



---

## **BAB II**

### **SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

#### **II.I. Macam Proses**

Saat ini, kebutuhan garam industri di Indonesia telah mencapai angka yang banyak. Setidaknya, Indonesia membutuhkan 1,8 juta ton per tahunnya untuk mencukupi kebutuhan industri dan sayangnya hingga saat ini 100% garam industri di Indonesia masih diimport dari negara lain. Meski kuantitas air laut di Indonesia sangat melimpah, namun hal tersebut tidak lantas menjadi sebuah solusi dan alternatif akan adanya industri penghasil garam industri di Indonesia. Ada beberapa proses pembuatan garam industri atau biasa dikenal dengan nama sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ) dengan masing-masing prinsip, diantaranya adalah proses-proses pembuatan yang akan dijelaskan dibawah ini.

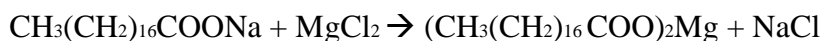
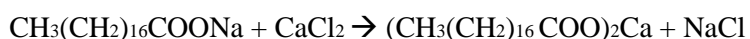
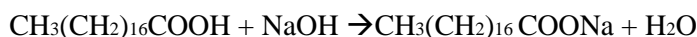
##### **II.1.1 Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Sedimentasi dan mikrofiltrasi**

Pada proses ini mereaksikan Air laut dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  sehingga membentuk endapan magnesium hidroksida ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Proses ini dilakukan menggunakan atau tanpa adanya flokulan agar mendapatkan rasio  $\text{Ca}/\text{Mg}$  secara optimum. Apabila rasio  $\text{Ca}/\text{Mg}$  terlalu besar ataupun terlalu kecil akan mengakibatkan pengendapan impuritas tidak berlangsung dengan baik. Rasio  $\text{Ca}/\text{Mg}$  yang paling baik sebesar 2. Penambahan flokulan cukup mempengaruhi penurunan kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan relatif sedikit mempengaruhi penurunan kadar  $\text{Mg}^{2+}$ .

Pembuatan garam dilakukan dengan menggunakan metode Presipitasi dan evaporasi dengan pelarut  $\text{NaOH}$  dan gas  $\text{CO}_2$ . Pelarut  $\text{NaOH}$  dan gas  $\text{CO}_2$  berfungsi untuk mengendapkan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Hasil garam yang diperoleh belum sesuai SNI dikarenakan  $\text{Ca}^{2+}$  yang terendapkan menjadi  $\text{CaCO}_3$  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 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 ( $\text{NaOH}$ ). 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  $0,22 - 0,45 \mu\text{m}$ .

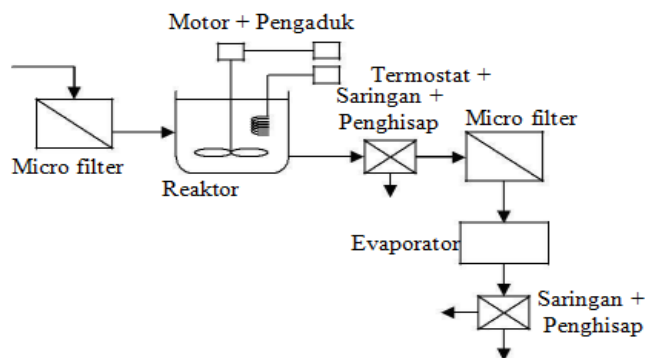
Penelitian ini bertujuan mencari kondisi operasi optimum untuk variabel temperatur dan konsentrasi natrium stearat dalam proses pengendapan garam  $\text{NaCl}$  dengan menggunakan metode respon permukaan.

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  $20^\circ\text{Be}$  dan perbandingan mol asam stearat dengan natrium hidroksida 1:1. Respon yang diamati dari penelitian ini adalah konversi pengurangan kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  serta penambahan konsentrasi  $\text{NaCl}$  dalam garam. Konversi pengurangan kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  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 20°C. 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  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , selanjutnya air diuapkan hingga diperoleh endapan garam untuk dianalisis kadar NaClnya. Analisis kadar Ca dan Mg menggunakan metode kompleksometri, sedangkan analisis logam dan ion yang ada dalam garam dengan menggunakan AAS. Konsentrasi  $\text{Cl}^-$  dianalisis 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

Penambangan garam (NaCl) yang telah dilakukan pada beberapa tambang garam dan didapatkan bahwa kualitasnya masih kurang baik, dimana garam tersebut memiliki warna yang agak coklat bahkan abu-abu. Kemurnian garam industri (NaCl) berkisar antara 98,5% sampai 99,4%. Setelah penambangan batuan garam, batuan garam kemudian dihancurkan dengan penghancur (*crusher*) dan kemudian dihancurkan lagi hingga mendapatkan kualitas akhir sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

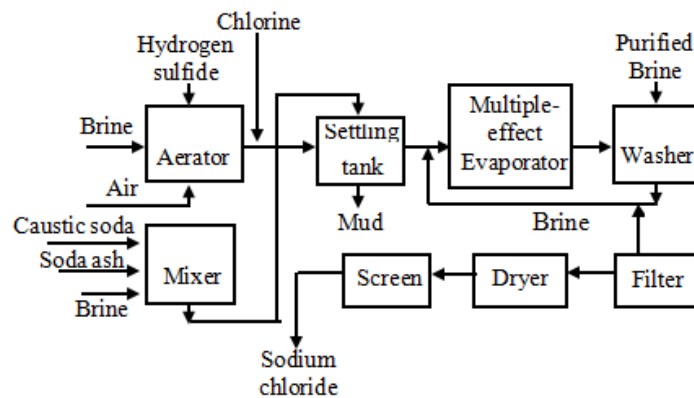
Beberapa peralatan yang umum digunakan dalam penambangan garam ini adalah beberapa buah penghalus (*grinder*) dan *screen* dengan berbagai ukuran. Penggunaan garam dengan kualitas rendah mempunyai harga jual yang rendah pula, akan tetapi masih diperlukan pada dunia industri. (Arifin, 2011)

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

Pada proses ini biasanya digunakan *saturated brine* (leburan garam jenuh) alami yang terkandung di dalam tanah atau danau. *Saturated brine* dapat juga diperoleh dari hasil samping produksi natrium carbonate dengan proses Solvey. Pertama-tama *saturated brine* (leburan garam) dari air dalam tanah dengan kadar H<sub>2</sub>S yang terlarut dalam garam, kandungan NaCl maksimum sebesar 0,015%. Perlakuan pendahuluan dari bahan baku brine adalah dengan aerasi untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfide. Penambahan sedikit chlorine dimaksudkan untuk mempercepat penghilangan H<sub>2</sub>S dalam *brine*. *Brine* setelah proses aerasi kemudian diumpankan dalam tangki pengendapan untuk mengendapkan lumpur atau solid yang tidak diinginkan. Pengendapan dibantu dengan penambahan campuran caustic soda, soda ash, dan *brine* sehingga didapatkan larutan garam.

Setelah proses pengendapan, kemudian larutan garam dipekatkan pada evaporator *multi-effect*. Larutan garam pekat kemudian dicuci dengan *brine* untuk memurnikan garam. Larutan garam kemudian difiltrasi pada *filter* untuk proses

pemisahan garam dan larutan *brine*. Garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan kandungan yodium pada garam sehingga dihasilkan sodium chloride. Sodium chloride kemudian dikeringkan pada *dryer* dan kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Sodium chloride kemudian diap dikemas dan dipasarkan. Yields yang dihasilkan pada proses ini adalah 99,8%. Proses pembuatan sodium chloride dengan proses *multiple-effect evaporator* dijelaskan melalui **Gambar 2.2** dibawah ini



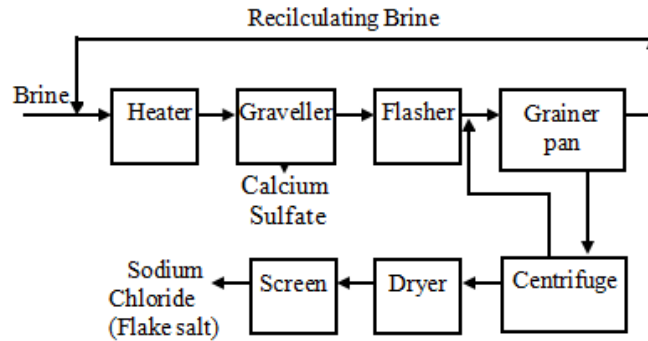
**Gambar 2.2** Diagram Blok Proses *Multiple-Effect Evaporator*  
(Arifin, 2011)

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

Pembuatan garam dengan proses open pan ini menggunakan bahan baku *brine* yang berasal dari proses pemanasan air laut. Proses ini disebut juga proses “Grainer”, dimana air laut dijenuhkan dengan cara memanaskan pada *heater* pada suhu 230°F (110°C). Larutan *brine* panas kemudian diumpukan pada *graveller* yang berfungsi untuk memisahkan calcium sulfat pada larutan *brine*. Larutan *brine* kemudian didinginkan pada *flasher* dengan suhu yang dijaga agar garam (NaCl) masih dalam kondisi larut dalam air. Larutan *brine* dingin kemudian diumpukan ke *open pan 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 *direcycle* kembali pada *open pan pan*, sedangkan kristal garam yang terpisah kemudian ditambahkan kalium yodat untuk penambahan



Gambar 2.3 Diagram Blok Proses *Open Pan*

(Arifin, 2011)

### II.1.5 Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Solar Evaporator

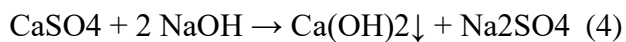
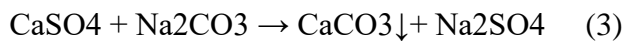
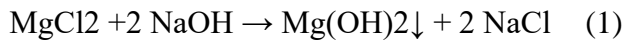
Proses ini merupakan proses paling tradisional dibandingkan dengan proses-proses yang lain. Garam dengan proses penguapan air laut dengan tenaga surya ini sangat bergantung pada kondisi iklim pada daerah yang diaplikasikan serta bergantung pada luas areanya. Dengan kondisi air laut yang rata-rata mengandung padatan sekitar 3,7%, setelah melewati proses kristalisasi hanya mampu menghasilkan garam dengan kemurnian 75%. Kemudian dengan proses penghancuran, pencucian, pengeringan, dan klasifikasi, kadar garam dapat dinaikkan sampai dengan 95%

### II.1.6 Pembuatan sodium chloride dengan proses kimia Presipitasi

Kajian terhadap peningkatan kualitas garam dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari sentra garam kabupaten Madura, Jawa Timur. Melalui penambahan bahan kimia diharapkan bahan pengotor (Mg, Ca, K dan SO<sub>4</sub>) dapat terikat dan dapat dipisahkan dengan mudah melalui reaksi presipitasi. Bahan kimia yang umum ditambahkan ke dalam larutan garam adalah natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), natrium hidroksida (NaOH), dinatrium posfat (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) dan lainnya.

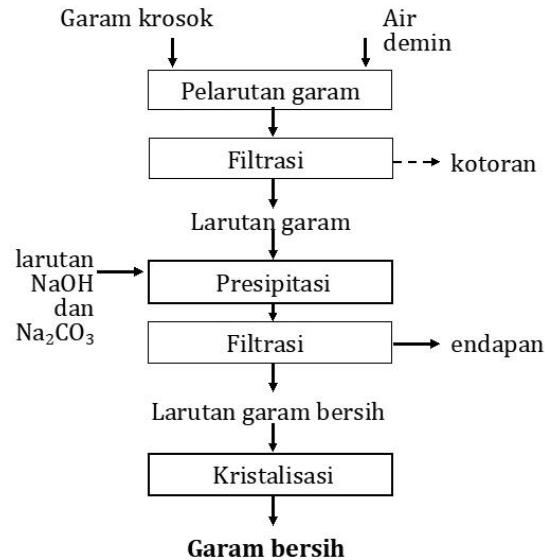


Berdasarkan kandungan impuritis, bahan kimia pengendap yang digunakan adalah natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Beberapa kemungkinan reaksi kimia yang terjadi pada penambahan bahan kimia tersebut sebagai berikut:



Reaksi (1) sampai (4) menunjukkan bahwa pada penambahan bahan kimia akan terbentuk endapan seperti magnesium hidroksida ( $\text{Mg(OH)}_2$ ), magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Endapan ini menunjukkan adanya impurities yang terpisahkan. Faktor yang mempengaruhi proses presipitasi atau pemisahan bahan pengotor di dalam garam di antaranya:

1. Jenis bahan pengotor yang terkandung di dalam larutan garam akan menentukan jenis bahan kimia yang dibutuhkan, karena setiap jenis bahan pengotor hanya dapat mengendap dengan bahan kimia tertentu.
2. Konsentrasi pengotor yang terkandung di dalam larutan garam akan berpengaruh terhadap konsentrasi bahan kimia yang perlu ditambahkan, ini bisa ditentukan berdasarkan reaksi kimia
3. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi fase cair yang menghasilkan produk padat berupa endapan (proses presipitasi) sehingga waktu reaksinya berpengaruh terhadap hasil reaksi.



Gambar 2.4 Diagram blok proses

(sriemuljani, 2021)

## II.1 Seleksi 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 2.1** dibawah ini.





**Tabel 2.1** Perbandingan Proses Pembuatan Sodium Chloride

Parameter	Jenis Proses					
	<i>Sedimentation-Microfiltration</i>	<i>Rock Salt Mining</i>	<i>Multiple Effect Evaporator</i>	<i>Open Pan</i>	<i>Solar Evaporator</i>	<i>Precipitation</i>
Bahan Baku	Air Laut / Brine	Batuan Garam	Brine	Air Laut	Air Laut	Air Laut
Impuritis	< 0,5%	< 0,5 – 0,8 %	< 0,7 %	< 0,5 – 0,8 %	< 1%	< 1%
Bahan Pendukung	Natrium stearat	-	Soda ash, caustic soda	Steam	-	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> NaOH
Hasil Produk	99%	98,5% - 99%	99%	98,5% - 99%	95%	99%
Utilitas	Ekonomis	Mahal	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis
Instrumentasi	Sederhana	Mahal	Mahal	Sederhana	Sederhana	Sederhana

Dari berbagai pertimbangan yang telah diuraikan pada **Tabel 2.1**, maka proses yang dipilih dalam pembuatan sodium chloride adalah gabungan dari proses presipitasi-multiple evaporasi dengan pertimbangan sebagai berikut:

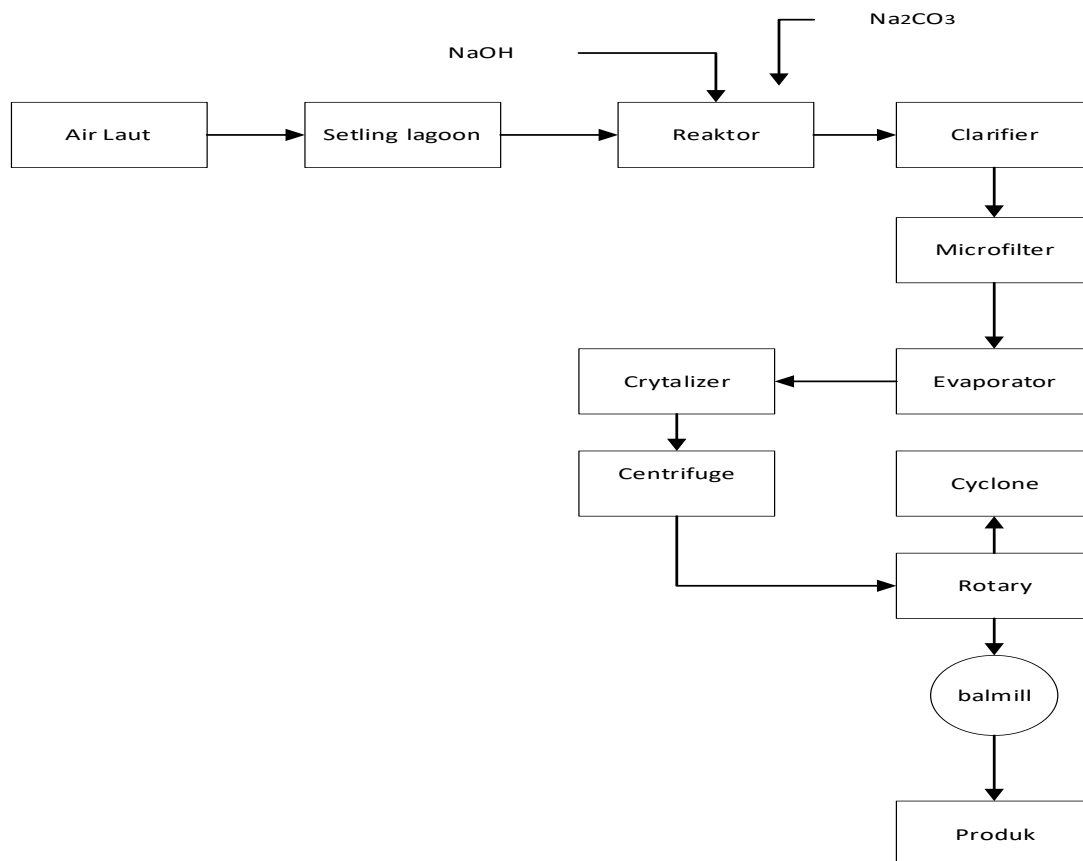
1. Bahan baku berupa air laut sangat melimpah dan mudah didapatkan karena Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia.
2. Bahan baku berupa air laut dapat diperoleh secara gratis tanpa harus mengeluarkan biaya pembelian bahan baku.
3. Impuritis yang tersisa paling 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.



- 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.
- Instrumentasi yang digunakan cukup sederhana, sehingga tidak mengeluarkan biaya yang terlalu mahal.

## II.2 Uraian Proses

Berikut adalah diagram blok pembuatan Sodium Chloride (NaCl) dengan proses *Presipitasi \_mutiple evaporasi* setelah melalui beberapa inovasi proses agar lebih efektif dan efisien:



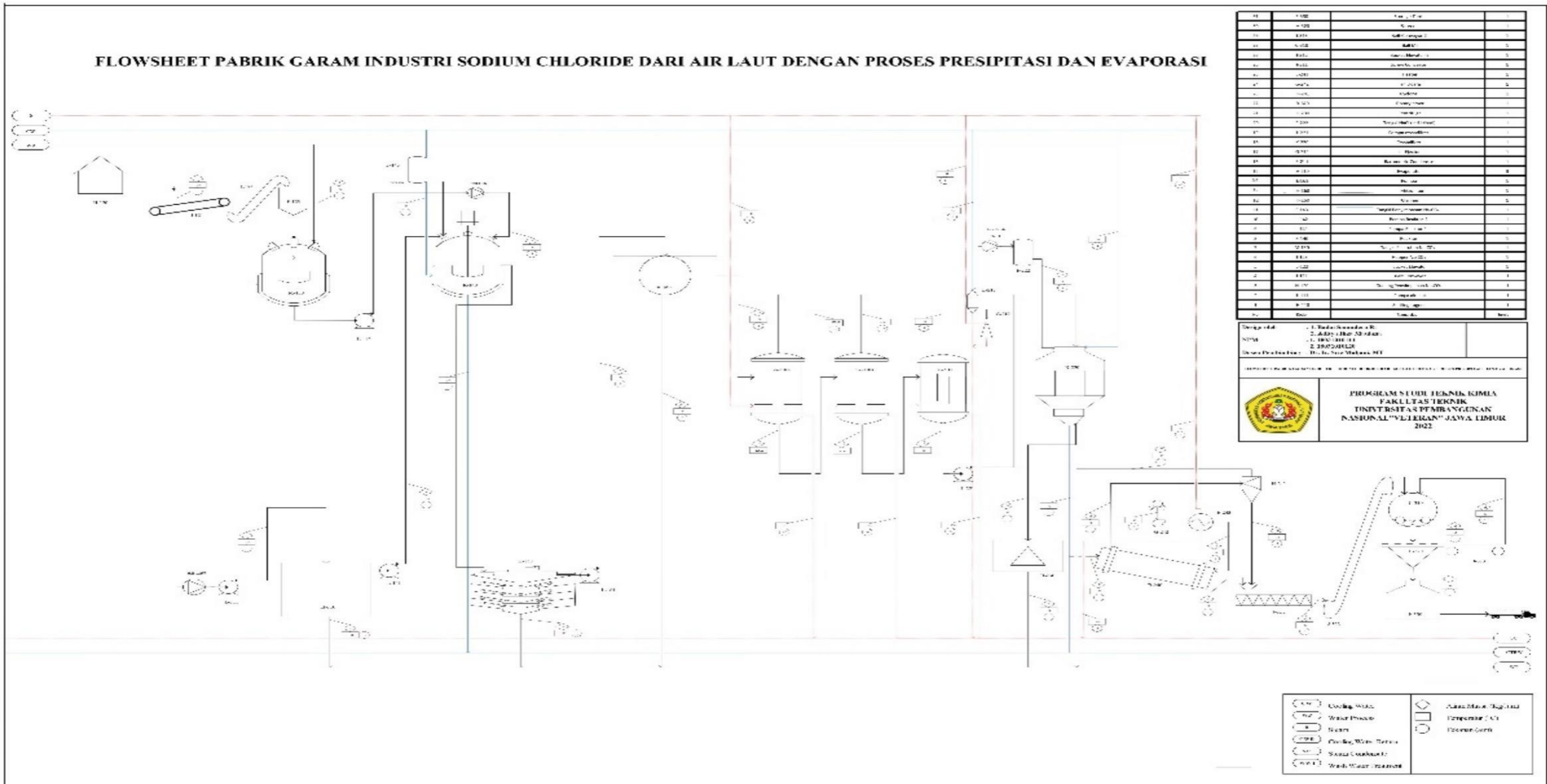


Pra Rencana Pabrik Kimia  
Pabrik Garam Industri Sodium Chloride Dari Air Laut  
Dengan Proses Presipitasi Dan Evaporasi

Bab II seleksi dan Uraian proses

II.3 Uraian Proses

FLWSHEET PRA RENCANA PABRIK GARAM INDUSTRI SODIUM CHLORIDE DARI AIR LAUT DENGAN PROSES PRESIPITASI DAN EVAPORASI





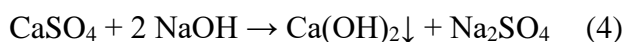
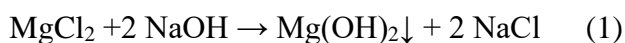
Pra rencana pabrik sodium sulphate ini, dapat dibagi menjadi 3 tahapan ,dengan pembagian :

1. Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku
2. Tahap Pemasakan Tahap Pengolahan Produk
3. Adapun uraian dan penjelasan dari proses diatas adalah:

### 1. Tahap *Pre-Treatment* Bahan Baku

Bahan baku berupa air laut dengan konsentrasi awal NaCl sebesar 3,05% dengan suhu 32°C dipompa menuju Settling Lagoon sebagai tempat penampungan pertama yang digunakan untuk proses pengendapan impuritis/zat pengotor berbentuk solid. Pada Settling Lagoon,kemudian air laut dialirkan menuju Reaktor (R-120) untuk mereaksikan komponen-komponen di dalam air laut dengan NaOH 48%,dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 25% agar komponen-komponen dalam bentuk *aquos* dapat membentuk padatan solid agar nantinya lebih mudah untuk dihilangkan.

Selain untuk membentuk produk solid, reaksi yang terjadi juga dapat meningkatkan jumlah kandungan NaCl di dalam air laut. Reaktor yang digunakan adalah tipe CSTR dengan tekanan operasi 1 atm dan suhu operasi sebesar 32°C dengan pendingin yang diekspansikan melalui *jacket*. Di dalam Reaktor terjadi reaksi sebagai berikut:



(Srimuljani, 2021)

Produk hasil reaksi dan sisa reaktan yang tidak bereaksi.kemudian dialirkan menuju Clarifier (H-130) untuk memisahkan liquid dengan padatan. Clarifier bekerja pada kondisi operasi 30°C 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. Untuk menghilangkan impurities tersebut maka diperlukan proses filtrasi dengan menggunakan Microfilter (H-140) untuk menyaring impurities-impurities dengan ukuran yang sangat kecil. Microfilter yang digunakan adalah Microfilter dengan ukuran filter sebesar  $0,5\mu\text{m}$ . Padatan yang tersaring diatas microfilter selanjutnya dialirkan menuju unit pengolahan limbah padat, sedangkan filtrat akan dialirkan menuju proses pemasakan untuk membentuk kristal sodium chloride (NaCl)

## 2. Tahap Pemasakan

Proses pertama pada tahap pemasakan adalah proses evaporasi untuk mengurangi kadar air di dalam air laut dengan cara penguapan H<sub>2</sub>O dengan menggunakan Evaporator. Evaporator yang digunakan adalah *triple-effect evaporator* dengan umpan maju. Steam evaporator diperoleh dari boiler dengan suhu  $148^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 4,5 atm. Air boiler diperoleh dari air proses dan hasil kondensasi dari vapor yang keluar dari evaporator III yang telah melalui proses *Water Treatment*. Evaporator akan memekatkan brine/larutan garam dari konsentrasi 3,05% menjadi 62%. Kondensat dari evaporator berupa *mother liquor* dialirkan ke unit pengolahan limbah cair, sedangkan vapor yang keluar dari evaporator III dialirkan menuju Barometric Ccondenser sehingga uap H<sub>2</sub>O dapat terkondensasi menjadi liquid yang kemudian digunakan kembali untuk menunjang sistem utilitas. Sementara itu, brine pekat yang keluar dari evaporator selanjutnya dialirkan ke dalam Crystallizer. Proses kristalisasi pada Crystallizer menggunakan proses dry dan penambahan inti garam (NaCl) untuk mempercepat proses kristalisasi dengan suhu operasi sebesar  $32^{\circ}\text{C}$  dan 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 40°C dan kondisi operasi di dalam Rotary Dryer adalah 40°C 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. Di dalam ball mill juga dilakukan screening untuk memilah Kristal-kristal halus ukuran 100 mesh. Kristal NaCl yang tidak lolos dari Screener akan *directly* 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