



BAB II

SELEKSI PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pemilihan proses tersebut dilakukan agar pabrik dapat berproduksi secara efisien dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang ada, baik dari bahan baku, bahan penunjang, utilitas, hingga biaya produksinya. Menurut [E. Hugot, *Handbook of Cane Sugar Engineering*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V., 1995.], proses pembuatan garam dilakukan dengan beberapa macam bahan baku misalnya: brine (saturated sea water), garam kasar (garam rakyat), dan air laut. Ada beberapa proses pembuatan garam industri atau biasa dikenal dengan nama sodium chloride (NaCl) dengan masing-masing prinsip, diantaranya adalah proses-proses pembuatan yang akan dijelaskan dibawah ini.

II.1.1. Pembuatan NaCl dengan Proses *Sedimentation- Microfiltration*

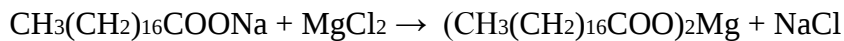
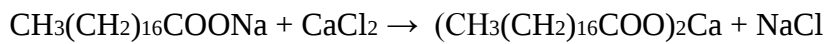
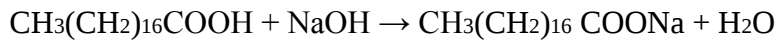
Pada proses ini mereaksikan garam rakyat dengan Na_2CO_3 dan NaOH sehingga timbul endapan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Proses ini dilakukan menggunakan atau tanpa adanya flokulan agar mendapatkan rasio Ca/Mg secara optimum. Apabila rasio Ca/Mg terlalu besar ataupun terlalu kecil akan mengakibatkan pengendapan impuritas tidak berlangsung dengan baik. Rasio Ca/Mg yang paling baik sebesar 2. Penambahan flokulan cukup mempengaruhi penurunan kadar Ca^{2+} dan relatif sedikit mempengaruhi penurunan kadar Mg^{2+} .

Pembuatan garam dilakukan dengan menggunakan metode pengendapan dan evaporasi dengan pelarut NaOH dan gas CO_2 . Pelarut NaOH dan gas CO_2 berfungsi untuk mengendapkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} . Hasil garam yang diperoleh belum sesuai SNI dikarenakan Ca^{2+} yang terendapkan menjadi CaCO_3 kurang maksimal. Pembuatan garam industri dari air laut dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu penambahan asam stearat dan natrium hidroksida, penambahan natrium karbonat, dan modifikasi penggabungan metode pengendapan dan mikrofiltrasi dengan membran. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode modifikasi



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

proses memberikan hasil yang paling baik. Metode pengendapan dan mikrofiltrasi menggunakan pelarut campuran asam stearat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$) dan natrium hidroksida (NaOH). Reaksinya adalah sebagai berikut :



Membran mikrofilter merupakan jenis membran yang digunakan dalam proses mikrofiltrasi. Mikrofiltrasi adalah proses filtrasi terhadap suatu partikel tersuspensi dengan ukuran $0,1 - 10 \mu\text{m}$ dimana proses adsorpsi terjadi ketika membran menangkap partikel. Membran mikrofilter terdiri dari 2 bagian, yaitu prefilter yang terletak di bagian luar untuk menyaring partikel yang lebih kasar dan membran filter yang lebih tipis dan halus untuk menyaring partikel yang cukup halus. Membran mikrofilter memiliki ukuran diameter poros antara $0,22 - 0,45 \mu\text{m}$

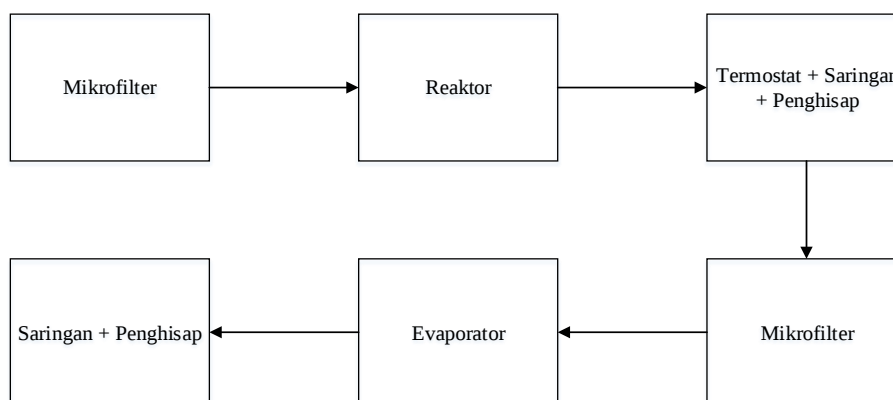
Penelitian ini bertujuan mencari kondisi operasi optimum untuk variabel temperatur dan konsentrasi natrium stearat dalam proses pengendapan garam NaCl dengan menggunakan metode respon permukaan.

Air laut yang dipakai sebagai bahan baku utama diperoleh dari daerah garam di Kabupaten Rembang Jawa Tengah. Bahan pembantu adalah asam stearat dan natrium hidroksida diperoleh dari toko kimia di kota Semarang. Reaktor yang digunakan berbentuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan heater dan pengendali temperatur. Membran yang digunakan adalah jenis membran mikrofiltrasi dari polisulfon. Penelitian dilakukan dengan variabel tetap adalah waktu proses 60 menit, volume air laut 2 liter, kepekatan air laut 20oBe dan perbandingan mol asam stearat dengan natrium hidroksida 1:1. Respon yang diamati dari penelitian ini adalah konversi pengurangan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} serta penambahan konsentrasi NaCl dalam garam. Konversi pengurangan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} selanjutnya dilakukan perhitungan reratanya.

Proses yang dilakukan meliputi tahap pembuatan larutan natrium stearat, proses reaksi, proses penyaringan, dan proses pembentukan kristal garam.



Pembuatan natrium stearat dilakukan dengan cara mereaksikan asam stearat dengan natrium hidroksida. Larutan natrium stearat dibuat dengan cara mencampur asam stearat dan air dengan perbandingan berat 1:1. Air laut terlebih dahulu disaring dan dipanaskan atau diuapkan airnya sampai 20oBe. Air laut selanjutnya direaksikan dengan larutan natrium stearat pada variabel operasi yang telah ditentukan. Reaksi dilakukan dalam reaktor berpengaduk yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Padatan yang terbentuk disaring untuk memisahkan filtrat dengan endapannya. Filtrat yang dihasilkan dianalisis kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} , selanjutnya air diuapkan hingga diperoleh endapan garam untuk dianalisis kadar NaCl -nya. Analisis kadar Ca dan Mg menggunakan dengan metode kompleksometri, sedangkan analisis logam dan ion yang ada dalam garam dengan menggunakan AAS. Konsentrasi Cldianalisis dengan metode argentometri. Proses pembuatan sodium chloride dengan proses sedimentation-microfiltration dijelaskan melalui Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram Blok Proses Sedimentation-Microfiltration (Widayat, 2009)

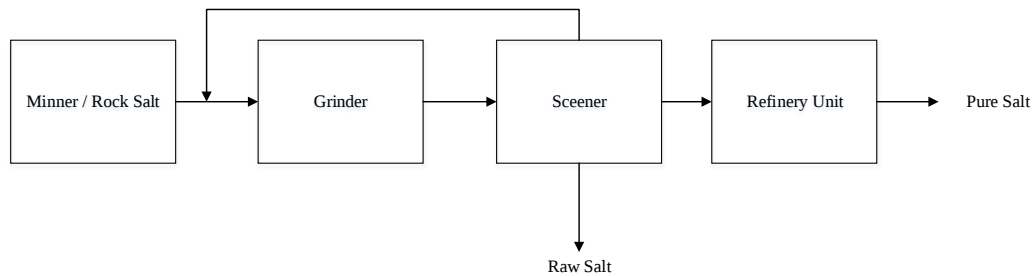
II.1.2. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Rock Salt Mining*

Rock salt merupakan garam yang berasal dari tambang garam dan kualitas yang didapatkan masih kurang bagus, diantaranya : warna garam agak coklat, ada yang abu-abu. Setelah penambangan batuan garam, batuan garam kemudian dihancurkan dengan penghancur (crusher), kemudian dihancurkan lagi sampai mendapatkan kualitas akhir yang diinginkan (Kaufmann, 1960).



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

Beberapa peralatan yang umum digunakan dalam penambangan garam ini adalah beberapa buah penghalus (grinder) dan screen dengan berbagai ukuran. Penggunaan garam dengan kualitas rendah mempunyai harga jual rendah pula, akan tetapi masih diperlukan pada industri ice cream maupun industri kulit (Kaufmann, 1960).



Gambar 2.2 Diagram Blok Proses *Rock Salt Mining*

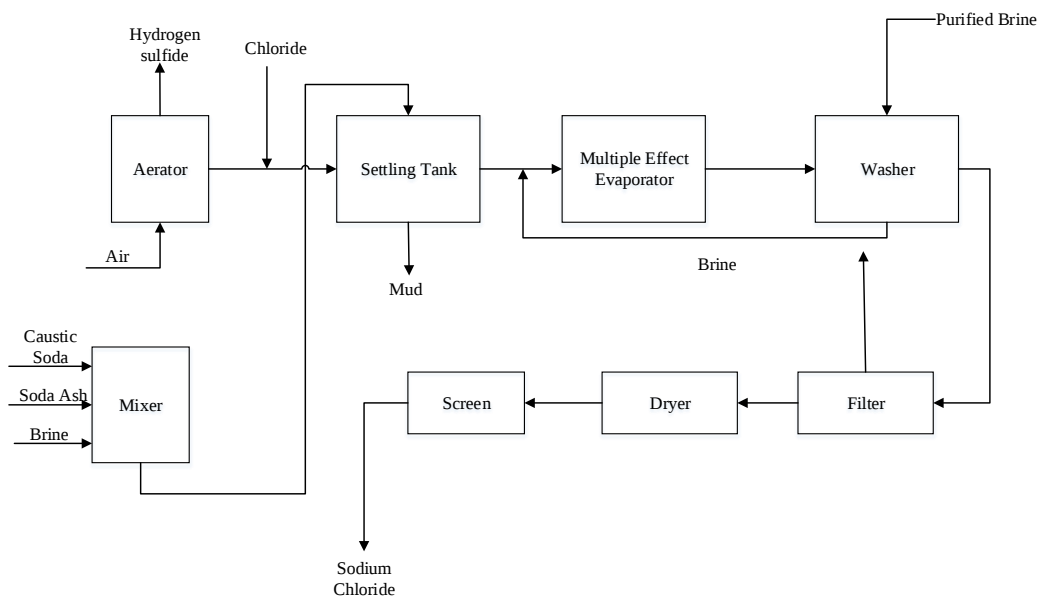
II.1.3. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Multiple- Effect Evaporator*

Saturated brine berasal dari dalam tanah atau laut. Saturated brine dapat juga diperoleh dari hasil samping produk natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan proses solvay. Perlakuan pertama dari bahan Baku brine adalah dengan melakukan proses aerasi, tujuan aerasi yaitu untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfida dalam brine. Penambahan sedikit chlorine berfungsi untuk mempercepat penghilangan H_2S dalam brine. Brine dari proses aerasi selanjutnya di pompa ke tangki pengendapan untuk mengendapkan kandungan kalsium, magnesium, atau ion besi. Proses pengendapan dibantu dengan penambahan campuran caustic soda, soda ash dan brine sehingga diperoleh larutan garam. Setelah proses pengendapan, larutan garam dipekatkan pada evaporator multi efek (*Multiple Effect Evaporator*). Larutan garam pekat kemudian dicuci dengan saturated brine untuk memurnikan garam. Kemudian dilakukan proses pemisahan antara garam dan larutan brine pada filter untuk proses filtrasi. Garam yang telah dimurnikan kemudian dikeringkan pada rotary dryer dan kemudian diayak menggunakan screen untuk mendapatkan ukuran



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

yang seragam (Keyes, 1975). Proses pembuatan sodium chloride dengan proses multiple-effect evaporator dijelaskan melalui Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.3 Diagram Blok Proses Multiple-Effect Evaporator

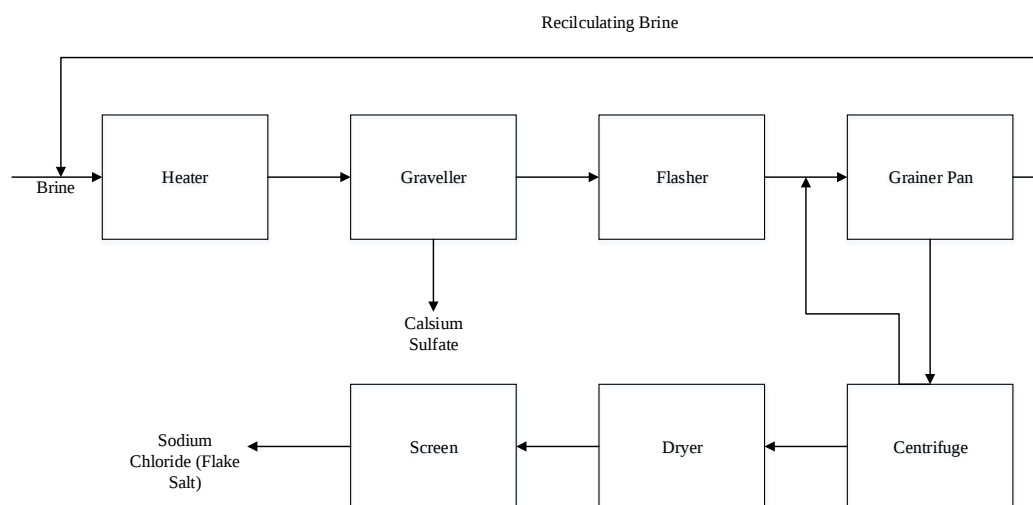
II.1.4. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses *Open Pan*

Bahan baku untuk proses open pan ini yaitu brine yang berasal dari proses pemanasan air laut kemudian dengan beberapa proses lanjutan akan dihasilkan garam. Proses ini disebut juga proses “Grainer”, pada tahap ini air laut dijenuhkan dengan cara memanaskan pada heater sampai suhu 230°F (110°C). Larutan brine panas kemudian diumpankan pada graveller yang berfungsi memisahkan kalsium sulfat pada larutan brine. Larutan brine kemudian didinginkan pada flasher dengan suhu yang dijaga agar garam (NaCl) masih dalam kondisi larut dalam air (Keyes, 1975).

Larutan brine yang sudah melewati proses pendinginan kemudian diumpankan ke open pan yang berfungsi untuk menguapkan air dengan suhu operasi 205°F (96°C) sehingga dihasilkan kristal garam yang kemudian dipisahkan dari mother liquor pada centrifuge. Mother liquor kemudian di recycle kembali



pada open pan, sedangkan untuk kristal garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan kandungan yodium pada garam. Garam (natrium klorida) kemudian dikeringkan pada dryer kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Garam (natrium klorida) yang telah melewati proses penyaringan kemudian siap dikemas dan dipasarkan (Keyes, 1975). Proses pembuatan sodium chloride dengan proses open pan dijelaskan melalui Gambar 2.3 dibawah ini.



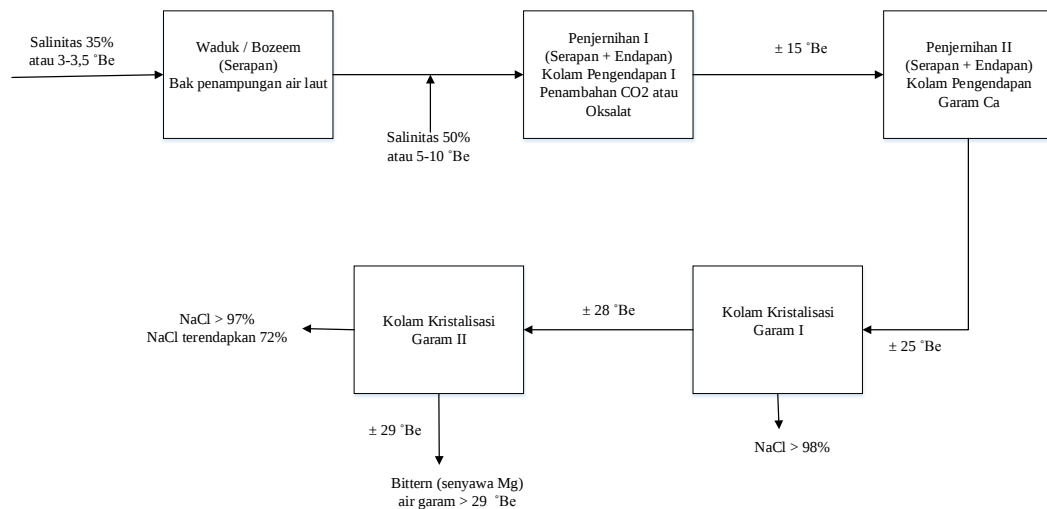
Gambar 2.4 Diagram Blok Proses Open Pan

II.1.5. Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Solar Evaporator

Proses Solar evaporation merupakan proses paling tradisional. Garam dengan proses ini sangat bergantung pada kondisi iklim serta luas lahan dimana proses ini diaplikasikan, proses ini sangat sederhana karena hanya menggunakan tenaga surya. Dengan kondisi air laut yang rata-rata mengandung padatan sekitar 3,7%, setelah melewati proses kristalisasi, hanya mampu menghasilkan garam dengan kemurnian 75%. Kemudian dengan proses pengancuran, pencucian, pengeringan dan klasifikasi, kadar garam dapat dinaikkan hingga dengan 95% (Wang, 2009).



Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”



Gambar 2.5 Diagram Blok Proses Solar Evaporator

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan macam-macam proses yang telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh perbandingan dari proses-proses tersebut untuk mendapatkann proses yang paling efektif dan efisien. Perbandingan macam-macam proses tersebut dapat dilihat pada Tabel II.1 dibawah ini.

Tabel II.1. Klasifikasi Proses Pembuatan Garam

Parameter	Proses				
	Sedime ntationMicr ofil tration	Rock Salt Mining	Multiple Effect Evaporator	Open Pan	Solar Evapo rator
Bahan Baku	Air Laut	Air Laut / Brine	Brine	Air Laut	Air Laut
Impuritis	< 0,5%	< 0,5 – 0,8%	< 0,7 %	<0,5– 0,8%	< 1%
Bahan Pendukung	Natrium stearat	-	Soda ash, caustic soda	Steam	-



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

Hasil Produk	99%	98,5% - 99%	99%	98,5% - 99%	95%
Utilitas	Ekonomis	Mahal	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis
Instrumentasi	Sederhana	Mahal	Mahal	Sederhana	Sederhana

Dari berbagai pertimbangan yang telah diuraikan pada Tabel II.1, maka proses yang dipilih dalam pembuatan sodium chloride adalah proses *Multiple Effect Evaporator* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku berupa air laut sangat melimpah dan mudah didapatkan karena Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia.
2. Bahan baku berupa brine yang mudah didapatkan dan murah.
3. Impuritis yang tersisa paling sedikit dibandingkan dengan proses yang lain karena telah melalui berbagai proses filtrasi.
4. Konsentrasi produk yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan proses yang lain.
5. Sodium chloride yang dihasilkan dapat memenuhi standar SNI maupun SII.
6. Memiliki produk samping berupa air bersih yang cukup melimpah sehingga dapat dimanfaatkan untuk sistem utilitas dan diolah untuk menjadi air bersih yang sesuai dengan baku mutu kemudian dijual.

II.3 Uraian Proses

Berikut adalah diagram blok pembuatan Garam Farmasi dengan proses Sedimentation-Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*) dengan melalui beberapa inovasi proses agar lebih efektif dan efisien. Pada pra perancangan pabrik Garam Farmasi ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Tahap Pre-Treatment Bahan Baku



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

Garam rakyat di larutkan dengan air proses terlebih dahulu menjadi konsentrasi larutan brine yang didapatkan 15%. Larutan brine dilakukan pengendapan impurities/zat pengotor berbentuk solid. Untuk proses pengendapan ditambahkan larutan Na_2CO_3 , NaOH dan BaCl_2 . Reaksi yang terjadi antara lain :

- (1) $\text{MgCl}_{2(l)} + 2\text{NaOH}_{(l)} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{NaCl}_{(l)}$
- (2) $\text{MgSO}_{4(l)} + 2\text{NaOH}_{(l)} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(l)}$
- (3) $\text{CaSO}_{4(l)} + 2\text{NaOH}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{NaCl}_{(l)}$
- (4) $\text{MgCl}_{2(l)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(l)} \rightarrow \text{MgCO}_{3(s)} + 2\text{NaCl}_{(l)}$
- (5) $\text{CaSO}_{4(l)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(l)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(l)}$
- (6) $\text{MgSO}_{4(l)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(l)} \rightarrow \text{MgCO}_{3(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(l)}$
- (7) $\text{Na}_2\text{SO}_{4(l)} + \text{BaCl}_{2(l)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2\text{NaCl}_{(l)}$

Produk hasil reaksi dan sisa reaktan yang tidak bereaksi kemudian dialirkan menuju Clarifier untuk memisahkan liquid dengan padatan. Clarifier bekerja pada kondisi operasi 30oC dan tekanan 1 atm. Pada Clarifier, padatan akan mengendap kemudian liquid akan mengalami overflow sehingga terpisah dari padatan. Air laut yang keluar dari Clarifier masih memiliki impurities-impurities dengan ukuran yang sangat kecil yang terlarut di dalam air laut karena belum terpisahkan dari Clarifier.

2. Tahap Pemasakan

Proses pertama pada tahap pemasakan adalah proses evaporasi untuk mengurangi kadar air di dalam air laut dengan cara penguapan H_2O dengan menggunakan Evaporator. Evaporator yang digunakan adalah double-effect evaporator dengan umpan maju. Steam evaporator diperoleh dari boiler dengan suhu 148oC dan tekanan 4,5 atm. Air boiler diperoleh dari air proses dan hasil kondensasi dari vapor yang keluar dari evaporator II yang telah melalui proses Water Treatment. Evaporator akan memekatkan brine/larutan garam dari konsentrasi 15,05% menjadi 50%. Kondensat dari evaporator berupa vapor yang keluar dari evaporator II dialirkan menuju Barometric Condenser sehingga uap H_2O dapat terkondensasi menjadi liquid yang kemudian digunakan kembali untuk



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”

menunjang sistem utilitas. Sementara itu, brine pekat yang keluar dari evaporator selanjutnya dialirkan ke dalam Crystallizer. Proses kristalisasi pada Crystallizer menggunakan proses pendinginan dengan suhu 30 oC tekanan 1 atm. Produk yang keluar dari Crystallizer berupa campuran kristal sodium chloride (NaCl) dan mother liquor yang akan dipisahkan menggunakan Centrifuge. Centrifuge akan memisahkan kristal-kristal garam basah dengan mother liquor yang terbentuk saat proses kristalisasi. Mother Liquor akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah dan kristal NaCl basah kemudian akan melalui proses pengeringan.

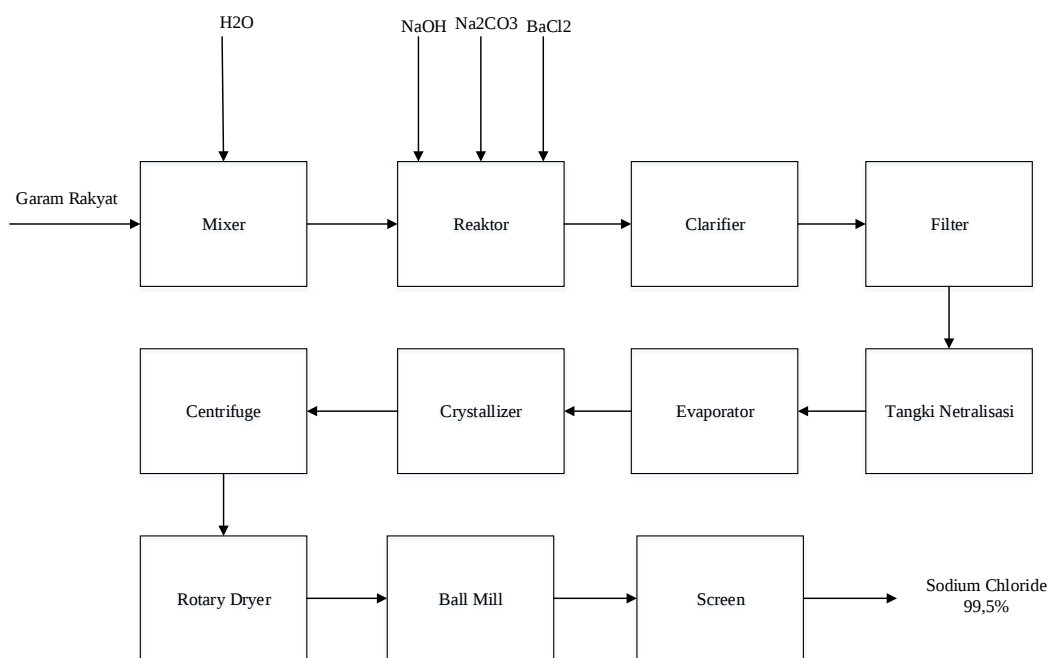
Proses pengeringan kristal NaCl basah dilakukan dengan menggunakan Rotary Dryer dengan bantuan udara panas sebagai pengering. Udara panas yang digunakan memiliki suhu 100oC dan kondisi operasi di dalam Rotary Dryer adalah 100oC dengan tekanan 1 atm. Pada saat proses pengeringan, terdapat komponen solid yang terbawa dengan udara panas yang akan dipisahkan dengan Cyclone. Produk kristal kering dari Rotary Dryer dan Cyclone selanjutnya akan melalui tahap pengolahan produk.

3. Tahap Pengolahan Produk

Produk kristal kering dari Rotary Dryer dan Cyclone selanjutnya akan didistribusikan menggunakan Screw Conveyor menuju Elevator yang akan membawa kristal kering menuju Ball Mill untuk menghancurkan dan menghaluskan kristal-kristal NaCl agar memiliki ukuran yang lebih kecil. Kristal-kristal halus selanjutnya dipilah menggunakan Screener dengan ukuran 100 mesh. Kristal NaCl yang tidak lolos dari Screener akan direcycle kembali ke Ball Mill untuk kembali dihaluskan sedangkan kristal NaCl yang lolos dari Screener dan memiliki ukuran 100 mesh akan dibawa menuju Silo Penyimpanan Produk yang selanjutnya akan melalui proses packaging dan pengiriman ke konsumen.



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Garam Farmasi dari Garam Rakyat dengan Proses
Sedimentasi dan Evaporasi (*Multiple Effect Evaporator*)”



Gambar 2.6 Pengembangan Proses