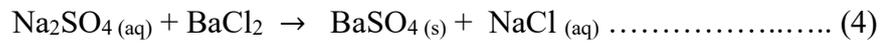




Reaksi 3 :



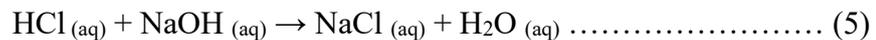
Reaksi 4 :



Selanjutnya slurry hasil keluaran reactor III dialirkan menuju tangki flokulator. Di dalam tangki flokulator dilakukan penambahan koagulan berupa PAC (*Poly Aluminium Chloride*) untuk mempercepat proses pembentukan flok atau penggumpalan pada endapan. Hasil keluaran dari tangki flokulator selanjutnya dipompa menuju *thickener* untuk proses pengendapan padatan yang berupa  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , dan  $\text{BaSO}_4$ . Di dalam *thickener* terjadi pemisahan antara sludge dengan filtrat. *Sludge* yang dihasilkan dialirkan ke *waste treatment* dan filtratnya dialirkan ke tangki netralisasi. Di dalam tangki netralisasi akan dilakukan penambahan HCl yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan NaOH yang tertinggal dalam larutan garam. Kemudian larutan garam akan dipompa menuju ke evaporator.

Reaksi yang terjadi di dalam tangki netralisasi yaitu :

Reaksi 5 :



### II.3.2 Unit Evaporation dan Kristalisasi

Larutan garam dari tangki netralisasi selanjutnya dipekatkan menggunakan *double effect evaporator* hingga mencapai kondisi *saturated brine*. Larutan garam dialirkan dari evaporator badan I, kemudian menuju badan II. *Double effect evaporator* memiliki keuntungan yaitu pada *steam economy*. Pada evaporator badan I beroperasi pada kondisi suhu  $134^\circ\text{C}$  dengan tekanan 3 atm. Larutan garam dipanaskan menggunakan steam sehingga menyebabkan air dalam larutan garam mendidih dan menguap. Sebagian uap terkondensasi kembali menjadi air. Panas yang dihasilkan oleh penguapan evaporator badan I digunakan untuk memanaskan larutan garam yang masuk pada evaporator badan II. Pada evaporator badan II beroperasi pada kondisi suhu  $110^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1,4 atm. Konsentrasi NaCl pada efek I adalah 25%, sedangkan pada efek II adalah 50%. Larutan garam yang



telah dipisahkan pada evaporator selanjutnya menuju *vacuum pan crystallizer*. Dalam *vacuum pan crystallizer* larutan garam dikristalkan dalam kondisi vakum.

Pada *vacuum pan crystallizer* beroperasi pada kondisi suhu 70°C dengan tekanan 0,3 atm. Air yang berada dalam larutan garam mulai menguap karena tekanan rendah. Uap air yang dihasilkan akan dihisap atau dikeluarkan dari *vacuum pan crystallizer* menggunakan steam jet ejector untuk di kondensasikan. Proses penguapan ini akan mengkonsentrasikan larutan garam dan menjadikan garam dalam bentuk padatan di dalam pan. Ketika konsentrasi garam dalam larutan garam mencapai titik jenuh, garam mulai mengkristal. Hasil dari *vacuum pan crystallizer* yang berupa campuran kristal dan *mother liquor* selanjutnya didinginkan di dalam *cooler* hingga mencapai suhu 30°C. Selanjutnya dialirkan menuju *centrifuge* untuk memisahkan antara *mother liquor* dengan kristal. Kemudian *Mother liquor* ditampung pada tangki penampungan yang selanjutnya di treatment kembali di utilitas, sedangkan kristal garam dialirkan menuju *rotary dryer* dengan menggunakan *screw conveyor*.

### II.3.3 Unit Pengeringan Produk

Di dalam *rotary dryer*, kristal garam mengalami proses pengeringan. Kadar air kristal garam keluar dari *rotary dryer* maksimal adalah 0,05%. Kristal garam dimasukkan dalam silinder yang berputar kemudian bersamaan dialirkan udara panas yang dihasilkan dari *blower* yang telah dipanaskan dalam *heater*. Kristal garam dari *rotary dryer* diumpankan ke *cooling conveyor* untuk didinginkan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 30°C. Kemudian diumpankan ke *bucket elevator*. Selanjutnya kristal *sodium chloride* diumpankan ke *ball mill* untuk dihaluskan hingga menghasilkan ukuran 80 mesh. Kemudian kristal yang masuk ke dalam tangki produk.

### II.4 Mekanisme Reaksi

Berdasarkan deret volta :

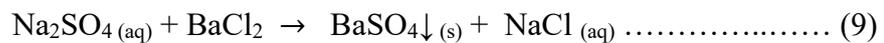
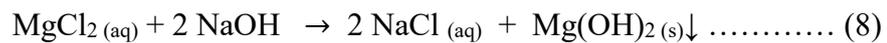
Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H), Cu, Hg, Ag, Pt,

Au



Maka ion yang bereaksi terlebih dahulu adalah Ca, Na dan barulah Mg. Dari deret volta tersebut terlihat reaksi bergerak kearah kanan yang artinya pada reaksi tersebut terjadi reaksi reduksi.

Sehingga reaksi yang terjadi adalah :



Impurities Ca dalam garam yang berupa Kalsium Sulfat akan bereaksi terlebih dahulu dengan reagen Natrium Karbonat. Reaksi ini menghasilkan larutan Natrium Sulfat dan endapan Kalsium Karbonat. Selanjutnya impurities Mg dalam garam yang berupa Magnesium sulfat dan Magnesium Klorida akan bereaksi dengan reagen Natrium Hidroksida. Reaksi ini menghasilkan larutan Natrium Klorida (garam), larutan Natrium Sulfat dan endapan Magnesium Hidroksida. Larutan Natrium Sulfat yang terbentuk dari reaksi-reaksi tersebut akan dihilangkan dengan menambahkan reagen Barium Klorida. Reaksi tersebut menghasilkan larutan Natrium Klorida (garam) dan endapan Barium Sulfat. Larutan Natrium Klorida (garam) akan dibawa menuju proses selanjutnya, sedangkan endapan-endapan yang terbentuk akan dibawa menuju pengolahan limbah.