

Pra-Desain Pabrik Garam Industri (*Sodium Chloride*) dari Air Laut

Grazeila Dinda Dwi Puspita¹, Nihayatul Fadila¹, Orchidea Rachmaniah^{1*}, dan M. Rachimoellah¹

Abstrak—Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia serta tiga perempat wilayah Indonesia adalah air laut, Potensi ini dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan dasar produksi komoditi garam. Menurut fungsinya, salah satu jenis garam yaitu garam industri, yang memiliki kadar NaCl paling sedikit 97% (*dry basis*). Kegunaan garam industri diperuntukkan sebagai bahan baku maupun bahan tambahan bagi keperluan industri lain, seperti industri tekstil, farmasi, dan sebagainya. Tingginya kebutuhan garam industri setiap tahunnya yang masih didatangkan dari luar negeri merupakan latar belakang pendirian pabrik garam industri. Proses pembuatan garam industri dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu *pretreatment* dan pemurnian bahan baku, pemasakan, dan pengeringan dan pengendalian produk garam industri. Tahap *pretreatment* bertujuan untuk menghilangkan impuritis dalam air laut yang dapat mengganggu proses selanjutnya menggunakan proses sedimentasi. Tahap pemasakan bertujuan untuk menghilangkan air dan diharapkan produk keluar berupa *wet crystal*. Proses pengeringan dilakukan untuk mendapatkan produk kristal garam industri dengan kadar NaCl 99,6%. Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2023. Berdasarkan data impor, konsumsi, produksi yang terus meningkat didapat estimasi kapasitas pabrik sebesar 75.000 ton/tahun. Untuk itu dibutuhkan bahan baku air laut yang digunakan sebesar 329.615,202 kg/jam. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Kecamatan Kalianget, Kabupaten Sumenep, Madura. Pabrik garam industri merupakan perusahaan yang berbadan hukum Perseroan Terbatas dengan sistem organisasi garis dan staff. Untuk dapat mendirikan pabrik garam industri dengan kapasitas 75.000 ton/tahun diperlukan total modal investasi sebesar Rp 289.134.495.235,- dan total biaya produksi sebesar Rp 128.420.085.269,- dengan estimasi hasil penjualan sebesar Rp. 318.330.000.000,- per tahun. Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun, dapat diketahui internal rate of return (IRR) sebesar 39,3%, pay out time (POT) 5 tahun dan break even point (BEP) sebesar 23,24%.

Kata kunci—Air laut, sedimentasi, garam industri

I. PENDAHULUAN

INDONESIA saat ini telah mampu memenuhi kebutuhan garam konsumsi dalam negeri, namun kebutuhan garam industri masih belum dapat dipenuhi melalui produksi dalam negeri sehingga pemenuhan kebutuhan garam industri dalam negeri masih mengandalkan impor. Maka dari itu salah satu sasaran pemerintah jangka panjang (2010-2025) adalah intensifikasi industri garam untuk meningkatkan produktivitas lahan garam dan kualitas produk garam. Kebutuhan garam industri nasional tahun 2018 sekitar 3,7 juta ton. Sementara itu, produksi garam di Indonesia hanya 1,9 juta ton. Untuk itu penggunaan garam industri impor saat ini sekitar 1,8 juta ton per tahun. Rendahnya produksi ini disebabkan oleh produksi garam hanya mengandalkan dari hasil petani tambak local serta belum adanya industri garam yang digarap secara berkelanjutan untuk mengantisipasi kebutuhan masyarakat. [1].

Ketersediaan bahan baku berupa air laut di Madura melimpah, hal ini menurut Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Jawa Timur (2005), sebagian besar provinsi Jawa Timur dilewati oleh dua aliran sungai yaitu Bengawan Solo dan Kali Brantas, untuk Kali Brantas aliran airnya akan bermuara di Selat Madura. Provinsi Jawa Timur memiliki luas perairan mencapai 110.000 km² dimana selat Madura merupakan salah satu wilayah perairan provinsi Jawa Timur yang memiliki lokasi diapit oleh dua pulau yaitu Pulau Jawa dan Pulau Madura. Salah

satu luas perairan di Pulau Madura yaitu di Kabupaten Sumenep ± 50.000 km².

Dan kadar logam berat yang terdapat di perairan Madura tidak melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) kandungan logam berat yang mana sesuai dengan ketentuan SNI. Air laut di Madura memiliki potensi yang besar dan belum banyak dimanfaatkan. Komposisi air laut di Sumenep Madura antara lain terdiri dari CaSO₄ 0,1 g/L, MgSO₄ 0,060 g/L, MgCl₂ 0,190 g/L, dan NaCl 34,390 g/L. [3].

Tabel 1. Komposisi Air Laut di Sumenep Madura

Komponen	% berat
CaSO ₄	0,008
MgSO ₄	0,005
MgCl ₂	0,016
NaCl	2,862
Impuritis	0,000006
H ₂ O	97,109

Provinsi dengan produksi garam terbesar adalah Provinsi Jawa Timur dengan produksi sebesar 745.457,432 Ton. Untuk pemasaran produksi garam industri didistribusikan ke berbagai daerah di Indonesia dengan data perkembangan impor, produksi dan konsumsi garam industri sebagai berikut.

Tabel 2. Perkembangan Impor, Produksi dan Konsumsi Garam Industri di Indonesia Tahun 2014-2018 [2]

Tahun	Impor (ton)	Produksi (ton)	Konsumsi (ton)
2014	1.778.444	315.000	2.128.875
2015	1.861.849	345.000	2.447.189

¹ Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Indonesia.

*Email: orchidea@chem-eng.its.ac.id.

2016	2.036.556	138.645	2.674.427
2017	2.196.539	916.900	2.894.915
2018	2.170.000	1.500.000	3.306.819

Terlihat bahwa perkembangan impor garam industri mengalami kenaikan sejak tahun 2014 (Tabel 1.3.1) dikarenakan adanya peningkatan permintaan di Indonesia yang lebih banyak daripada di luar negeri, sehingga kebutuhan di dalam negeri dapat terpenuhi dengan peningkatan jumlah impor. Namun sejak tahun 2018, perkembangan impor garam industri mengalami penurunan. Sedangkan untuk data produksi dan konsumsi garam industri mengalami peningkatan pada tahun 2014 sampai tahun 2018, meskipun pada tahun 2017 perkembangan produksi garam industri mengalami penurunan. Namun pada tahun 2018 mengalami kenaikan kembali.

Garam industri dipergunakan dalam industri *Chlor Alkali Plant* (CAP), kertas, petrokimia, farmasi, kosmetik, pengasinan ikan, penyamakan kulit, pakan ternak, sabun dan detergen. Permintaan produk garam industri meningkat dengan semakin tingginya tingkat konsumsi masyarakat. Pertumbuhan konsumsi masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun meningkat seiring dengan tingkat pengeluaran per kapita masyarakat. Sehingga secara umum dapat disimpulkan bahwa tingkat konsumsi masyarakat Indonesia memiliki *trend* kenaikan setiap tahunnya. Oleh sebab itu, produksi garam industri ini memiliki prospek yang sangat bagus untuk ditingkatkan di Indonesia.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Secara umum ada 3 proses *pretreatment* air laut pada pembuatan garam industri. Selain itu juga ada 3 proses *treatment* garam pada pembuatan garam industri.

1. Proses Pretreatment

1.1 Solar Evaporasi

Pada proses solar evaporasi ini, terdiri dari 2 cekungan penguapan. Cekungan pertama disebut kolam pengendapan, digunakan untuk produksi air garam jenuh NaCl, selanjutnya dimasukkan ke dalam kolam kedua, biasanya disebut *crystallizer*. Produksi garam dilanjutkan kristalisasi untuk meningkatkan kadar NaCl dan menghilangkan impurities berupa CaCO_3 dan CaSO_4 . Langkah selanjutnya adalah tahap penentuan; ketika air laut masuk pada kolam pengendapan pertama dan mengalir pada kolam berikutnya. Kolam di desain dengan beberapa cekungan yang saling berhubungan, dan air laut akan menguap di bawah sinar matahari dengan konsentrasi yang meningkat. Sehingga saat mencapai lembah terakhir, kepekatan menjadi $25,7^\circ\text{Be}$, sesuai dengan air garam jenuh NaCl.

1.2 Elektrodialisis

Proses pembuatan garam industri menggunakan elektrodialisis diawali dengan air laut yang hanya memiliki kadar garam sekitar 3 % akan dipekatkan pada elektrodialisis dengan hasil keluaran *brine* dengan konsentrasi 20 %. Prinsip dasar elektrodialisis dengan *ion exchange membrane* yaitu serangkaian dari *anion* dan *cation-exchange membrane* dipasang bergantian diletakkan diantara dua elektroda dan terpasang dalam

aliran arus listrik secara langsung. Membrane yang digunakan menerapkan prinsip nanofiltrasi. Sehingga pemisahan antara garam-garam bervalensi tunggal dengan anion-anion lain dengan berbagai muatan dapat berlangsung secara efektif. Akibatnya, komponen garam yang diinginkan dapat lolos secara selektif melalui membran untuk membentuk *concentrated brine*.

1.3 Sedimentasi

Proses sedimentasi diawali dengan air laut terlebih dahulu disaring dan dipanaskan atau diuapkan airnya hingga tingkat kepekatan kurang lebih 20°Be . Selanjutnya direaksikan dengan larutan natrium stearate dalam reaktor berpengaduk pada suhu $81,5^\circ\text{C}$ dengan konversi 94,5%. Padatan yang terbentuk selanjutnya disaring menggunakan mikrofiltrasi, memisahkan filtrate dengan endapannya, dan filtrate yang dihasilkan selanjutnya diuapkan pada evaporator hingga diperoleh NaCl. NaCl yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 96,19%. Diperlukan konsentrasi asam stearate berlebih untuk dapat mengubah semua Mg dan Ca sebagai kalsium stearate dan magnesium stearate. Proses ini akan berjalan optimum apabila rasio Ca/Mg 2. Apabila rasio Ca/Mg terlalu besar ataupun terlalu kecil akan mengakibatkan proses pengendapan impuritas tidak berlangsung baik.

2. Proses Treatment

2.1 Vacuum Pan

Proses pembuatan garam menggunakan metode *vacuum pan* sebelum proses evaporasi, *brine* di proses secara kimia untuk menghilangkan mineral *hardness* yang dapat mempengaruhi kemurnian garam dan juga menyebabkan *scalling* pada evaporator. Proses ini mengurangi tingkat kalsium terlarut, magnesium, dan juga sulfat, tergantung dari jenis prosesnya. Suspensi kristal dikeluarkan dari bagian bawah evaporator yang berbentuk kerucut. Untuk menghilangkan larutan induk dapat menggunakan *centrifuge pusher*. Pengeringan lebih lanjut dapat dilakukan dengan *fluidized bed dryer*. Dalam waktu kurang dari satu putaran, kristal garam yang mengandung larutan induk berubah menjadi garam kering. Kadar air setelah dilakukan proses pengeringan yaitu 0,05% atau kurang.

2.2 Open Pan

Merupakan proses *grainer*, metode yang menggunakan lebih sedikit utilitas untuk memproduksi garam. Garam yang dihasilkan dari proses *grainer* berbentuk serpihan bukan kristal. Serpihan terbentuk di permukaan *brine* dan didukung oleh tegangan permukaan. Serpihan garam baru yang terbentuk saling melekat untuk memperbesar ukurannya, serpihan-serpihan itu tenggelam ke dasar *pan*. Produk ini dikumpulkan menggunakan penggaruk mekanis, dan dikeringkan dengan cara yang sama seperti garam pada proses *vacuum pan*. Proses ini dipengaruhi oleh banyak variabel yang dapat mempengaruhi kualitas produksi, seperti suhu lingkungan, kelembaban, dan kemurnian *feed brine*. Garam dari proses *grainer* biasanya diaplikasikan untuk makanan.

2.3 Washing

Proses *washing* dilakukan dengan kombinasi dari proses pencucian dan pelarutan cepat pada saat pembuatan garam. Sedangkan untuk penghilangan impuritas dari produk garam, dapat dilakukan dengan proses kimia, yaitu dengan mereaksikannya dengan Na_2CO_3 dan NaOH sehingga terbentuk endapan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Pencucian garam dilakukan dengan menggunakan larutan garam jenuh (*brine*) yang digunakan berulang kali. Tujuannya adalah menghilangkan kotoran dari permukaan garam. Kemurnian garam yang dibuat dengan proses pencucian biasanya lebih dari 94,7%.

3. Pemilihan Proses

Keuntungan utama penggunaan proses sedimentasi adalah prosesnya yang relative sederhana dan kemurnian NaCl tinggi ketika impuritis Ca dan Mg dalam air laut diendapkan, sedangkan kerugiannya yaitu untuk rasio Ca/Mg yang terlalu besar dan terlalu kecil akan mengakibatkan proses pengendapan impuritis tidak berlangsung baik. Kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses *pretreatment* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel perbandingan *pretreatment* dari air laut

Parameter	Proses		
	Solar Evaporasi	Elektrodialisis	Sedimentasi
Aspek Teknis			
1. Bahan baku pembantu	Na ₂ CO ₃ dan NaOH	NaOH, Na ₂ CO ₃ , CaCl ₂ , BaCl ₂	NaOH, Na ₂ CO ₃
2. Alat tambahan	Kolam penguapan dan mixer	Elektrodialisis dan <i>settling tank</i>	<i>Settling tank</i>
3. Kemurnian produk	90%	99%	99%
Aspek Lingkungan			
1. Produk samping	<i>Sludge</i>	Air laut desalinasi	<i>Sludge</i>
2. Pengolahan limbah	<i>Filter press</i>	Desalinasi	<i>Filter press</i>
Aspek Ekonomi			
1. Biaya operasi	Murah	Mahal	Murah
2. Biaya peralatan	Murah	Mahal	Murah

Sedangkan kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses *treatment* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel perbandingan *treatment*

Parameter	Proses		
	<i>Vacuum Pan</i>	<i>Open Pan</i>	<i>Washing</i>
Aspek Teknis			
1. Bahan baku utama	<i>Brine</i> /garam rakyat	<i>Brine</i> /garam rakyat	Garam rakyat
2. Alat tambahan	Kolam penguapan dan mixer	Elektrodialisis dan <i>settling tank</i>	<i>Settling tank</i>
3. Kemurnian produk	99-99,8%	98,5-99,4%	> 94,7%
4. Utilitas	<i>Steam</i> , udara panas	<i>Steam</i> , generator, air dan udara panas	Air dan udara panas
Aspek Ekonomi			
1. Biaya perawatan	Murah	Mahal	Murah
2. Biaya peralatan	Mahal	Mahal	Murah

Penggabungan dari metode sedimentasi dengan *vacuum pan* memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- Kemurnian NaCl yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan hanya dengan proses sedimentasi
- Dapat menggunakan bahan yang lebih murah dan mudah ketersediaannya sebagai pengganti asam stearat, yaitu Na₂CO₃.

Sedangkan keuntungan proses *vacuum pan* antara lain:

- Kemurnian NaCl sangat tinggi yaitu sekitar 99-99,8%.
- Produk samping yang dihasilkan dapat diolah lagi untuk keperluan utilitas.

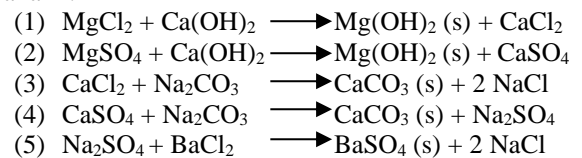
Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka proses yang dipilih yaitu proses Sedimentasi dan *Vacuum Pan*.

4. Uraian Proses

Pabrik pembuatan garam industry (*Sodium Chloride*) dari air laut melalui proses sedimentasi-*vacuum pan* ini dibagi menjadi 3 proses utama, yaitu: proses *pretreatment* dan pemurnian bahan baku (area 100), proses pemasakan (area 200) dan proses pengeringan dan pengendalian produk (area 300). Proses *pretreatment* bertujuan menghilangkan impuritis dari air laut.

1. Tahap *pretreatment* dan pemurnian bahan baku

Air laut dilakukan penyaringan kotoran dalam air laut ke dalam *Sand Filter*, kemudian dibawa menuju Flokulator sebagai tempat pengendapan impuritis/zat pengotor berbentuk solid. Untuk proses pengendapan ditambahkan larutan Na₂CO₃, Ca(OH)₂ dan BaCl₂. Reaksi yang terjadi antara lain :



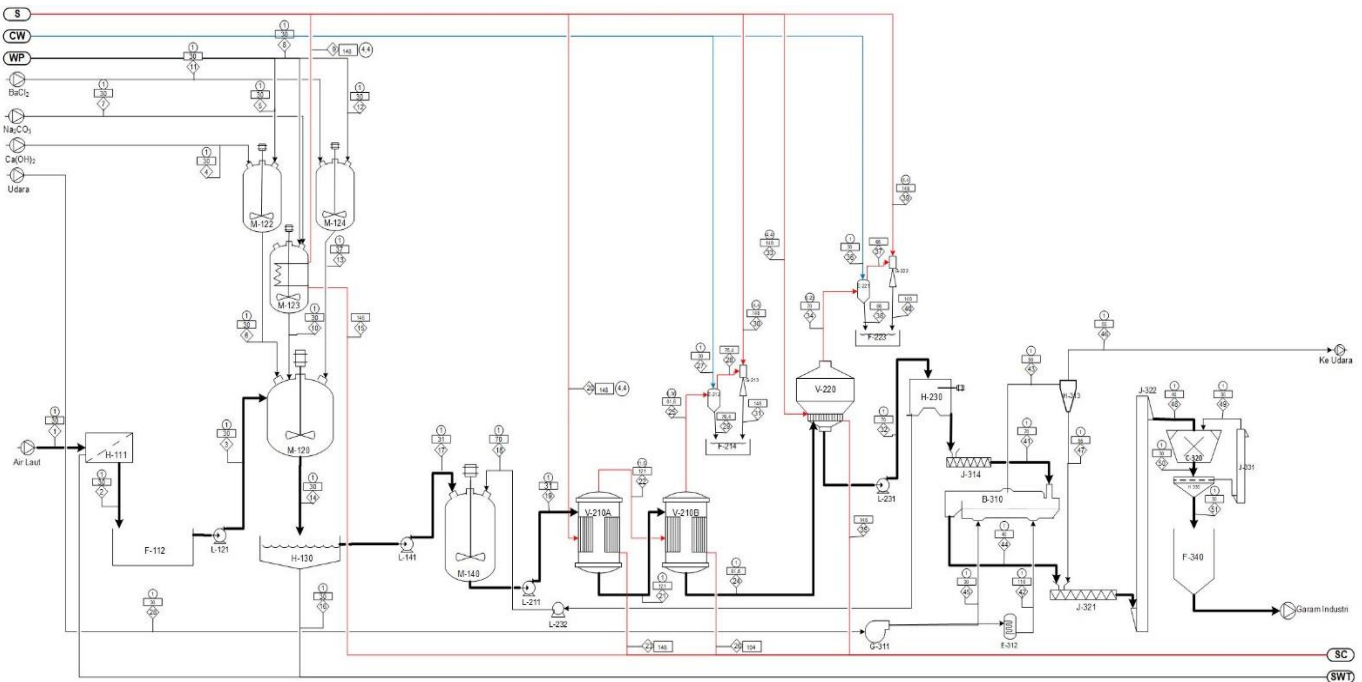
Produk hasil reaksi dipisahkan antara larutan dan pengotor berupa padatan pada *Clarifier*, yang kemudian hasil larutan *overflow* ditampung di *Feed Brine Tank*.

2. Tahap Pemasakan

Pada tahap ini terjadi proses penghilangan air agar larutan menjadi pekat pada *Double Effect Evaporator*. Steam evaporator diperoleh dari boiler dengan suhu 148°C dan tekanan 4,4 atm sementara itu *brine* keluar dari Evaporator Badan I menuju Badan II yang mana dikondisikan vakum (0,36 atm), agar didapatkan kondisi *saturated brine*, yang kemudian dibawa menuju ke *Crystallizer* dalam kondisi vakum (0,23 atm). Keluaran *Crystallizer* berupa campuran kristal basah NaCl dan *mother liquor* dipisahkan pada *Centrifuge*, untuk *mother liquor* di *recycle* menuju *Feed Brine Tank*.

3. Tahap pengeringan dan pengendalian produk

Proses pengeringan kristal NaCl basah dilakukan dengan menggunakan *Fluidized Bed Dryer* dengan bantuan udara panas dan udara dingin. Pada saat proses pengeringan, terdapat komponen solid yang terbawa dengan udara panas yang akan dipisahkan dengan *Cyclone*. Produk kristal kering dari *Fluidized Bed Dryer* didistribusikan menuju *Hammer Mill* untuk proses *size reduction* 30 mesh. Digunakan bantuan alat berupa *Screener* untuk memisahkan garam berdasarkan ukurannya, garam yang tidak sesuai spesifikasi akan dikembalikan ke *Hammer Mill* dan produk Kristal NaCl ukuran.30 mesh ditampung pada Tangki Penampung Garam Industri (F-340) dengan kadar NaCl 99,6%.



Gambar 4. Flowsheet Pra Desain Pabrik Garam Industri

III. NERACA MASSA DAN ENERGI

Untuk membuat pabrik garam industri diperlukan bahan baku air laut sebanyak 329.615,202 kg/hari, dengan kapasitas produksi sebesar 75.000 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan analisis ekonomi untuk memproduksi garam industri dari air laut dengan kapasitas 75.000 ton/tahun, diperlukan biaya produksi sebesar Rp 128.420.085.269 dengan investasi (*Total Cost Investment*) sebesar Rp 289.134.495.235 dengan estimasi penjualan per tahun Rp 318.330.000.000. Estimasi umur pabrik 10 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 10 tahun. Dapat diketahui IRR sebesar 39,3%, POT selama 5 tahun, BEP sebesar 23,24%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 39,3% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 9,95% per tahun, Nilai POT pabrik ini sebesar 5 tahun dan BEP 23,23%. Dari hasil evaluasi secara teknis dan ekonomis, pabrik Garam Industri dari air laut ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Industri Komitmen Serap Garam Petani 1,43 Juta Ton Tahun Ini," 2018. <https://kemenperin.go.id/artikel/19049/Industri-Komitmen-Serap-Garam-Petani-1,43-Juta-Ton-Tahun-Ini>, diakses 3 Maret 2019 pukul 19.15.
- [2] Badan Pusat Statistika, "Menuju Satu Data Garam Nasional," 2018. [Online]. <https://www.bps.go.id>, diakses 20 Maret 2019 pukul 18.15.
- [3] PT. Garam, "Analisa Garam Penggaraman 2018", 2019.