



## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

---

## BAB II

### PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

#### II.1 Macam Proses

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 Rock Salt Mining

Penambangan garam ( $\text{NaCl}$ ) 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 ( $\text{NaCl}$ ) 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.1.2 Pembuatan Sodium Chloride dengan Proses Multiple- Effect Evaporator

Pada sistem ini digunakan garam dengan kemurnian rendah yaitu (garam rakyat) sebagai bahan baku. Mula – mula garam kotor dilarutkan dengan pelarut air di dalam suatu tangki pelarut. Bila larutan garam kotor mengandung hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) maka larutan garam dimasukkan ke dalam aerator. Penambahan sedikit  $\text{Cl}_2$  akan mengoksidasi  $\text{H}_2\text{S}$  sehingga larutan garam bebas dari  $\text{H}_2\text{S}$ . Tetapi jumlah  $\text{H}_2\text{S}$  dalam larutan garam kotor biasanya sangat kecil yaitu kira– kira 0,015% atau bahkan tidak ada sama sekali, tergantung dari sumber garam.

Setelah keluar dari tangki penampung, lalu ditambahkan reagen kimia yang biasanya digunakan adalah  $\text{NaOH}$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Larutan bebas impurities inilah yang akan dimasukkan kedalam evaporator efek ganda untuk menguapkan sebagian air yang terkandung di dalam larutan garam. Slurry garam dan kristal garam yan

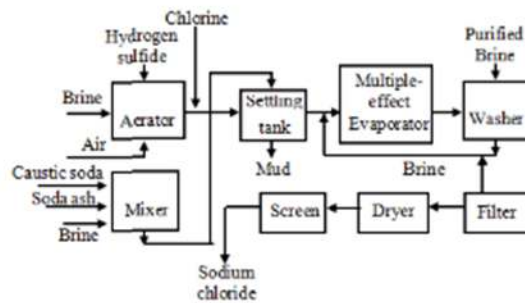


## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

terbentuk kemudian dicuci dalam filter. Kemudian dari filter, cake yang berupa kristal garam dibawa oleh screw conveyor dan filtrat dimasukkan kembali ke evaporator tiga efek.

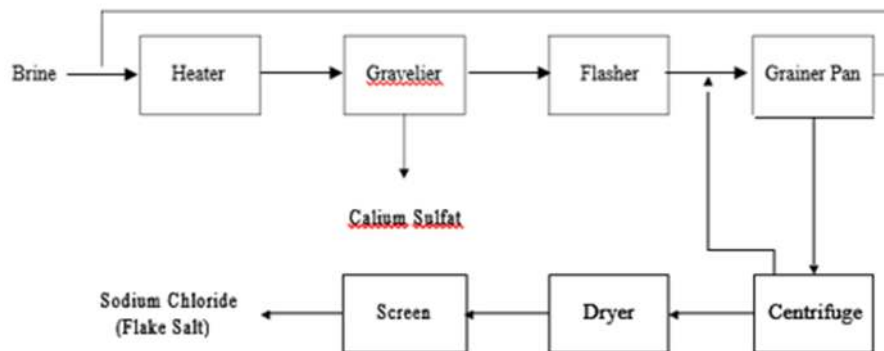
Setelah keluar dari screw conveyor kemudian dimasukkan kembali dalam dryer. Produk garam kering yang keluar dari dryer kemudian dimasukkan dalam screen untuk memperoleh ukuran kristal yang seragam.



Gambar II.1 Diagram Blok Proses *Multiple Effect Evaporator*

(Arifin,2011)

### II.1.3 Sodium Chloride dari Proses Grainer atau Open Pan Recirculating Brine



Gambar II.2 Diagram Blok Proses Grainer

Pada sistem ini umpan brine tidak perlu dimurnikan lebih dahulu, sehingga tidak memerlukan penambahan reagen kimia apapun. Mula – mula larutan brine diuapkan dalam shallow pan yang umumnya berukuran 15 – 20 ft, panjang 150 – 200 ft. Kemudian brine dimasukkan dalam heater yang berbentuk bejana berjaket.



## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

Keluar dari heater, brine dimasukkan ke dalam stone bed dengan tujuan mengendapkan  $\text{CaSO}_4$  yang ada pada larutan brine. Setelah keluar, brine dimasukkan flasher untuk diuapkan.

Pada saat keluar flasher akan didapat larutan super saturated dengan suhu kira – kira  $220^\circ\text{F}$ . Dalam kondisi ini larutan garam kemudian dikristalkan dalam grainer pan. Dalam grainer pan dilakukan pemanasan dengan steam sebagai media pemanas.

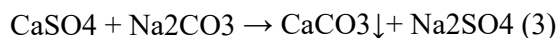
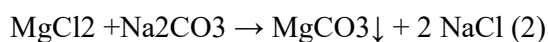
Setelah itu dipakai screw conveyor untuk mengambil slurry garam dari dasar grainer. Selanjutnya dibawa ke tangki penampung untuk kemudian dipisahkan dengan centrifuge. Kristal garam dikeringkan dalam dryer dan diayak dengan screen untuk menghasilkan kristal garam dengan berbagai macam ukuran.

Kristal garam yang dihasilkan dengan cara ini mempunyai ukuran butiran relatif besar dan lebih banyak mengandung kotoran bila dibandingkan dengan sistem lain. Selain itu, panas yang dibutuhkan sangat besar sehingga biaya operasi menjadi mahal.

### II.1.4 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  $\text{SO}_4$ ) dapat terikat dan dapat dipisahkan dengan mudah melalui reaksi presipitasi. Bahan kimia yang umum ditambahkan ke dalam larutan garam adalah natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), dinatrium posfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) dan lainnya.

Berdasarkan kandungan impurities, 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:

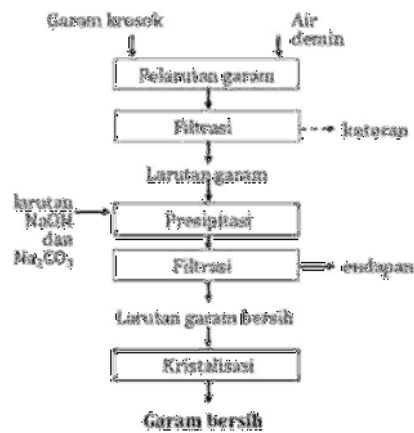




## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

Reaksi (1) sampai (4) menunjukkan bahwa pada penambahan bahan kimia akan terbentuk endapan seperti magnesium hidroksida ( $Mg(OH)_2$ ), magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ), kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) dan kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ). 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 II.3 Diagram Blok Proses

(Sriemuljani,2021)

### II.1.5 Pembuatan Sodium Chloride Dengan Proses Solar Evaporasi

Pada sistem ini air laut ditempatkan dalam kotak – kotak kecil diuapkan dengan bantuan sinar matahari. Setelah air laut diuapkan sampai sekitar  $25^\circ C$ , dimana sebagian besar konsentrasi  $CaSO_4$  telah diendapkan. Air laut dipompa ke kolom lain dan di biarkan beberapa saat sampai terbentuk kristal garam. Ketika kristal garam mulai terbentuk, brine dialirkan ke kolom kristalisasi. Disini 75% dari garam akan dipisahkan dan diuapkan lebih lanjut. Pada akhir proses, kolom – kolom

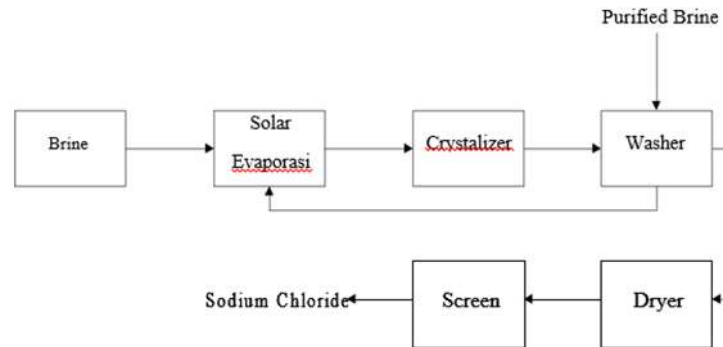


## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

dikosongkan dan garam dapat diambil. Garam kemudian digiling dengan roll mill, dicuci dengan brine dan dikeringkan. Hasilnya adalah garam dengan kemurnian 95% untuk dipakai dalam industri.

Sistem ini merupakan proses yang paling tuadan paling murah. Hanya saja proses ini tidak bisa berjalan secara kontinyu karena tergantung pada musim.



**Gambar II.4 Proses Solar Evaporasi**

### II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dibandingkan antara kelebihan dan kekurangan dari proses pembuatan Garam Industri sebagai berikut :

**Tabel II.1 Seleksi Proses**

Parameter	Macam Proses				
	Multi-Effect Evaporation	Open pan	Rock Salt Mining	Solar Evaporation	Preciptacion
Bahan Baku Utama	Brine	Brine/Air Laut	Garam	Air Laut	Air Laut
Bahan Baku Pembantu	Soda ash, Caustic soda	Steam	-	-	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> NaOH
Yield Produk	99.8%	98.5%-99.4%	98.5%-99.4%	95.0%	99%
Peralatan	Mahal	Mahal	Mahal	Ekonomis	Ekonomis
Utilitas	Ekonomis	Mahal	Ekonomis	Ekonomis	Ekonomis
Instrumentasi	Mahal	Mahal	Mahal	Ekonomis	Ekonomis



## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

Dari uraian diatas, maka dipilih pembuatan garam industri dari air laut dengan proses vacuum pan (multiple effect evaporation), dengan beberapa pertimbangan :

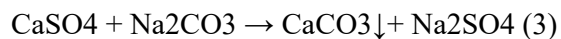
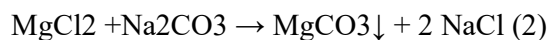
- Bahan baku mudah didapat di dalam negeri.
- Bahan baku berupa air laut dapat diperoleh secara gratis tanpa harus mengeluarkan biaya pembelian bahan baku.
- Yields yang di hasilkan lebih tinggi dibanding proses lainnya.
- Produk yang dihasilkan memenuhi standar pasar

### II.3 Uraian Proses

Pembuatan pra rencana pabrik garam murni dari garam rakyat ini dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

#### 1) Unit Pemurnian Bahan Baku

Bahan baku berupa air laut dengan konsentrasi awal NaCl sebesar 3,05% dengan suhu 32°C dipompa menuju tambak garam sebagai tempat penampungan pertama yang digunakan untuk proses natural evaporasi sehingga konsentrasi NaCl sebesar 15%. Pada tambak garam, air laut dialirkan menuju tangki penampungan dan 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)



## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

---

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,

### 2) Unit Penguapan dan Pengeringan

Larutan *brine* yang telah murni kemudian dipekatkan di dalam *double effect evaporator* hingga mencapai kondisi *saturated brine*. Di dalam *double effect evaporator* ini, larutan diuapkan kandungan airnya hingga mencapai konsentrasi 50%.

Larutan *brine* yang telah mencapai kondisi jenuh akan dialirkan menuju *Vacuum Pan Crystallizer*. *Saturated brine* tersebut dipekatkan kembali hingga mencapai konsentrasi 75% agar terbentuk kristal-kristal garam. *Vacuum Pan Crystallizer* beroperasi pada kondisi vakum dengan tekanan 0,3 atm dengan suhu 70°C. Sebelum *shurry* (campuran kristal garam dan *mother liquor*) dimasukkan ke *centrifuge* untuk dipisahkan antara padatan kristal garam dengan *mother liquor*, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam Palung Pendingin untuk diturunkan temperaturnya.

Di dalam *centrifuge*, campuran kristal garam dengan *mother liquor* dipisahkan satu sama lain dan filtrat yang dihasilkan (*mother liquor*) dikembalikan ke dalam *Vacuum Pan Crystallizer*. Kristal garam yang telah dipisahkan dari *mother liquor* kemudian disalurkan melewati *Screw Conveyor* menuju *Rotary Dryer* untuk dikeringkan. Pada *Rotary Dryer*, terjadi proses pengeringan kristal garam pada suhu 120°C dan tekanan 1 atm dengan bantuan panas secara berlawanan arah.

Padatan yang terbawa udara panas dialirkan menuju *Cyclone* sebesar 1% yang diumpukan secara bersamaan dengan produk bawah *Rotary Dryer* menuju ke *Cooling Conveyor* untuk proses pendinginan sampai suhu 30°C. Pada *Cooling Conveyor* terjadi proses pengeringan kristal garam dengan cara dialiri air pendingin pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Produk bawah *Cooling Conveyor* dialirkan menuju ke *Bucket Elevator* untuk proses berikutnya. Sementara udara yang berasal dari *Cyclone* dikeluarkan untuk kemudian menjadi gas buang.



## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”

---

### 3) Unit Pengendalian Produk

Setelah melewati *Bucket Elevator*, Kristal garam diumpankan menuju *Ball Mill* pada suhu 30°C dan tekanan operasi 1 atm untuk dihaluskan hingga mencapai ukuran 100 mesh. Kristal garam kemudian disaring pada *Screener*, dimana produk yang tidak lolos pada *Screener* direcycle kembali ke *Ball Mill* dengan *Bucket Elevator*. Kemudian produk kristal garam berukuran 100 mesh ditampung pada Tangki Produk (*silo sodium chloride*) sebagai produk akhir.

### 4) Unit Pengemasan (Packaging)

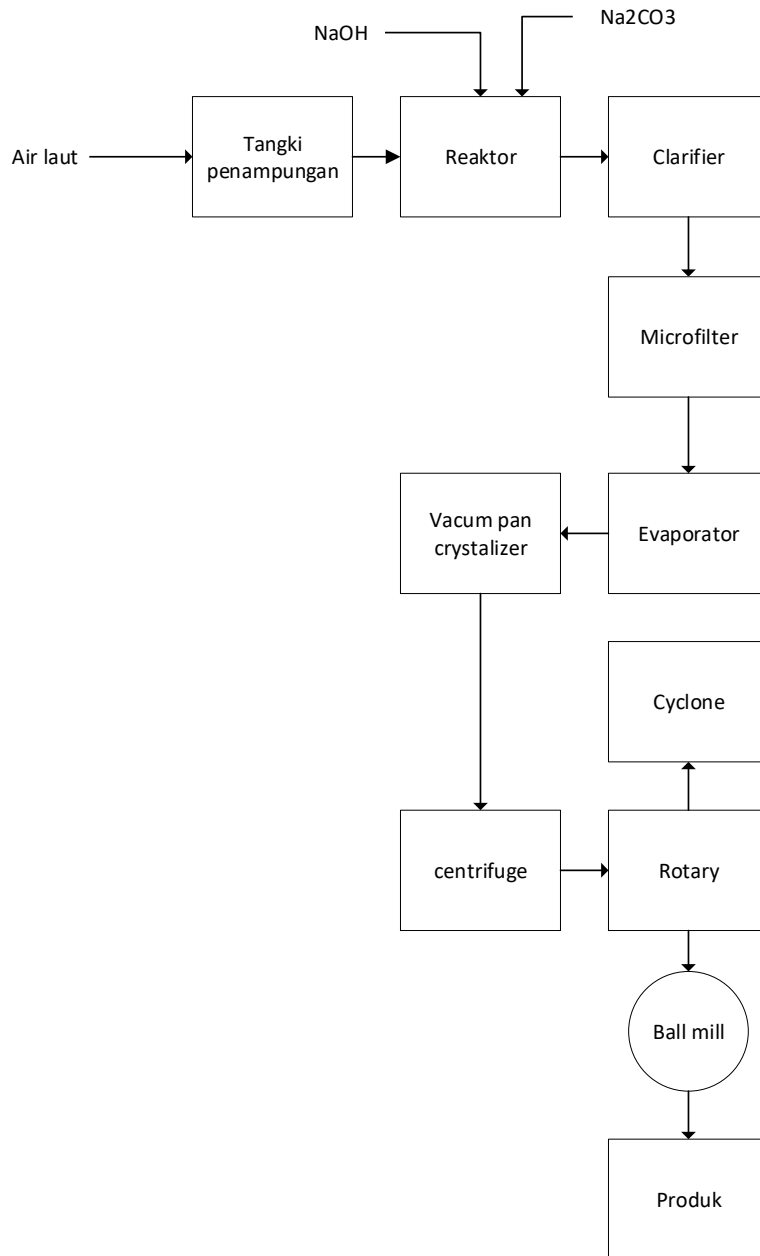
Garam murni yang telah ditampung di tangki produk dikemas dengan menggunakan kantong plastik berlogo dengan keterangan komposisi dan aturan pakai pada kemasan seberat 25 kg.





## Pra Rancangan Pabrik Kimia

“Pra Rancangan Pabrik Garam Industri Dari Air Laut Dengan Proses Presipitasi Dan Vacuum Pan (Multiple Effect Evaporation)”



Gambar II.4 Digram Alir Proses