

Pra Desain Pabrik Garam Farmasi dari Air Laut dengan Metode *Multiple Effect Evaporator*

Ragilia Rahma Maulidia, Wahyu Adinda Larasati, Ali Altway, dan Fadlilatul Taufany
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: alimohad@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Garam banyak digunakan oleh beberapa industri, salah satunya pada industri farmasi yang dibutuhkan untuk bahan-bahan medis dan obat-obatan. Garam farmasi memiliki kualitas yang paling tinggi diantara garam yang lainnya yaitu memiliki kadar NaCl >99,5%. Garam farmasi tersebut dapat diperoleh dari air laut yang tersedia banyak di Indonesia. Proses yang digunakan dalam pembuatan garam farmasi yaitu dengan menggunakan *multiple effect evaporator*. Proses pembuatan garam farmasi dari air laut dibagi menjadi 3 unit proses, yaitu unit pemurnian, unit pengkristalan dan pengeringan, dan unit pengendalian produk. Dari hasil proses didapatkan garam farmasi dengan kemurnian 99,6%. Hasil tersebut sesuai dengan standart menurut Farmakope Indonesia (FI) Edisi IV bahwa kemurnian garam farmasi adalah 99,5%. Pabrik garam farmasi berkapasitas produksi sebesar 9000 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik pengolahan garam farmasi direncanakan di Desa Tamansareh, Kabupaten Sampang, Madura. Dengan kapasitas tersebut dan desai umur pabrik selama 10 tahun, didapatkan *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 14,79% yang dimana nilainya lebih besar dari bunga pinjaman bank sebesar 8%. Kemudian didapatkan *Pay Out Time (POT)* sebesar 5,71 tahun dan *Break Even Point (BEP)* sebesar 20,91%.

Kata Kunci—Air Laut, Farmasi, Garam, *Multiple Effect Evaporator*.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara kepulauan terbesar di dunia karena memiliki laut yang sangat luas. Hal tersebut tentu sangat beralasan, karena panjang pantai Indonesia mencapai 95.181 km dengan luas wilayah laut 5,4 juta km². Salah satu contoh dari kekayaan laut Indonesia yaitu dengan memanfaatkan air laut sebagai bahan dasar dari pembuatan garam. Terdapat lebih dari 62% lautan yang berpotensi garam di dalamnya [1].

Garam adalah produk industri kimia dasar Chlor Alkali yang terdiri dari garam konsumsi dan garam industri. Garam konsumsi merupakan garam yang digunakan untuk konsumsi atau dapat diolah menjadi garam rumah tangga dan garam diet untuk konsumsi masyarakat. Sedangkan, Garam industri adalah garam yang digunakan sebagai bahan baku/penolong pada proses produksi.

Saat ini industri farmasi Indonesia masih sangat tergantung pada bahan baku impor, dimana hampir 95% bahan baku obat (BBO) yang diperlukan masih harus diimpor. Salah satu bahan yang masih diimpor adalah garam farmasi. Dalam industri farmasi, garam farmasi merupakan bahan baku yang banyak digunakan antara lain sebagai bahan baku sediaan infus, produksi tablet, pelarut vaksin, sirup, oralit, cairan pencuci darah, minuman kesehatan dan lain-lain. Dalam bidang kosmetika, garam farmasi dipakai sebagai salah satu bahan campuran dalam pembuatan sabun dan shampoo [2].

Garam farmasi merupakan salah satu bahan baku yang sangat dibutuhkan dalam industri farmasi. Oleh karena itu,

Tabel 1.
Rata-rata Komposisi Air Laut Madura

No	Parameter	Kandungan
Satuan Berat Ion Air Laut dalam Gram per Kilogram		
1	Na ⁺	2,72705
2	K ⁺	0,193
3	K ⁺	4,37 x 10 ⁻⁴
4	Ca ²⁺	0,22575
5	Sr ²⁺	0,004182
6	Cl ⁻	9,981
7	SO ₄ ²⁻	1,7596

kebutuhan garam farmasi di Indonesia akan semakin meningkat. Mengingat bahwa kebutuhan garam farmasi akan mengalami peningkatan setiap tahunnya dan masih dipenuhi secara impor, maka pendirian pabrik garam farmasi di Indonesia sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan memiliki peluang yang tinggi serta prospek pasar yang menjanjikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bahan baku yang digunakan berasal dari air laut, dimana Indonesia memiliki potensi yang besar, dapat dilihat dari pajang garis pantainya yang mencapai 99.000 km. Lahan/areal pegaraman hektar yang dimanfaatkan untuk memproduksi garam adalah sekitar 20.000 ha dari potensi areal yang ada sebesar 35.000 ha hal ini berarti kurang lebih setengah dari lahan yang ada baru dimanfaatkan untuk areal pegaraman [3].

Proses produksi garam dimulai dari bahan baku air laut yang akan digunakan untuk proses pembuatan garam akan mempengaruhi kualitas garam yang dihasilkan karena kualitas air laut di masing-masing daerah berbeda (kadar NaCl). Hal ini dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, juga ada tidaknya serta besar kecilnya sungai di daerah tersebut. Kualitas garam dapat ditingkatkan melalui uji salinitas air pada tiap kolam penguapan dengan boume meter dan mengadakan mini lab untuk mengetahui kadar NaCl dalam garam [3]. Kandungan air laut yang akan digunakan sebagai bahan baku produksi garam farmasi adalah dengan menggunakan pesisir dengan temperatur permukaan 30,9 hingga 33,2°C yang tercantum pada Tabel 1.

Garam farmasi seperti pada Gambar 1 merupakan garam dengan kualitas tertinggi. Spesifikasi garam farmasi menurut Farmakope Indonesia (FI) Edisi IV ditunjukkan pada Tabel 2 dengan standar kualitas yang terdapat pada Tabel 3. Dalam penentuan kapasitas pabrik garam farmasi yang akan dibuat, maka pada Tabel 4 merupakan data *supply-demand* garam farmasi dari BPS. Berdasarkan data *supply-demand* dari tahun 2015 hingga 2019 menunjukkan bahwa ada potensi

Tabel 2.
Rata-Rata Komposisi Air Laut Madura

No	Parameter	Kandungan
Satuan Berat Cemar Logam dalam Miligram per Kilogram		
1	Tembaga (Cu)	< 4,100 x 10 ⁻⁵
2	Timbal (Pb)	< 3,760 x 10 ⁻⁴
3	Kadmium (Cd)	< 1, 047 x 10 ⁻⁵
4	Raksa (Hg)	< 3,683 x 10 ⁻⁴



Gambar 1. Lokasi Pendirian Pabrik di Kabupaten Sampang.

untuk pendirian pabrik dalam rangka pemenuhan kebutuhan garam farmasi.

Pabrik garam farmasi ini ditargetkan untuk mulai beroperasi pada tahun 2026. Berdasarkan data yang didapat sebelumnya, maka dilakukan proyeksi *demand* untuk menentukan kapasitas produksi pabrik. Dengan menggunakan persamaan *discounted* sebagai berikut [4]:

$$F = P(1 + i)^n$$

dimana *i* adalah pertumbuhan rata-rata dan *n* adalah selisih waktu antara tahun 2026 dan 2019. Dengan perhitungan, maka diperoleh proyeksi kebutuhan garam farmasi pada tahun 2026 dan rencana kapasitas pabrik yang akan dibangun yang ditunjukkan Tabel 5. Dari data proyeksi *demand* garam farmasi di Indonesia pada tahun 2026, dapat ditentukan kapasitas produksi dari pabrik garam farmasi yang akan dibangun. Pabrik garam farmasi ini didesain untuk memenuhi kebutuhan nasional. Berikut perhitungan dari peluang kapasitas produksi:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Nasional} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor}) \\ &= 63113,79 \text{ ton/tahun.} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan maka kebutuhan garam farmasi pada tahun 2026 akan mencapai 63.113,79 ton/tahun. Dikarenakan selama ini kebutuhan garam farmasi dipenuhi dari impor dan melihat ketersediaan bahan baku air laut yang melimpah di Indonesia. Maka ditetapkan kapasitas pabrik yaitu sebesar 14% dari pasar garam farmasi di Indonesia pada tahun 2026 yaitu sebesar 9000 ton/tahun.

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting dalam perancangan pabrik karena akan memengaruhi risiko dan keuntungan perusahaan tersebut secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena lokasi sangat mempengaruhi biaya tetap (*fix cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang. Pada pemilihan lokasi pendirian pabrik Garam Farmasi ini, telah dilakukan pertimbangan yang diantaranya sebagai berikut:

- a. Ketersediaan bahan baku.
- b. Lokasi pemasaran.
- c. Aksesabilitas dan fasilitas transportasi.
- d. Iklim dan kondisi geografis.
- e. Sumber tenaga kerja.
- f. Aspek utilitas.

Tabel 3.
Standart Kualitas Garam Farmasi

Parameter	Standart
NaCl	99,5%
Ca	<50 ppm
Mg	<50 ppm
SO ₄	0,015%
Bentuk	Serbuk putih, bentuk kristal
pH	Netral
Kadar air	0,5%
Besi (Fe)	<2 ppm
Arsen (As)	<3 ppm
Logam Berat (Pb)	<5 ppm
Aluminium (Al)	<0,2 ppm

Tabel 4.
Supply Demand Garam Farmasi di Indonesia dalam (ton/tahun)

Tahun	Produksi	Konsumsi	Ekspor	Impor
2015	-	4025,38	0	4025,38
2016	2000	6629,37	0	4629,37
2017	2000	7112,34	0	5112,34
2018	4000	12126,39	0	6126,39
2019	4000	11600,88	0	5600,88

Tabel 5.
Estimasi *Demand* Garam Farmasi di Indonesia pada tahun 2026 (ton/tahun)

Tahun	Impor	Ekspor	Produksi	Konsumsi
2026	10353,39	0	19073,49	92540,66

Berdasarkan kriteria tersebut ditetapkan 2 alternatif yaitu Kabupaten Sampang dan Kabupaten Pati dengan melalui pembobotan dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), maka ditetapkan lokasi pendirian pabrik di Kabupaten Sampang, Madura yang dapat dilihat pada Gambar 2. Beberapa faktor penting yang membuat Kabupaten Sampang terpilih diantaranya dekat dengan lokasi bahan baku, dekat dengan lokasi pemasaran, memiliki 2 pelabuhan, potensi curah hujan yang rendah, dan memiliki banyak jumlah penduduk.

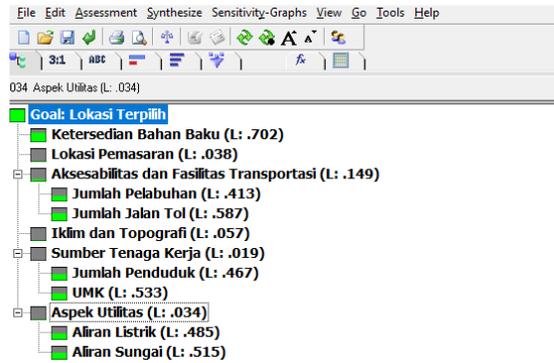
Dari parameter-parameter yang telah dijelaskan, maka dilakukan penentuan lokasi Pabrik Garam Farmasi dari Air Laut dengan menggunakan metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP). *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu metode pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria pilihan dan juga perbandingan berpasangan antara pilihan yang ada. Sebelum melakukan proses perhitungan dengan aplikasi *Expert Choise*, dilakukan pembentukan hierarki pemilihan lokasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Pemilihan lokasi dilanjutkan dengan mengisi aspek dan pembobotan pada aplikasi *Expert choise* yang dapat dilihat pada Gambar 4. Melalui hasil perhitungan dengan menggunakan aplikasi *Expert Choise*, didapatkan hasil *running* seperti pada Gambar 5. Dari hasil *running* dengan menggunakan aplikasi *Expert Choise* didapatkan lokasi terpilih yaitu Sampang dengan bobot sebesar 63,1%.

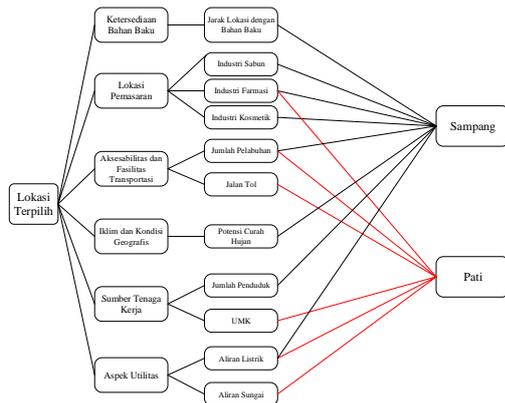
Dalam mendirikan suatu pabrik, perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada. Pemilihan proses tersebut dilakukan agar pabrik dapat berproduksi secara efisien dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang ada, baik dari bahan baku, bahan penunjang, utilitas, hingga biaya produksinya. Menurut [5], proses pembuatan garam dilakukan dengan beberapa macam bahan baku misalnya: brine (*saturated sea water*), garam kasar (garam rakyat), dan air laut. Beberapa proses yang paling umum digunakan adalah:



Gambar 2. Lokasi Pendirian Pabrik di Kabupaten Sampang.



Gambar 4. Pembobotan dengan Aplikasi Expert Choose.



Gambar 3. Hierarki Pemilihan Lokasi.



Gambar 5. Hasil Running dengan Aplikasi Expert Choose.

sulfat. Bahan kimia yang digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 , NaOH , CaCl_2 , agen flokulasi dan CO_2 . Treatment H_2SO_4 dan klorinasi mungkin dapat digunakan untuk menghilangkan H_2S . HCl berfungsi menetralkan *brine* yang digunakan pada pembuatan diafragma sel dari *chlorine* dan soda kaustik [8].

Dalam proses kristalisasi, suspensi kristal dikeluarkan dari bagian bawah evaporator. Untuk menghilangkan *mother liquor* dapat menggunakan *centrifuge pusher*. Setelah disentrifugasi garam memiliki kadar *moisture* sebesar 2-4%. Pengeringan lebih lanjut dapat dilakukan dengan *fluidized bed dryer*. Pada akhir *fluidized bed dryer* biasanya terdapat zona pendingin dimana udara dialirkan ke dalamnya, atau dapat digunakan pendinginan secara terpisah. Selain itu *rotary vacuum dryer* juga yang biasanya digunakan, di mana suspensi kristal dituangkan ke permukaan drum yang berputar. *Mother liquor* tersedot ke dalam drum meninggalkan kristal garam pada permukaan drum, yang dikeringkan dengan udara panas. 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. *Rotary cooler* atau *fluidized bed cooler* berfungsi menurunkan suhu garam sebelum penyaringan, penyimpanan, pemrosesan lebih lanjut, dan pengemasan. Suhu garam maks. 40°C , atau lebih baik maks. 30°C . Kemurnian garam yang dihasilkan dari proses *multiple effect evaporator* mencapai 99,97% [7].

2) Proses Open Pan (The Grainer Process)

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 ditunjukkan dengan cara memanaskan pada *heater* sampai suhu 230°F (110°C). Larutan *brine* panas kemudian diumpangkan pada *graveler* 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 [6].

Larutan *brine* yang sudah melewati proses pendinginan kemudian diumpangkan ke *open pan* yang berfungsi untuk menguapkan air dengan suhu operasi 205°F (96°C) sehingga

1) Proses Multiple Effect Evaporator (MEE)

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 dipisahkan 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 yang seragam [6].

Proses *multiple effect evaporator* merupakan proses klasik untuk produksi garam. Beberapa evaporator terhubung secara seri. Evaporator efek pertama dipanaskan menggunakan *steam*, dan tahap berikutnya dipanaskan menggunakan uap dari unit sebelumnya. Konsumsi *steam* dapat dikurangi dengan mengurangi jumlah efek evaporator, dalam produksi garam jumlah efek evaporator yang digunakan adalah 2-6 evaporator [7].

Sebelum proses evaporasi, *brine* di proses secara kimia untuk menghilangkan mineral *hardness* yang dapat mempengaruhi kemurnian garam. Proses ini dapat mengurangi tingkat kalsium terlarut, magnesium, dan juga

Tabel 6.
Seleksi Proses

Parameter	Macam Proses			
	MEE	Grainer Process	Rock Salt Mining	Solar Evaporation
Bahan baku utama	Air laut/brine	Gram kasar/brine	Batuan garam	Air laut
Bahan baku penolong	Na ₂ CO ₃ , NaOH, BaCl ₂ , steam	Steam	-	-
Kemurnian	99,97%	98,5-99,4%	98,5%	95%
Peralatan Efisiensi team	Mahal Efisien	Mahal Boros	Sederhana	Sederhana

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 [6].

3) Proses Rock Salt Mining (Penambangan Garam)

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 [9].

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 [9].

4) Proses Solar Evaporation (Penguapan Air Laut)

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% [8]. Dari uraian pada Tabel 6, maka proses yang dipilih dalam pembuatan Garam Farmasi dari Air Laut dengan proses Multiple Effect Evaporator dengan beberapa pertimbangan, sebagai berikut:

- a. Produk yang dihasilkan memenuhi standar pasar.
- b. Kemurnian yang dihasilkan cukup tinggi.
- c. Bahan baku berupa air laut yang tersedia sangat banyak di Indonesia.

III. URAIAN PROSES

Proses produksi pembuatan garam farmasi ini menggunakan air laut Kabupaten Sampang. Tabel 7

Tabel 7.
Spesifikasi Bahan Baku

Komponen	% Berat
NaCl	0,6936%
MgCl ₂	0,000171%
MgSO ₄	0,000216%
CaSO ₄	0,0768%
Impurities	0,0377%
H ₂ O	99,191%
Total	100%

menunjukkan komponen yang terkandung di dalam air laut Kabupaten Sampang menurut [10].

Gambar 6 merupakan gambaran proses. Proses pabrik garam farmasi dari air laut dengan metode *Multiple Effect Evaporator* terbagi menjadi 3 unit proses, yaitu antara lain: unit pemurnian bahan baku, unit kristalisasi dan pengeringan, serta unit pengendalian produk dengan penjelasan masing-masing sebagai berikut:

1) Unit Pemurnian Bahan Baku

Komponen yang terkandung masih mengandung zat pengotor khususnya ion-ion alkali seperti Mg, Ca, dan ion-ion sulfat yang merupakan impuritis tersebar di air laut yang dapat mengakibatkan pembentukan kerak pada peralatan apabila diabaikan. Sehingga pada unit pemurnian bahan baku terjadi proses penambahan bahan kimia pendukung untuk dapat mengikat zat-zat pengotor tersebut dengan menggunakan reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk untuk mempercepat reaksi koagulasi. Unit pemurnian bahan baku dapat dilihat pada Gambar 7. Air laut dari tangki penampungan diumpankan ke Reaktor (R-120) dengan diinjeksikan bahan-bahan kimia. Bahan kimia pendukung yang digunakan antara lain NaOH, BaCl₂ dan Na₂CO₃. Sehingga, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

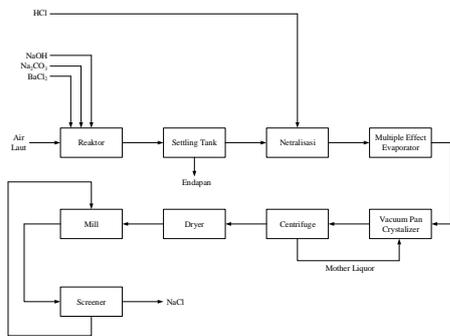


Proses reaksi ini akan membentuk campuran larutan membentuk *sludge* seperti CaCO₃, Mg(OH)₂, dan BaSO₄ yang selanjutnya diendapkan dengan menggunakan *clarifier* (H-130). Campuran larutan di pompa menggunakan Pompa (L-131) menuju *Clarifier* (H-130). Di dalam *clarifier* (H-130) terjadi pemisahan antara *sludge* dengan filtrat. *Sludge* akan dialirkan ke *waste treatment* dan filtrat dialirkan ke tangki netralisasi (F-140). Di dalam tangki netralisasi (F-140), filtrat keluaran *clarifier* (H-130) akan direaksikan dengan menggunakan HCl untuk menghilangkan kandungan NaOH berlebih. Sehingga reaksi yang terjadi di tangki netralisasi adalah:

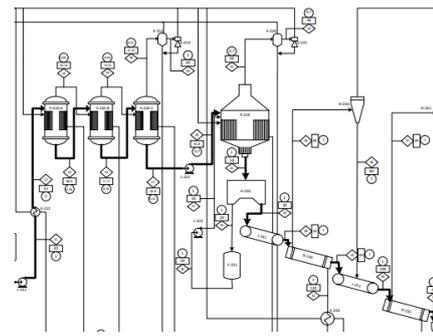


2) Unit Kristalisasi dan Pengeringan

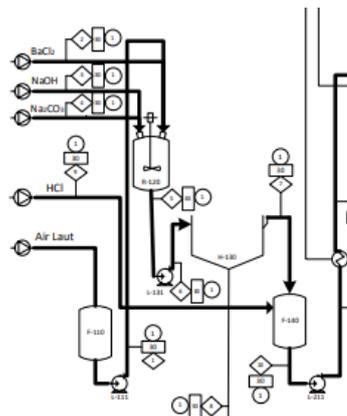
Hasil dari proses netralisasi berupa larutan brine bebas NaOH yang selanjutnya akan masuk di Unit Kristalisasi dan Pengeringan. Proses dalam unit ini ditunjukkan oleh Gambar 8 dengan larutan brine dipekatkan untuk menaikkan konsentrasi dengan menggunakan Multiple Effect Evaporator hingga mencapai kondisi saturated. Larutan garam dialirkan dari Evaporator (V-210A), kemudian menuju Evaporator (V-210B) dan selanjutnya menuju (Evaporator V-210C). Setelah larutan brine dipekatkan, selanjutnya dialirkan menuju



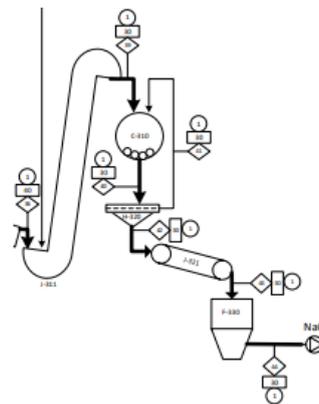
Gambar 6. Blok Diagram Proses.



Gambar 8. Unit Kristalisasi dan Pengeringan.



Gambar 7. Unit Pemurnian Bahan Baku.



Gambar 9. Unit Pengendalian Produk.

Vacuum Pan Crystallizer (X-220) untuk dipekatkan kembali hingga larutan mencapai kondisi supersaturated agar kristal-kristal garam dapat terbentuk.

Vacuum Pan Crystallizer beroperasi pada kondisi tekanan vakum 0,7 atm. Di dalam Vacuum Pan Crystallizer akan terbentuk slurry (campuran kristal garam dan mother liquor). Slurry akan dipompa untuk dialirkan menuju Centrifuge untuk dipisahkan kristalnya dengan mother liquor yang masih melekat. Mother liquor yang telah terpisah ditampung ke dalam Bak Penampung untuk diumpungkan kembali menuju Vacuum Pan Crystallizer (X-220) dengan bantuan pompa.

Kristal dari Vacuum Pan Crystallizer (X-220) memiliki konsentrasi NaCl sebesar 98% Kristal garam selanjutnya dialirkan menuju Rotary Dryer (B-240) dengan bantuan Belt Conveyor (J-241) untuk dikeringkan. Pada Rotary Dryer Dryer (B-240) pengeringan kristal garam dilakukan pada suhu 100oC dan tekanan 1 atm dengan bantuan panas secara berlawanan. Kristal garam dimasukkan kedalam silinder yang berputar kemudian bersamaan dialirkan udara panas yang dihasilkan dari Blower yang telah dipanaskan dalam Heat Exchanger (E-243). Bahan yang keluar Rotary Dryer (B-240) memiliki konsentrasi NaCl sebesar 99,6%. Padatan yang terbawa udara dialirkan menuju Cyclone (H-244) sebesar 1% kemudian diumpungkan secara bersamaan dengan produk bawah Rotary Dryer (B-240) menuju Belt Conveyor (J-251) untuk proses pendinginan dengan Rotary Cooler (B-250). Padatan yang terbawa udara dialirkan menuju yang diumpungkan secara bersamaan dengan produk bawah Rotary Cooler (B-250) menuju Bucket Elevator (J-311) untuk proses berikutnya. Dimana udara yang berasal dari Cyclone (H-244) dan Cyclone (H-252) dikeluarkan menjadi gas buang.

3) Unit Pengendalian Produk

Setelah melalui Bucket Elevator (J-311) suhu kristal garam turun menjadi 30°C yang kemudian akan diumpungkan menuju

Ball Mill (C-510) untuk dihancurkan agar menghasilkan ukuran yang telah ditentukan yaitu 50 mesh. Setelah itu diseragamkan ukurannya menggunakan Screener (H-320), produk yang tidak lolos saringan di-recycle kembali ke Ball Mill. Kristal NaCl yang sudah sesuai diumpungkan menuju Tangki Penyimpanan (F-330) dengan menggunakan bantuan Belt Conveyor (J-321). Proses dalam unit ini terdapat pada Gambar 9.

IV. MATERIAL BALANCE

Berdasarkan perhitungan *material balance* dari Pra Desain Pabrik Garam Farmasi dari Air Laut dengan Metode *Multiple Effect Evaporator* dengan asumsi pabrik beroperasi 24 jam selama 300 hari per tahun. Dibutuhkan bahan baku air laut sebanyak 167.213,8950 kg/jam untuk menghasilkan garam farmasi sebanyak 1250 kg/jam atau 9.000 ton/tahun.

V. ANALISA EKONOMI

Dengan estimasi umur pabrik selama 1 tahun, didapatkan *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 14,79% yang dimana nilainya lebih besar dari bunga pinjaman bank sebesar 8.00% dan WACC sebesar 12.36%. Kemudian didapatkan *Pay Out Time (POT)* sebesar 5,71 tahun, *Net Present Value (NPV)* sebesar Rp 124.771.039.858, dan *Break Even Point (BEP)* sebesar 20,91%.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan perencanaan operasi pabrik dilakukan selama 24 jam selama 300 tahun secara kontinyu dengan kapasitas produksi 9.000 ton/tahun yang membutuhkan bahan baku air laut sebanyak 167.213,8950 kg/jam dengan asumsi umur pabrik selama 10 tahun dan masa konstruksi 2 tahun. Dari

hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Pembiayaan yang terdiri dari: modal tetap (FCI) sebesar Rp129.825.036.987,01, modal kerja (WCI) sebesar Rp22.910.300.644,77, modal total (TCI) sebesar Rp152.735.337.631,78, dan biaya produksi per tahun sebesar Rp 87.307.613.130,53, serta hasil penjualan per tahun sebesar Rp 180.000.000.000,00. (2) Rentabilitas terdiri dari: masa konstruksi selama 2 tahun, pengembalian pinjaman selama 10 tahun, bunga bank yang diberikan sebesar 8%, laju inflasi sebesar 1,62%, IRR sebesar 14,79%, kemudian *pay out time* yaitu selama 5,71 tahun, dan NPV sebesar Rp124.771.039.858,90.

Dari perhitungan analisa ekonomi pendirian pabrik garam farmasi ini dapat disimpulkan bahwa pabrik garam farmasi layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. T. Yowanda, J. MT.S, and A. D. Lestari, "Studi potensi garam di Utara Khatulistiwa Kalimantan Barat," *J. PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v8i2.49155>.
- [2] Y. Tansil, Y. Belina, and T. Widjaja, "Produksi garam farmasi dari garam rakyat," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, Dec. 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16427.
- [3] Sudarto, "Teknologi proses pegaraman di Indonesia," *J. Manaj. Sumber Daya Perair.*, vol. 7, no. 1, pp. 13–25, 2011.
- [4] M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th Edition*. Singapore: McGraw-Hill, 2003.
- [5] E. Hugot, *Handbook of Cane Sugar Engineering*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V., 1995.
- [6] W. L. Faith, F. A. Lowenheim, and M. K. Moran, *Faith, Keyes, and Clark's Industrial Chemicals*, 4th editio. New York: Wiley, 1975.
- [7] M. J. Kirschner *et al.*, "Oxygen," in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 7th editio., Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2017, pp. 1–32.
- [8] A. Wang and W. Wang, "Superabsorbent Materials," in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [9] D. W. Kaufmann, *Sodium Chloride: The Production and Properties of Salt and Brine*. New York: Reinhold Pub. Corp, 1960.
- [10] B. Suwasono, A. Munazid, and A. W. Widodo, *Pemetaan dan Identifikasi Fisika-Kimia Sumber Daya Air Laut Sebagai Bahan Baku Pembuat Garam di Wilayah Pesisir Jawa Timur*. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Hang Tuah Surabaya, 2013.

[1] V. T. Yowanda, J. MT.S, and A. D. Lestari, "Studi potensi garam di