

Pra Desain Pabrik Garam Industri menggunakan Teknologi Membran *Reverse Osmosis*

Salasa Ariq Sungkono, Zulfahmi Hawali, Yeni Rahmawati, dan Fadlilatul Taufany
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
email: rifqah_18des@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Garam merupakan salah satu komoditas strategis nasional yang secara fungsi maupun manfaat tidak kalah penting apabila dibandingkan dengan kebutuhan pokok lainnya. Akan tetapi, hingga saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada impor untuk pemenuhan kebutuhan garam industri karena produksi garam lokal yang masih belum memenuhi standar. Maka dari itu, didirikanlah pabrik garam industri ini di daerah Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur dengan kapasitas sebesar 400.000 ton per tahun untuk mengurangi 23,19% angka impor terhadap kebutuhan nasional. Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik ini yaitu air laut dengan proses terpilih berupa teknologi membrane reverse osmosis dengan kristalisasi yang prosesnya dibagi menjadi tiga bagian yaitu unit pemurnian bahan baku, unit kristalisasi dan pengeringan, serta unit *sizing and finishing*. Produk yang dihasilkan pada pabrik ini yaitu garam industri sebagai produk utama dengan kemurnian NaCl 99,8% berukuran 30 mesh dan *desalinated water* sebagai produk sampingnya. Usia pabrik ini diperkirakan selama 15 tahun operasi dengan proses konstruksi yang dilakukan selama 5 tahun. Pendirian pabrik ini membutuhkan investasi awal sebesar Rp 1.975.482.014.717,7 dengan *pay out time* selama 9,15 tahun, NPV sebesar Rp 1.293.659.980.492,9, dan IRR sebesar 23,18%.

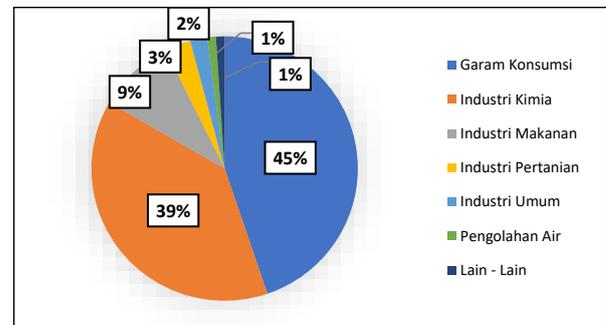
Kata Kunci—Desalinated Water, Garam Industri, Kristalisasi, Kupang, Reverse Osmosis.

I. PENDAHULUAN

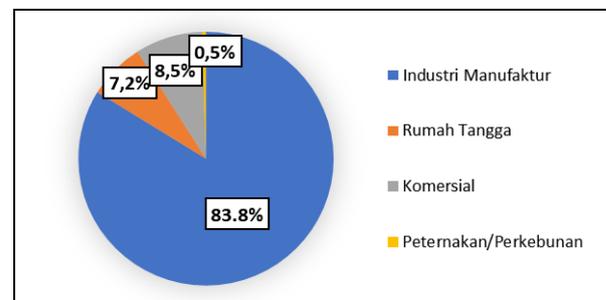
GARAM merupakan salah satu komoditas strategis nasional yang secara fungsi maupun manfaat tidak kalah penting apabila dibandingkan dengan kebutuhan pokok lainnya. Penyusun terbesar garam adalah Natrium Klorida (NaCl). Adapun jenis garam jenis garam dapat dibagi dalam kualitas baik sekali, baik dan sedang. Kualitas baik sekali jika mengandung kadar NaCl >95%, baik kadar NaCl 90–95%, dan sedang kadar NaCl antara 80–90% tetapi yang diutamakan adalah yang kandungan garamnya di atas 95% [1].

Menurut Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia tahun 2014, garam diklasifikasikan menjadi garam konsumsi dan garam industri. Garam konsumsi dengan kandungan NaCl minimal 94% sedangkan garam industri yang meliputi industri kimia memerlukan garam dengan kandungan NaCl minimal 96%, industri makanan dan minuman memerlukan garam dengan kandungan NaCl minimal 97%, serta industri farmasi memerlukan garam dengan kandungan NaCl yang lebih tinggi lagi yaitu minimal 99,8%. Adapun Industri perminyakan memerlukan garam dengan kandungan NaCl yang sedikit lebih rendah yaitu minimal 95%, serta industri water treatment dan penyamakan kulit memerlukan garam dengan kandungan NaCl yang lebih rendah yaitu 85%.

Menurut data dari USGS Mineral Yearbook tahun 2020



Gambar 1. Konsumsi Garam Industri di Dunia Tahun 2020.

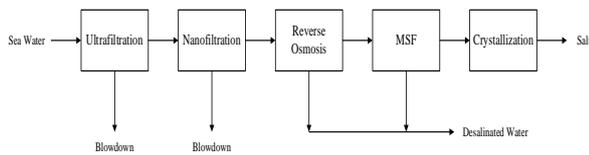


Gambar 2. Konsumsi Garam Industri di Indonesia Tahun 2020.

yang disajikan dengan Gambar 1, bahwa garam industri masih menjadi kebutuhan terbesar dunia dengan total persentase sebesar 55% yang terbagi atas industri kimia sebesar 39%, industri makanan sebesar 9%, industri pertanian sebesar 3%, industri umum 2%, pengolahan air dan lainnya masing – masing sebesar 1% kemudian untuk persentase kebutuhan garam konsumsi sebesar 45%.

Menurut data dari Kemenperin pada tahun 2020 yang ditunjukkan dengan diagram pada Gambar 2, menunjukkan bahwa persentase konsumsi garam di tiap sektor di Indonesia terdiri dari 83,8% untuk sektor industri manufaktur dengan total kebutuhan sebesar 3.744.655 ton, 7,2% untuk sektor rumah tangga dengan kebutuhan 321.541 ton, 8,5% untuk sektor komersial dengan kebutuhan 377.422 ton, dan 0,5% untuk sektor peternakan - perkebunan dengan kebutuhan 21.052 ton.

Salah satu masalah yang dihadapi saat ini ialah tingginya ketergantungan industri pada garam impor, terutama pada Industri kimia, farmasi, dan pangan. Produksi garam dalam negeri tidak dapat memenuhi kebutuhan industri tersebut dikarenakan spesifikasi garam industri yang tinggi, yaitu harus memiliki kadar NaCl di atas 96% dan kadar air kurang dari 0,5%. Sedangkan mayoritas garam yang diproduksi di Indonesia adalah garam rakyat yang memiliki kualitas di bawah standar dengan kadar NaCl kurang dari 94% dan kadar air sekitar 5%. Pengembangan Industri Garam Industri di Indonesia perlu digencarkan. Diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi dan penerapan teknologi pemurnian



Gambar 3. Diagram Balok Proses Teknologi Membran RO dan Kristalisasi.

Tabel 1.

Komponen Senyawa Air Laut

No	Komponen	Persentase Kandungan (%)
1.	NaCl	2,76
2.	MgCl ₂	0,32
3.	MgSO ₄	0,22
4.	CaSO ₄	0,12
5.	H ₂ O	96,58
TOTAL		100

Tabel 2.

Komposisi Air Laut

Komponen	Simbol	Konsentrasi (mg/L)
Kalsium	Ca	410-693
Magnesium	Mg	303-1.550
Barium	Ba	0,01-0,05
Strontium	Sr	5-13
Boron	B	4-5,3
Natrium	Na	2.462-12.000
Klorida	Cl	70-23.000
Kalium	K	39-390
Besi	Fe	<0,02-0,05
Mangan	Mn	<0,01-0,05
Silika	Si	0,04-8
Sulfat	SO ₄	2.400-3.016
Bromida	Br	65
Fluorida	F	1,4-2,15
Bikarbonat	HCO ₃ ⁻	120-152
Nitrat	NO ₃	35-50
Derajat Keasaman	pH	8,1

garam dalam rangka memenuhi kebutuhan garam tersebut, sehingga dihasilkan daya saing industri garam nasional dan mengurangi ketergantungan impor terhadap komoditas ini.

Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu diketahui teknologi produksi apa saja yang bisa digunakan agar dapat memilih proses yang paling menguntungkan berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan. Adapun teknologi produksi garam industri juga terdapat beberapa proses yang digunakan, diantaranya *vaccum pan (Multiple Effect Evaporation)*, *brine washing*, rekristalisasi dengan penambahan flokulan, *open pan*, serta teknologi membran dan kristalisasi.

Seleksi proses menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, dimana proses yang terpilih ialah teknologi membran dan kristalisasi dengan mempertimbangkan faktor kualitas produk, proses, harga peralatan proses utama, bahan baku utama, ketersediaan bahan baku utama, kebutuhan energi, bahan baku penunjang, harga bahan baku utama, dan *pre-treatment*. Berdasarkan studi literatur, proses ini dapat digambarkan sebagai diagram balok pada Gambar 3.

Pada Gambar 3, digunakan MF/UF serta NF sebagai pre-treatment desalinasi agar air yang dipisahkan lebih bersih. Setelah penyaringan menggunakan RO, digunakan *Membrane Crystallizer* untuk mengkristalisasi garam berkonsentrasi yang nantinya akan diproduksi sebagai garam industri. Dengan adanya penggunaan *pretreatment* berbasis membran, konsumsi bahan kimia dapat dikurangi jumlahnya, luas area yang diperlukan menjadi lebih kecil, kualitas produk lebih konsisten, serta mudah untuk dilakukan scale up. Dengan menerapkan NF sebagai pre-treatment,

Tabel 3.

Standar Kualitas Garam Industri Soda Kaustik Menurut Standar SNI 0303:2012

Komponen	% Persyaratan
NaCl	Min. 96
Kadar air (b/b)	Maks. 2,5
Ca (adbb)	Maks. 0,05
Mg (b/b)	Maks 0,1
SO ₄	Maks 0,2
Bahan tak larut dalam air	Maks 0,05
Bentuk	Padatan Kristal
Warna	Putih

Keterangan :

Adbb : atas dasar bobot basah

b/b : berat per berat

Tabel 4.

Proyeksi Pertumbuhan Neraca Garam Industri di Indonesia pada Tahun 2026

Jenis Pabrik	Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
Garam Industri	622.865,58	5.627.674,15	0,23	3.279.678,59

Tabel 5.

Spesifikasi Air Laut Kabupaten Kupang

Komponen	% Persyaratan
NaCl	1,0594
MgCl ₂	0,0002
MgSO ₄	0,0002
CaSO ₄	0,1091
Impurities logam	0,0648
H ₂ O	98,7664

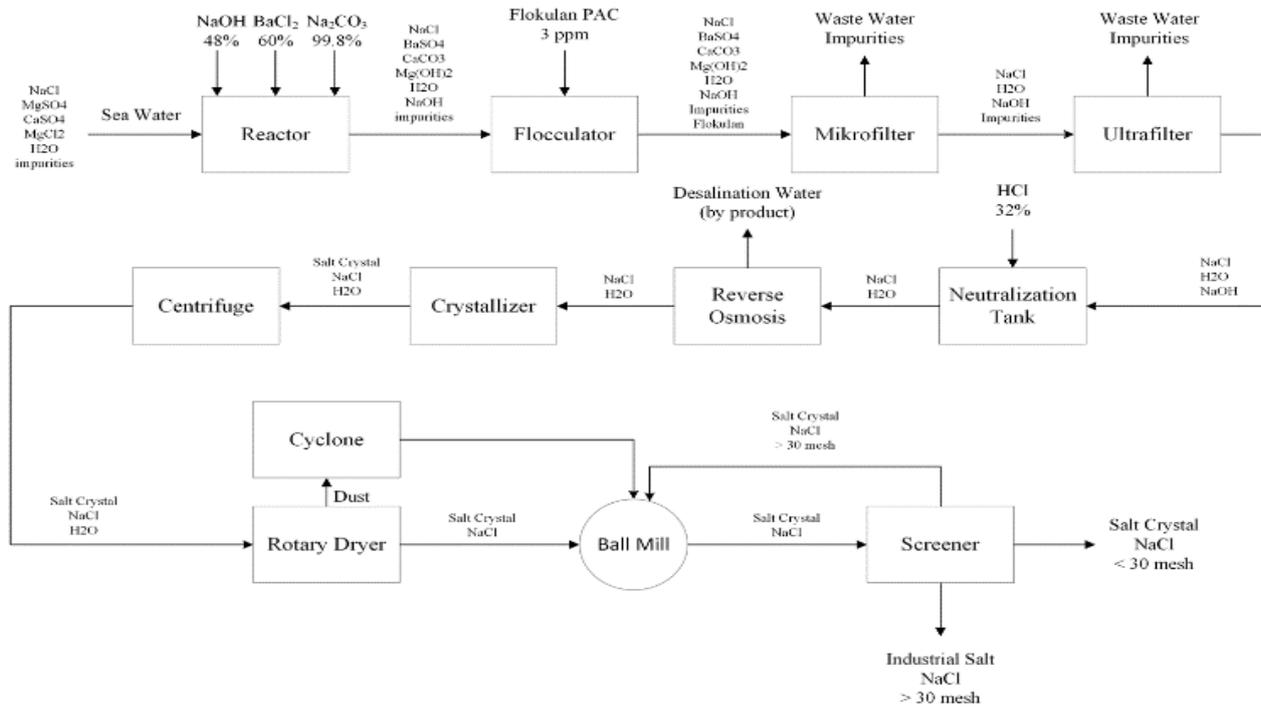
pembentukan scaling pada permukaan membran RO dapat dikurangi karena ion-ion bervalensi lebih dari satu telah tersisihkan terlebih dahulu.

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Ketersediaan dan Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Bahan baku yang digunakan adalah air laut, dimana Indonesia merupakan negara maritim dengan 2/3 luas Indonesia (5,8 juta km²) terdiri dari lautan, sehingga dapat dikatakan bahwa ketersediaan air laut di Indonesia cukup melimpah. Berdasarkan data KKP pada tahun 2003, meskipun wilayah lautan Indonesia sangat luas, pengolahan air laut yang dimanfaatkan untuk kebutuhan industri atau dalam hal ini pabrik garam, hanya dilakukan pada beberapa daerah saja, yaitu pada Aceh, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tengah. Diantara seluruh daerah tersebut, terdapat 2 daerah diantaranya yang memiliki luas lahan produktif sangat besar tetapi belum dimanfaatkan, yaitu Provinsi Aceh dan Nusa Tenggara Timur. Sehingga, pemilihan lokasi untuk pendirian pabrik garam industri berdasarkan ketersediaan bahan baku yang belum dimanfaatkan potensi air lautnya secara produktif difokuskan pada Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan luas lahan normatif sebesar 9.704 Ha dan luas lahan produktif sebesar 304 Ha.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, Nusa Tenggara Timur memiliki Panjang garis pantai sebesar 5700 km. Dengan keadaan tersebut, pabrik ini sangat mungkin didirikan karena pabrik akan didirikan dekat dengan sumber bahan baku, dimana bahan baku utama yang digunakan adalah air laut. Seleksi lokasi pendirian pabrik akan difokuskan pada daerah Teluk Kupang



Gambar 4. Diagram Balok Proses Pembuatan Garam Industri.

dan Sabu Raijua. Berdasarkan peta lahan garam untuk daerah Nusa Tenggara, daerah Teluk Kupang dan Sabu Raijua memiliki luas lahan yang paling besar untuk produksi garam yaitu masing masing sebesar 7.700 Ha dan 2.000 Ha.

Bahan baku utama yang digunakan adalah air laut (*saline*) yang berasal dari *beach well* dan *surface water*. Air laut merupakan campuran antara 96,58% dan 3,42% sisanya merupakan material lainnya. Komponen senyawa dalam air laut pada bobot jenis rata – rata 1,0258 kg/liter yaitu dengan kepekatan antara 3-3,5°Be akan ditunjukkan pada Tabel 1 [2].

Air laut (*saline*) memiliki persentase garam terlarut 3 – 5% yang dimana dalam kandungan garam terlarut tersebut terdapat komponen komponen logam di dalamnya [3]. Komponen – komponen garam terlarut yang merupakan komposisi dari air laut yang dimaksud dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Selain bahan baku air laut, terdapat beberapa bahan baku penunjang dalam memproduksi garam industri ini, diantaranya adalah Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Karbonat (Na₂CO₃), dan Barium Klorida (BaCl₂). NaOH diperlukan sebagai bahan baku penunjang untuk mengendapkan garam magnesium dan garam besi dari brine. Na₂CO₃ diperlukan sebagai zat penghilang garam kalsium dengan pengendapan sebagai kalsium karbonat. Sedangkan BaCl₂ digunakan pada proses untuk menghilangkan ion sulfat dari brine dengan mengendapkan barium sulfat.

Parameter utama yang biasanya dapat menjelaskan garam industri sebagai produk komersial yaitu dilihat dari beberapa parameter fisik maupun kimia. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 88/M-IND/PER/10/2014 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 134/M-IND/PER/10/2009 tentang peta panduan pengembangan klaster industri garam, standar garam industri soda kaustik menyesuaikan dengan standar SNI kode 0303:2012 disajikan pada Tabel 3.

Dari standar kualitas garam industri SNI, tidak ditentukan spesifikasi ukuran garam industri, namun biasanya garam

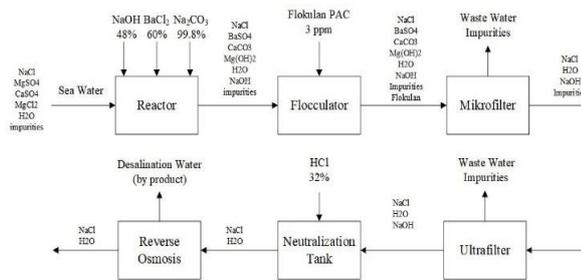
industri yang dijual dipasaran umumnya berukuran 20 – 30 mesh [4]. Adapun selain standar kualitas produk, tata cara pengemasan pun juga harus diperhatikan dengan baik. Garam industri ini nantinya akan di-packing dalam sebuah karung yang kering, tertutup rapat, dan tahan terhadap air dan sinar matahari yang dimana, setiap 1 karung nantinya berisi 50 kg garam industri. *Packing* dan gudang penyimpanan produk garam industri ini pun juga akan dilakukan dalam sebuah tempat tertutup serta terhindar dari air, panas api, dan sinar matahari.

B. Kapasitas

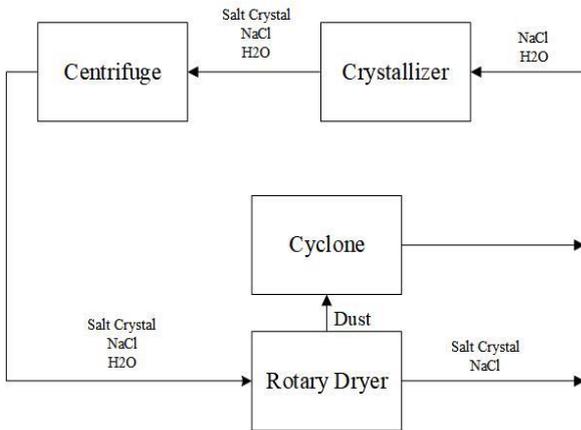
Sebelum mendirikan sebuah pabrik, salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah penentuan kapasitas produksi. Pabrik garam industri ini akan direncanakan berdiri pada tahun 2026 tentunya dengan mengacu pada kebutuhan nasional untuk garam industri di Indonesia. Perhitungan kapasitas Pabrik Garam Industri ini mempertimbangkan data ekspor, impor, produksi, dan konsumsi Garam Industri pada tahun-tahun sebelumnya. Proyeksi neraca garam industri pada tahun 2026 ditunjukkan pada Tabel 4. Sehingga dapat dihitung peluang kapasitas produksi nasional pada tahun tersebut. Berikut ini perhitungan peluang kapasitas produksi pada tahun 2026 :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Nasional} &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= (0,23 + 5.627.674,15) - (622.865,58 + 3.279.678,59) \text{ Ton} \\ &= 1.725.130,21 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

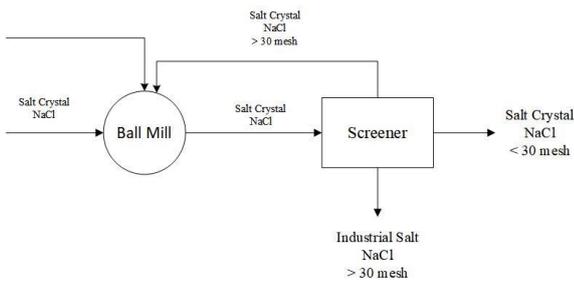
Kapasitas ini merupakan kapasitas produksi nasional, untuk menentukan kapasitas produksi pabrik garam industri yang akan didirikan, perlu diperhatikan aspek kompetitor yakni industri garam industri lain yang beroperasi hingga tahun 2026 dengan kapasitas produksi beragam, aspek ketersediaan bahan baku garam rakyat pada daerah disekitar pabrik yang akan didirikan, serta aspek target pemasaran



Gambar 5. Unit Pemurnian Bahan Baku.



Gambar 6. Unit Kristalisasi dan Pengeringan.



Gambar 7. Unit Sizing dan Finishing.

yang ada disekitar lokasi pabrik. Sebagai bahan pertimbangan, perlu diketahui kapasitas produksi perusahaan garam industri yang sudah ada di Indonesia, beberapa diantaranya adalah PT. Garam, PT. Sumatracco Langgeng Makmur, dan PT UNiChemCandi Indonesia. Diketahui bahwa setiap pabrik atau perusahaan memiliki kapasitas produksi yang berbeda. PT. Garam menjadi penghasil garam terbesar dengan total produksi mencapai 500.000 ton/tahun. Jika di rata-rata, kapasitas produksi garam industri di Indonesia sebesar 366.666,667 ton/pabrik. Dalam upaya mengurangi ketergantungan impor garam industri pada tahun 2026 dan mempertimbangkan kapasitas produksi perusahaan garam industri yang sudah ada, maka diputuskan kapasitas produksi garam industri pada pabrik ini sebesar 400.000 ton/tahun untuk mengurangi 23,19% kebutuhan nasional, dengan basis waktu operasi selama 330 hari kerja / tahun dan waktu kerja pabrik 24 jam / hari.

C. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Lokasi merupakan salah satu faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan sebuah pabrik, dengan lokasi yang strategis, maka dapat mendukung kelancaran produksi, meminimalisir biaya, dan memaksimalkan keuntungan dalam jangka panjang. Selain itu, penentuan lokasi pendirian pabrik ini juga memperhatikan pemerataan pemanfaatan lahan nasional. Sehingga, dalam hal ini terdapat

beberapa alternatif pilihan untuk lokasi pendirian pabrik diantaranya Kabupaten Sabu Raijua, Provinsi Nusa Tenggara Timur dan Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur.

Pemilihan lokasi pendirian pabrik menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Berdasarkan hasil AHP, daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik dengan mempertimbangkan faktor ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, aksesibilitas dan fasilitas transportasi, ketersediaan utilitas, tenaga kerja, kondisi geografis wilayah, dan kompetitor yang lebih baik dibandingkan Kabupaten Sabu Raijua.

III. URAIAN PROSES

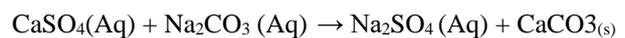
Secara garis besar, proses dalam pabrik garam ini terbagi menjadi 3 unit, yaitu unit pemurnian bahan baku (*pre-treatment*), unit kristalisasi dan pengeringan, dan unit *sizing* dan *finishing*. Gambar 4 adalah diagram balok proses pembuatan garam menggunakan teknologi membran dan kristalisasi.

A. Unit Pemurnian Bahan Baku

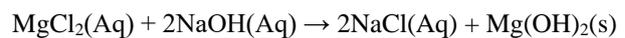
Uraian proses yang pertama adalah pemurnian bahan baku. Bahan baku yang digunakan adalah air laut Kabupaten Kupang. Tabel 5 merupakan kandungan air laut kabupaten kupang.

Pertama, air laut pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm ditampung pada tangki penyimpanan air laut, lalu dialirkan menuju reaktor untuk direaksikan dengan bahan baku penunjang. Bahan baku penunjang yang digunakan yaitu NaOH, BaCl₂, dan Na₂CO₃. Bahan – bahan kimia ini berfungsi untuk mengurangi kadar pengotor yang terdapat pada air laut, seperti : Mg, Ca, dan ion – ion sulfat. Kondisi operasi pada reaktor adalah pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi – reaksi yang terjadi pada reaktor antara lain:

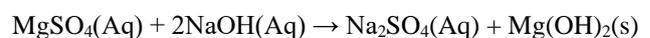
1. Reaksi-1:



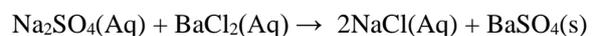
2. Reaksi-2:



3. Reaksi-3:



4. Reaksi-4:



Setelah direaksikan di dalam reaktor, produk reaktor dialirkan menuju tangki flokulator untuk proses flokulasi yaitu pembentukan flok – flok zat pengotor yang tidak terlarut dengan menginjeksikan flokulan. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengendapkan zat pengotor yang tidak terlarut sehingga dapat lebih mudah untuk dipisahkan dengan larutan air garam.

Produk dari tangki flokulator dipompa menuju tangki penyimpanan sementara untuk memisahkan *sludge* dengan filtrat larutan air garam. *Sludge* yang mengendap di dasar akan dialirkan ke bagian *waste water treatment*. Air garam (*brine*) dialirkan menuju membran mikrofilter untuk memisahkan larutan garam dengan *sludge* zat pengotor

maupun pasir – pasir yang masih lolos dari tangka penayimpanan sementara. Kemudian, untuk memastikan larutan garam terbebas dari *sludge* pengotor dan pasir – pasir, digunakan membran ultrafiltrasi dengan toleransi pengotor yang lebih kecil dari mikrofiltrasi.

Untuk menghilangkan kadar NaOH pada larutan garam dilakukan reaksi netralisasi pada tangki netralisasi dengan menambahkan larutan HCl sehingga kandungan garam yang dihasilkan lebih banyak. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



Setelah proses netralisasi, larutan *brine* dipompa secara bertahap menuju membran *reverse osmosis* untuk melakukan proses penyaringan yang bertujuan untuk memisahkan konsentrat garam dan air rejeksi. Lalu, konsentrat garam diproses menuju *heat exchanger* untuk proses *preheating* sebelum diproses menuju evaporator.. Sedangkan air keluaran membran *reverse osmosis* dengan sedikit kandungan NaCl dialirkan keluar sebagai *by product*. Unit pemurnian bahan baku tertera pada Gambar 5.

B. Unit Kristalisasi dan Pengeringan

Saturated brine kemudian diumpankan ke dalam *Crystallizer* menggunakan *Screw Conveyor*. Larutan tersebut kemudian dipadatkan kembali hingga mencapai konsentrasi 70 % agar terbentuk kristal-kristal garam. Agar terbentuk kristal - kristal garam maka larutan *brine* dipadatkan hingga mencapai kondisi *supersaturation* (super jenuh). Output dari proses kristalisasi adalah *slurry* yaitu campuran antara kristal garam dan *mother liquor* yang selanjutnya akan dipisahkan dengan *Centrifuge*. Di dalam *Centrifuge*, campuran tersebut dipisahkan, dan filtrat (*mother liquor*) yang dihasilkan dikembalikan ke dalam membran *Reverse Osmosis* untuk diolah kembali. Produk yang keluar dari *Centrifuge* memiliki konsentrasi diatas 98%. Kristal garam yang sudah dipisahkan dengan *mother liquor* tersebut kemudian melewati *Belt Conveyor I* untuk dibawa menuju proses pengeringan oleh *Rotary Dryer*. *Rotary Dryer* bekerja dengan bantuan panas dari *dry air* yang dialirkan secara *counter-current*. Bahan yang keluar dari *Rotary Dryer* memiliki konsentrasi NaCl sebesar 99,8 %. Dari proses pengeringan yang terjadi dalam *Rotary Dryer*, dihasilkan produk bawah yaitu kristal garam. Selain itu, dalam proses pengeringan pada *Rotary Dryer* juga terdapat padatan yang masih terkandung dalam udara panas yang kemudian akan dibawa menuju *Cyclone* untuk dipisahkan. Unit kristalisasi tertera pada Gambar 6.

C. Unit Sizing dan Finishing

Setelah melewati proses pengeringan, produk kemudian dibawa melalui *Belt Conveyor II* menuju *Ball Mill*. Dalam *Ball Mill* terjadi proses penggilingan sehingga kristal menjadi lebih halus. Kristal garam kemudian diumpankan ke dalam *Screenner* menggunakan *Bucket Elevator*, dimana produk tidak lolos penyaringan (*oversize*) akan dikembalikan ke *Ball Mill*. Produk kristal garam yang telah berukuran hingga 30 mesh kemudian ditampung pada Tangki Produk sebagai produk akhir. Unit sizing dan finishing tertera pada Gambar 7.

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan perhitungan neraca massa dengan asumsi

pabrik beroperasi 24 jam selama 330 hari per tahun, dibutuhkan sebanyak 3.871.444,68 kg/jam air laut untuk menghasilkan 400.000,00 ton/tahun garam industri. Dalam proses produksi dibutuhkan Na_2CO_3 sebesar 5,3063 kg/jam, NaOH sebesar 2963,33 kg/jam, dan BaCl_2 sebesar 7329,36 kg/jam. Dari proses produksi garam industri dalam pra-desain pabrik ini, dihasilkan *desalinated water (by product)* sejumlah 404671,8464 ton/tahun. Selain itu, berdasarkan perhitungan neraca energi pabrik ini akan membutuhkan panas sejumlah 189.855.634,16 kkal/jam, dan cooling water sejumlah 1.403.987,11 kg/jam. Total *power* yang dibutuhkan sejumlah 8657,069 hp.

V. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan baik untuk proses utama maupun penunjangnya. Parameter –parameter yang digunakan untuk menentukan kelayakan pabrik secara ekonomi adalah sebagai berikut:

1. Kekayaan yang dihasilkan dari pabrik (*Net Present Value*)
2. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*)
3. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)
4. Titik Impas (*Break Even Point*)

Parameter kelayakan pendirian pabrik diantaranya kekayaan yang dihasilkan dari pabrik (*Net Present Value*). *Net present value* atau NPV adalah perbedaan antara nilai sekarang dari arus kas yang masuk dan nilai sekarang dari arus kas keluar pada sebuah waktu periode. Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai NPV sebesar Rp 1.293.659.980.492,9. Nilai NPV lebih dari 0 menandakan bahwa proyeksi pendapatan yang dihasilkan atau investasi melebihi dari proyeksi biaya yang dikeluarkan. Sehingga perusahaan layak untuk didirikan.

Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*), *Internal rate of return* (IRR) adalah semua pendapatan atau modal yang didapat yang akan menutup semua pengeluaran. Umumnya, IRR digunakan oleh perusahaan untuk menganalisis dan memutuskan proyek modal. Dari hasil perhitungan didapatkan harga *i (discounted factor)* = 23,83%. Harga *i* yang diperoleh lebih besar dari harga *i* untuk bunga pinjaman yaitu 7,95% pertahun. Maka, dari perhitungan IRR menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*). *Pay out time* atau POT merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal suatu pabrik. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 9,15 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

Titik Impas (*Break Even Point*). *Break even point* atau BEP digunakan untuk mengetahui kapasitas produksi dimana total biaya produksi sama dengan hasil penjualan. Kapasitas pabrik minimum pada tahun 2029 (kapasitas produksi pada tahun 2029 sebesar 100%) agar pabrik tidak rugi atau *Break Even Point* pada pabrik adalah sebesar 37,35%.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil desain dan tinjauan pabrik, maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Garam Industri akan dibangun

dengan kriteria:

1. Perencanaan Operasi : Kontinyu, 24 jam/hari, selama 330 hari
2. Kapasitas Produksi : 400.000 Ton/tahun
3. Umur Pabrik : 15 Tahun
4. Masa Konstruksi : 5 Tahun
5. Analisa Ekonomi :
 - a. Total Investasi : Rp 1.975.482.014.717,7
 - b. WACC : 10,92%
 - c. Internal Rate of Return : 23,83%
 - d. Net Present Value : Rp 1.293.659.980.492,9 (bernilai positif)
 - e. Pay Out Time : 9,15 Tahun
 - f. Break Even Point : 37,35 % (tahun 2029)

Berdasarkan data di atas, ditunjukkan bahwa IRR di atas dari bunga pinjaman dan NPV bernilai positif, hal ini menandakan pabrik layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Santosa, "Pembuatan garam menggunakan kolam kedap air berukuran sama," *Spektrum Ind.*, vol. 12, no. 1, 2014.
- [2] R. E. Kirk, D. F. Othmer, and C. A. Mann, "Encyclopedia of chemical technology," *J. Phys. Chem.*, vol. 53, no. 4, 1949.
- [3] L. A. Yoshi and I. N. Widiada, "Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis (RO) Untuk Penyediaan Air Bersih," in *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. 2016.
- [4] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, and R. E. West, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw-Hill, 2003.