

Pra Desain Pabrik Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) dari *Bittern*

Inti Rohmania, Nur Azizatur Rohmah, Ali Altway dan Susianto
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: alimohad@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—*Bittern* merupakan salah satu *by-product* dari proses produksi garam berupa cairan pekat dengan kadar >29°Be. *Bittern* memiliki beberapa kandungan ion mineral diantaranya Na⁺, Mg²⁺ dan Cl⁻. Lokasi terpilih dalam pendirian pabrik ini direncanakan di Kabupaten Sampang, Jawa Timur pada tahun 2027 dengan kapasitas produksi sebesar 1.850 ton/tahun. Proses yang digunakan dalam pembuatan Mg(OH)₂ dari *bittern* yaitu presipitasi magnesium menggunakan NaOH dengan pertimbangan *yield* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan penggunaan senyawa basa lainnya. Secara umum, proses ini dibagi menjadi tiga unit proses, yaitu proses *pre-treatment* bahan baku, proses presipitasi magnesium, proses *drying* dan *milling*. Tahap *pre-treatment bittern* dilakukan secara dua tahap, yaitu filtrasi *charcoal* dan pengurangan ion Ca²⁺. Filtrasi *charcoal* bertujuan untuk menghilangkan zat *chroma* dan zat pengotor yang terikat dalam *bittern*, serta pengikatan kadar kalsium dalam *bittern* menggunakan H₂SO₄. Tahap presipitasi magnesium bertujuan untuk mengikat ion-ion Mg²⁺ dalam *bittern* dan bereaksi dengan ion (OH⁻) dari NaOH sehingga menghasilkan Mg(OH)₂. Dimana Mg(OH)₂ memiliki nilai kelarutan senyawa yang paling rendah diantara senyawa lain yang terbentuk, sehingga terjadi adanya pengendapan dan dapat dengan mudah dilakukan pemisahan dan pencucian pada proses selanjutnya. Tahap *drying* dan *milling*, terjadi proses pengeringan cake Mg(OH)₂ untuk menghilangkan kadar air yang tersisa dengan bantuan panas secara berlawanan serta terjadi proses *size reduction* untuk menghasilkan ukuran yang seragam (100 mesh). Untuk mendirikan pabrik Mg(OH)₂ dengan kapasitas 1.850 ton/tahun dibutuhkan modal investasi sebesar Rp. 214.287.272.351 yang diperoleh dari modal sendiri sebesar 30% dan pinjaman jangka pendek dengan bunga 8% per tahun sebesar 70%. Dari analisa ekonomi, didapatkan penaksiran modal (CAPEX) sebesar Rp. 186.813.411.607 dan biaya operasional (OPEX) sebesar Rp. 54.947.721.488. Hasil penjualan produk per tahun sebesar Rp. 92.500.000.000 dengan IRR 15,94%, POT selama 6,05 tahun, NPV sebesar Rp. 135.472.885.944 dan WACC sebesar 7,24%. Berdasarkan analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena nilai WACC < IRR.

Kata Kunci—*Bittern*, Magnesium Hidroksida, Presipitasi.

I. PENDAHULUAN

PRODUKSI garam nasional saat ini telah tercatat sebanyak 1,3 juta ton. Kontribusi produksi garam tersebut berasal dari jenis usaha tambak sebanyak 1,1 juta ton dan non tambak (PT. Garam) sebanyak 219.852 ton. Pada suatu industri garam, air *bittern* merupakan salah satu produk samping dari proses kristalisasi yang berupa cairan pekat dengan kadar >29° Be (Baume). Kandungan ion pada *bittern* diantaranya magnesium (Mg²⁺), kalium (K⁺), natrium (Na⁺), klorida (Cl⁻), sulfat (SO₄²⁺) dan senyawa minor lainnya [1]. Magnesium merupakan salah satu kandungan yang paling dominan pada *bittern*. Dalam 1 ton produksi garam dapat menghasilkan *bittern* sebanyak 1,9 m³.

Selama ini, proses yang sering dilakukan untuk mengolah

bittern adalah pengembalian (*recycle*) air *bittern* dari ladang pegaraman menuju proses pengkristalan garam atau pembuangan langsung ke laut untuk air *bittern* yang telah mengalami kejenuhan. Secara teori, *bittern* pada 28,5-30,0° Be masih mengandung 4-5% (w/v) artinya kandungan Mg-nya adalah sebanyak 4-5% dalam 1 m³ *bittern*. Mineral Mg dapat berpotensi sebagai antasida, bahan tahan api, zat aditif dalam industri *pulp and paper*, bahan koagulan dan sebagainya. Dengan adanya kandungan Mg yang tinggi, *bittern* dapat dimanfaatkan dan diolah kembali menjadi produk yang bernilai tinggi seperti Magnesium Hidroksida ((Mg(OH)₂). Hasil analisa kebutuhan Mg(OH)₂ dengan komoditi 63.000.000 gram/tahun yang hanya membutuhkan *bittern* sebagai bahan bakunya sebesar 579.310 liter/tahun (0,1% dari total bahan baku). Hal ini menunjukkan potensi diversifikasi produk *bittern* sangatlah besar mengingat ketersediaan *bittern* yang melimpah, serta harga *bittern* yang hanya Rp 500/liter. Ketersediaan bahan baku *bittern* sangatlah melimpah di Indonesia yakni untuk daerah pengolahan garam Sumenep, Sampang, dan Pamekasan menghasilkan *bittern* sebesar 285 juta liter/tahun.

Pengaplikasian Mg(OH)₂ dengan kemurnian tinggi banyak digunakan sebagai bahan baku penghambat api, bahan pelindung lingkungan dan bahan baku pembuatan obat seperti obat maag, dimana (Mg(OH)₂ bersama-sama Al(OH)₃ sebagai antasida yang bekerja menetralkan asam lambung dan mengaktifkan pepsin. Sementara itu, hampir 95% bahan baku obat (BBO) yang digunakan di industri farmasi Indonesia adalah impor, salah satunya adalah Mg(OH)₂. Saat ini Indonesia mengimpor bahan baku obat terbanyak dari Tiongkok, peningkatan nilai jual dari limbah hasil pembuatan garam (*bittern*) yang ketersediaannya melimpah, namun belum maksimal dalam pemanfaatannya.

II. URAIAN PROSES

A. Teknologi Produksi

Dalam proses mendirikan suatu pabrik, perlu diketahui beberapa teknologi produksi apa saja yang dapat digunakan agar dapat memilih proses yang paling menguntungkan berdasarkan aspek-aspek yang telah ditentukan.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk pemisahan senyawa kimia potensial dari *bittern* diantaranya adalah elektrokimia dan presipitasi. Namun, Menurut United States Patent Office (1963), metode yang efektif dan efisien untuk memisahkan senyawa magnesium dari *bittern* sehingga membentuk Mg(OH)₂ adalah metode presipitasi karena prosesnya yang relatif sederhana dan *yield* yang dihasilkan sekitar 90-99,5% dari total magnesium yang terkandung dalam *bittern*. Metode presipitasi magnesium merupakan proses isolasi senyawa magnesium dengan cara mereaksikan senyawa basa dengan bahan baku sehingga akan membentuk

Tabel 1.
Komposisi Kandungan Mineral dalam *Bittern*

Ion	Kandungan (gr/L)
Na ⁺	66,0
Mg ²⁺	40,8
Ca ²⁺	0,112
K ⁺	11,0
Cl ⁻	198,0
SO ₄ ²⁻	44,7

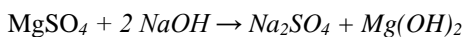
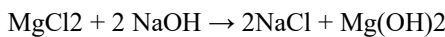
Tabel 2.
Spesifikasi Produk Akhir Mg(OH)₂

Spesifikasi	Standar
Kadar Kemurnian	95-100,5% (<i>dry basis</i>)
Ukuran Partikel	100 mesh
Loss on Ignition	30-33% max
Loss on Drying	2% max
Bebas Alkali	2 mL
Garam Terlarut	2% max
Kadar Ca	1,5% max
Kadar Pb	1,5 ppm max
Titik Lebur	350 °C
Berat Molekul	58,33 g/gmol
Refractive Index	1,559
Kelarutan	Tidak larut dalam air Larut dalam larutan asam dan larutan encer yang mengandung ion NH ₄ ⁺
Densitas	1,248 g/L
Viskositas	1,261 cP
Bau	Tidak berbau
Warna	Bubuk amorf putih atau kristal heksagonal tidak berwarna

Mg(OH)₂ yang mudah mengendap. Senyawa basa yang umum digunakan untuk mengisolasi magnesium dari *bittern* adalah NaOH, Ca(OH)₂ dan NH₃OH [2-3].

1) Presipitasi Dengan Natrium Hidroksida (NaOH)

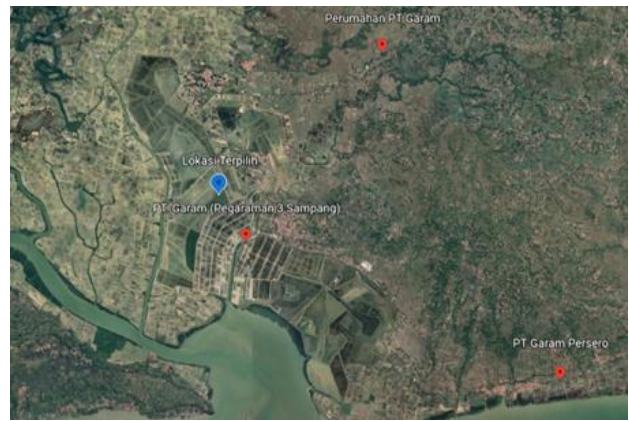
Metode presipitasi dengan menggunakan NaOH diawali dengan proses pretreatment secara fisika dan kimia. Pretreatment fisika berfungsi untuk menghilangkan material padat dalam *bittern* menggunakan proses filtrasi dan untuk menghilangkan zat warna pada *bittern* dengan menggunakan karbon aktif. Sedangkan, pretreatment secara kimia berfungsi untuk menghilangkan ion kalsium dalam *bittern* dengan melakukan penambahan asam sulfat. Setelah proses pretreatment, akan dilakukan penambahan NaOH yang berperan sebagai reagen pada proses presipitasi yang berfungsi untuk mengisolasi Mg. Penambahan NaOH dilakukan secara perlahan dengan dilakukan pengadukan. Reaksi antara Mg²⁺ dan NaOH adalah sebagai berikut:



Reaksi diatas akan menghasilkan endapan Mg(OH)₂ yang berwarna putih. endapan Mg(OH)₂ harus dilakukan pencucian beberapa kali dan filtrasi untuk dapat menghasilkan Mg(OH)₂ dengan kemurnian tinggi. Kemurnian Mg(OH)₂ yang dihasilkan bisa mencapai 94-99,5% [2-3].

2) Presipitasi Dengan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Metode presipitasi dengan menggunakan reaktan Ca(OH)₂ telah dipatenkan oleh M. G. Mastin pada tahun 1938 efisien untuk mengolah *bittern* menjadi Mg(OH)₂. Proses ini diawali dengan pretreatment untuk menghilangkan impurities berupa padatan yang tidak dibutuhkan dengan cara filtrasi dan penambahan CaCl₂ untuk mencegah terbentuknya padatan CaSO₄ pada proses

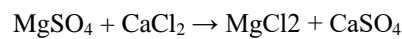


Gambar 1. Lokasi terpilih sampang.

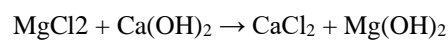
Tabel 3.
Data Ketersediaan *Bittern*

Total	Ketersediaan <i>Bittern</i> (m ³)	Pertumbuhan
2017	526.500	
2018	522.236	-0,01
2019	855.203	0,64
2020	417.719	-0,51
Rata-rata		0,04

presipitasi. Reaksi dari penambahan CaCl₂ adalah sebagai berikut:



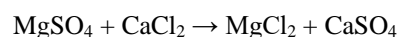
Dalam proses ini Ca(OH)₂ yang digunakan diperoleh dari kalsinasi CaO. Proses presipitasi menggunakan reaktan Ca(OH)₂ hampir sama dengan menggunakan reaktan NaOH. Reaksi Mg²⁺ dan Ca(OH)₂ adalah sebagai berikut:



Dari reaksi diatas, didapatkan reaksi samping berupa CaCl₂ yang akan di-recycle menjadi reagen pada proses pretreatment. Presipitasi menggunakan reagen Ca(OH)₂ memiliki kelebihan yaitu harganya yang murah dan menghasilkan reaksi samping yang dapat di-recycle kembali dalam proses produksi. Akan tetapi, reagen Ca(OH)₂ juga memiliki kelemahan yaitu Mg(OH)₂ yang dihasilkan akan mengandung impurities yang cukup tinggi karena Ca(OH)₂ memiliki kelarutan sangat rendah dalam air yaitu 0,159 g/100g H₂O pada 25°C. Kemurnian Mg(OH)₂ yang dihasilkan adalah < 90% [2-4]

3) Presipitasi Dengan Amonium Hidroksida (NH₄OH)

Metode presipitasi dengan amonium hidroksida (NH₄OH) ini telah dipatenkan oleh Carmela B.A pada tahun 1963. Metode ini, memiliki tahap yang hampir sama dengan presipitasi dengan reaktan Ca(OH)₂. Reaksi yang terjadi pada metode ini adalah sebagai berikut:



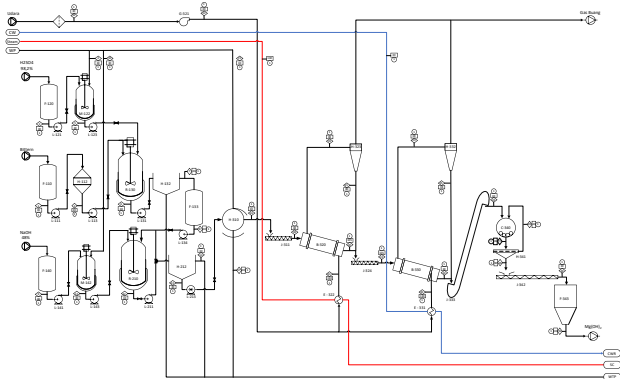
Membentuk endapan dipisahkan dengan filtrat dan dilakukan pencucian. Filtrat hasil reaksi akan di recycle dengan menambahkan Ca(OH)₂ untuk memisahkan NH₄ dengan klorin. Reaksi yang terjadi dalam proses recycle tersebut adalah :



Hasil reaksi akan digunakan kembali menjadi reaktan pada proses presipitasi dan CaCl₂ akan digunakan kembali sebagai reagen pada proses pretreatment kimia. Mg(OH)₂ yang mengendap akan dilakukan pencucian secara bertahap

Tabel 4.
Kandungan Senyawa dalam *Bittern*

Senyawa	Kandungan (gr/L)
NaCl	167,77
Na ₂ SO ₄	55,39
MgCl ₂	100,3
MgSO ₄	56,01
Ca(Cl) ₂	0,28
CaSO ₄	0,49
KCl	22,09
K ₂ SO ₄	38,02
H ₂ O	559,62



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan Mg(OH)₂.

untuk bisa mendapatkan kemurnian yang tinggi dan dikeringkan. Kemurnian Mg(OH)₂ yang dihasilkan adalah 93,5 – 98,3% [6].

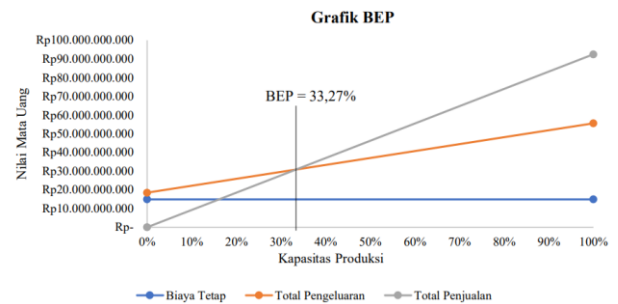
B. Ketersediaan Bahan Baku dan Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk akhir Mg(OH)₂ disajikan pada Tabel 2. Spesifikasi produk akhir produk Mg(OH)₂ yang digunakan sesuai dengan *pharmaceutical grade*, hal ini dikarenakan target produk yang dihasilkan digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri farmasi nasional. Bubuk Mg(OH)₂ digunakan dalam pembuatan preparat antasida dan suplemen mineral. Perbedaan *bulk density* menawarkan pilihan peracikan untuk sistem dosis tablet dan bubuk. Untuk memproduksi Mg(OH)₂ pada perancangan pabrik ini bahan baku utama yang digunakan adalah *bittern* (air tua) yang merupakan cairan pekat yang diperoleh dari sisa kristalisasi proses pembuatan garam. *Bittern* mengandung berbagai mineral, dimana mineral ini terjadi karena tidak ikut mengkristal saat pembuatan garam. Ketersediaan *bittern* akan dipengaruhi oleh produksi garam nasional baik dari jenis usaha tambak maupun non tambak. Pada tahun 2020, produksi garam Indonesia mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi akibat dampak pandemi COVID-19 dan La Nina yang membuat curah hujan meningkat di daerah penghasil garam. Akan tetapi, produksi garam nasional diprediksi akan terjadi kenaikan jika pandemi dan badai berakhir.

Berdasarkan riset Suhelmi (2020), dijelaskan bahwa dari 1 ton produksi garam dapat menghasilkan *bittern* sebanyak 1,9 m³. Seiring dengan kenaikan produksi garam, maka produksi *bittern* turut meningkat. Akan tetapi, hal ini tidak diiringi dengan kenaikan harga *bittern*, yakni hanya sebesar Rp 500/liter. Selama ini, proses yang sering dilakukan untuk mengolah *bittern* adalah pengembalian *bittern* dari ladang pegaraman menuju proses pengkristalan garam atau pembuangan langsung ke laut untuk *bittern* yang telah mengalami kejenuhan. Untuk itu perlu dilakukan optimasi

Tabel 5.
Kebutuhan Bahan Baku untuk Proses Produksi Mg(OH)₂

Senyawa	Bahan Baku (kg/jam)	Produk (kg/jam)
NaCl	167,77	0,408
Na ₂ SO ₄	55,39	0,704
MgCl ₂	100,3	0
MgSO ₄	56,01	0,005
Mg(OH) ₂	0	232,39
Ca(Cl) ₂	0,28	0
CaSO ₄	0,49	0,00001
Ca(OH) ₂	0	0,009
KCl	22,09	0
K ₂ SO ₄	38,02	0,002
H ₂ O	559,62	0,0003
H ₂ SO ₄	36,28	0
HCl	0	0,005
NaOH	101,65	0,010
KOH		0,053
Impurities	32,97	0
Total	3659,05	233,586



Gambar 3. Grafik Break Even Point (BEP).

pemanfaatan *bittern* dengan mengolahnya menjadi produk yang memiliki nilai jual lebih tinggi. Bahan baku utama dalam perancangan pabrik ini direncanakan diambil dari PT. Garam, dimana total *bittern* yang dihasilkan pada tahun 2020 mencapai 417.718 m³ dari jumlah produksi sebesar 219.852 ton. PT. Garam memiliki enam wilayah pegaraman diantaranya Sumenep, Sampang, Pamekasan, Sendir, Bipolo, dan Manyar serta tiga pabrik garam di Segoromadu, Sampang, dan Camplong. Banyaknya ketersediaan bahan baku *bittern* dari PT. Garam menjadikan perusahaan tersebut sebagai pemasok utama bahan baku produksi untuk pabrik yang akan dibuat. Komposisi *bittern* dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan magnesium yang tinggi yakni sebesar 40,8 gr/L dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi produk yang bernilai jual tinggi seperti Mg(OH)₂. Selain bahan baku utama yaitu *bittern*, dalam proses pembuatan Mg(OH)₂ juga dibutuhkan bahan baku pendukung, yaitu Natrium Hidroksida (NaOH).

C. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting dalam perencanaan pabrik karena akan mempengaruhi risiko dan keuntungan perusahaan tersebut secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena lokasi sangat mempengaruhi biaya tetap (*fixed cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang. Dalam manajemen organisasi pada suatu pabrik, lokasi pabrik sebaiknya diperhitungkan pada saat perencanaan, sehingga pabrik yang akan dijalankan tersebut dapat terorganisir pelaksanaannya di masa mendatang. Pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dipengaruhi oleh keadaan, baik itu kondisi alam maupun kondisi sosial pada daerah tersebut. Pada pemilihan lokasi pendirian pabrik Mg(OH)₂ ini,

beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan antara lain ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, aksesibilitas dan fasilitas transportasi, sumber tenaga kerja, ketersediaan utilitas, iklim dan kondisi geografis, dan ketersediaan lahan dan harga tanah. Lokasi terpilih Sampang disajikan pada Gambar 1.

Terdapat dua aspek utama yang digunakan untuk memilih lokasi pabrik diantaranya berdasarkan *resources oriented* dan *market oriented*. Pada perancangan pabrik $Mg(OH)_2$ ini, ketersediaan bahan baku (*resources oriented*) menjadi faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik. Lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku dapat menekan biaya transportasi dan distribusi bahan bakutabel. Berdasarkan data produktivitas dan potensi daerah terkait ketersediaan *bittern* diambil dua opsi lokasi pendirian pabrik $Mg(OH)_2$, yaitu Kabupaten Sampang dan Kabupaten Sumenep. Wilayah tersebut merupakan opsi lokasi terpilih yang dekat dengan bahan baku berupa *bittern* dari PT. Garam dan wilayah pegaramannya.

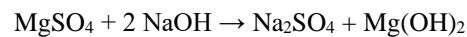
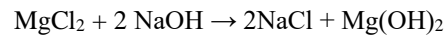
Untuk menghitung prediksi ketersediaan *bittern* yang diproduksi oleh PT. Garam dalam pembangunan Pabrik Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$) dari *Bittern* yang direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2027, diperlukan data ketersediaan *bittern* setiap tahunnya. Data ketersediaan *bittern* dari tahun 2015-2020 ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil seleksi lokasi menggunakan AHP *Expert Choice* dengan nilai inkonsistensi sebesar 2%, Kabupaten Sampang mendapatkan nilai total sebesar 65% sedangkan Kabupaten Sumenep sebesar 35%. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pendirian lokasi pabrik $Mg(OH)_2$ dari *bittern* direncanakan akan dibangun di Kecamatan Pangarengan, Kabupaten Sampang, Jawa Timur [7].

D. Uraian Proses Terpilih

Diagram alir proses pembuatan $Mg(OH)_2$ disajikan pada Gambar 2. Bahan baku dalam pembuatan $Mg(OH)_2$ adalah *bittern* yang diambil dari PT. Garam (Pegaraman 3 Sampang) yang terletak di Camplong, Kabupaten Sampang, Jawa Timur. Kandungan senyawa dalam *bittern* ditunjukkan pada Tabel 4. Tahap awal dari pembuatan $Mg(OH)_2$ adalah akan dilakukan proses *pre-treatment* yang bertujuan untuk menyiapkan bahan baku agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk proses utama. Pada proses *pre-treatment bittern* akan dilakukan dua tahap *pre-treatment* yaitu filtrasi charcoal dan pengurangan ion Ca^{2+} . Mula-mula *bittern* dari Tangki Penampung akan dipompa dengan Pompa Sentrifugal menuju Filter untuk dilakukan proses filtrasi charcoal yang bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor dan untuk menghilangkan zat chroma (zat warna) pada *bittern* agar produk yang dihasilkan memiliki warna yang sesuai dengan spesifikasi. Selanjutnya larutan *bittern* hasil filtrasi diumpankan ke Reaktor (R-140) dengan diinjeksikan H_2SO_4 . Penambahan H_2SO_4 ini bertujuan untuk mengikat ion kalsium pada *bittern* agar nantinya tidak menjadi *impurities* pada $Mg(OH)_2$. Proses pengurangan ion Ca^{2+} berlangsung selama 20 menit dengan dilengkapi pengaduk untuk mempercepat reaksi. Selanjutnya larutan hasil reaksi dipompa menggunakan Pompa Sentrifugal (L-142) menuju *Clarifier* (H-143). Dalam *Clarifier* (H-143) terjadi pemisahan antara *sludge* dan filtrat. *Sludge* yang dihasilkan

akan dialirkan ke *wastewater treatment* dan filtratnya dialirkan ke Reaktor (R-210). Larutan *bittern* dari unit sebelumnya yang dialirkan ke Reaktor (R-210) akan direaksikan dengan larutan NaOH 4% yang dipompa menggunakan Pompa Sentrifugal (L-151) dari Tangki Penampung (F-150). Dalam Reaktor (R-210) yang merupakan reaktor CSTR akan berlangsung proses presipitasi magnesium. Proses ini bertujuan untuk mengikat ion-ion Mg^{2+} dalam *bittern* dan bereaksi dengan ion (OH^-) sehingga menghasilkan $Mg(OH)_2$. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut:



Selanjutnya campuran larutan hasil reaksi kemudian akan dipompa menggunakan Pompa Sentrifugal (L-211) menuju *Thickener* (H-212) untuk memisahkan antara *slurry* $Mg(OH)_2$ dengan filtrat. Filtrat yang dihasilkan akan dialirkan ke kembali menuju Reaktor (R-210) dengan bantuan Pompa Sentrifugal (L-211) untuk dilakukan *recycle* agar ion Mg^{2+} yang belum bereaksi dapat terkonversi dan *slurry* $Mg(OH)_2$ akan dialirkan ke dalam *Rotary Vacuum Drum Filter* (H-310) dengan bantuan *Screw Pumps* (L-213). Dalam *Rotary vacuum drum filter* (H-310) akan terjadi dua proses yaitu pencucian dan pemisahan. Pencucian dilakukan dengan menggunakan air proses yang bertujuan untuk menghilangkan *impurities* agar kemurnian $Mg(OH)_2$ yang didapatkan tinggi. Filtrat dari *Rotary Vacuum Drum Filter* (H-310) akan dialirkan ke *waste water treatment* dan *cake* $Mg(OH)_2$ yang keluar akan lanjutkan ke tahap *drying* dan *milling*.

Cake $Mg(OH)_2$ dari *Rotary Vacuum Drum Filter* (H-310) diumpankan ke *Rotary Dryer* (B-320) dengan bantuan *Screw Conveyor*. Pada *Rotary Dryer* (B-320) terjadi proses pengeringan *cake* $Mg(OH)_2$ untuk menghilangkan kadar air yang tersisa dengan bantuan panas secara berlawanan. Padatan $Mg(OH)_2$ dimasukkan ke dalam silinder yang berputar kemudian bersamaan dialirkan udara panas yang dihasilkan dari *Blower* (G-321) yang telah dipanaskan dalam *Heat Exchanger* (E-322). Padatan yang terbawa udara dialirkan menuju *Cyclone* (H-323) kemudian diumpankan secara bersamaan dengan produk bawah *Rotary Dryer* (B-320) menuju *Screw Conveyor* (J-324) untuk proses pendinginan dengan *Rotary Cooler* (B-330). Padatan yang terbawa udara dialirkan menuju *Cyclone* (H-331) kemudian diumpankan secara bersamaan dengan produk bawah *Rotary Cooler* (B-330) menuju *Bucket Conveyor* (J-332) untuk proses selanjutnya. Dimana udara yang berasal dari *Cyclone* (H-323) dan *Cyclone* (H-331) dikeluarkan menjadi gas buang. Padatan $Mg(OH)_2$ dari proses sebelumnya diumpankan menuju *Ball Mill* (C-340) dengan bantuan *Bucket Conveyor* (J-332) untuk dilakukan proses *size reduction*. $Mg(OH)_2$ yang keluar dari *Ball Mill* (C-340) akan diumpankan ke *Screener* (H-341) untuk menghasilkan ukuran yang seragam yaitu 100 mesh. Produk yang tidak lolos saringan di *recycle* kembali ke *Ball Mill* (C-340). Kristal yang sesuai dengan ukuran yang diinginkan diumpankan dengan menggunakan *Belt Conveyor* (J-342) menuju ke Silo (F-343) [7–9]

III. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

Dalam pendirian pabrik, salah satu faktor yang sangat diperlukan adalah analisa pasar untuk menentukan kapasitas produksi, sehingga dapat menentukan penggunaan alat, neraca massa, neraca energi dan hal lain yang berkaitan. Berdasarkan hasil analisa pasar didapatkan perhitungan kapasitas produksi pabrik $Mg(OH)_2$ sebesar 233,586 kg/jam dengan basis perhitungan waktu operasi 330 hari kerja/tahun dan waktu kerja pabrik 24 jam/hari. Kapasitas produksi tersebut dapat memenuhi 50% dari total kebutuhan $Mg(OH)_2$ di Indonesia [7].

Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca energi, didapatkan total kebutuhan *feed (bittern)* sebesar 3.521,117 kg/jam, kebutuhan panas sebesar 16.029.784 kkal dan kebutuhan power sebesar 450 Hp untuk menghasilkan produk $Mg(OH)_2$ dengan *yield* 6,63% [7–13].

IV. ANALISA EKONOMI

Dari analisa ekonomi, didapatkan penaksiran modal (CAPEX) sebesar Rp. 186.813.411.607 dan biaya operasional (OPEX) sebesar Rp. 54.947.721.488. Hasil penjualan produk per tahun sebesar Rp. 92.500.000.000 dengan IRR 15,94%, POT selama 6,05 tahun, NPV sebesar Rp. 135.472.885.944 dan WACC sebesar 7,24%. Berdasarkan analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena nilai WACC < IRR [14].

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi yang harus ditetapkan ketika biaya produksi total tepat sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC), biaya *variable* (VC) dan biaya semi *variable* (SVC) tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai BEP adalah 32,537% sesuai grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3 [10].

V. ANALISA DAMPAK LINGKUNGAN

Pembangunan Pabrik Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$) dari *Bittern* pastinya akan memberikan dampak terhadap aspek sosial dan lingkungan. Dampak ini dapat dirasakan oleh berbagai pihak, baik perusahaan, pemerintah maupun masyarakat luas. Analisa dampak sosial dan lingkungan pendirian Pabrik Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$) disajikan pada Tabel 5.

A. Aspek Sosial

Dalam aspek sosial, masyarakat dapat merasakan dampak sosial berupa peningkatan kesejahteraan, dimana perusahaan dapat menyerap tenaga kerja lokal sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran di daerah tersebut. Selain itu, bagi pemerintah, dampak yang dapat dirasakan yaitu adanya pemasukan berupa pendapatan baik dari pemerintah daerah maupun pemerintah pusat dalam bentuk pajak. Dengan adanya pabrik $Mg(OH)_2$ yang masih belum banyak di Indonesia dapat memberikan peluang daerah untuk lebih dikenal di Indonesia dan juga investor karena lebih terbuka dengan hal baru.

B. Aspek Lingkungan

Menurut ISO 14001, aspek lingkungan adalah segala bentuk aktivitas, kegiatan, produksi yang dilakukan dan

dapat memberikan pengaruh terhadap lingkungan. Industri yang akan berdiri harus menetapkan prosedur maupun mengidentifikasi aspek-aspek yang terkait dengan dampak lingkungan, sehingga mengetahui bagaimana cara meminimalisasi maupun mengatasi masalah-masalah aspek lingkungan yang timbul dari aktivitas atau kegiatan industri. Produksi Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$) yang dilakukan akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Dampak lingkungan dalam pendirian suatu pabrik diantaranya: (1) Lahan hutan atau pertanian berkurang, akan ada beberapa lahan pertanian dan hutan yang beralih fungsi dari lahan yang dilindungi menjadi kawasan industri atau bangunan pabrik. (2) Terjadinya pencemaran lingkungan, antara lain: pertama, polusi udara berupa gas-gas beracun yang dilepaskan pabrik ke udara dapat meningkatkan resiko masyarakat sekitar untuk menderita penyakit pernapasan kronis, penyakit jantung, kanker paru-paru dan berbagai kondisi lainnya. Kedua, pembuangan limbah yang dilakukan secara illegal dapat mengontaminasi saluran air yang menyebabkan kerusakan pada kehidupan lingkungan laut/sungai dan sekitarnya. Limbah yang dibuang dapat berupa bahan kimia, bahan radioaktif, air yang terkontaminasi, gas atau bahan berbahaya lainnya. Limbah-limbah tersebut akan mencemari air sungai/laut yang apabila air yang terkontaminasi limbah dikonsumsi oleh manusia, gejala-gejala kesehatan yang bisa berbahaya bisa timbul. Ketiga, bahan-bahan kimia dan beracun dapat menyebabkan kerusakan struktur dan tekstur tanah. Kerusakan tersebut akan mengkontaminasi makanan yang pada akhirnya akan dikonsumsi dan bahkan dapat mengganggu produktivitas tanaman. Tanah yang tidak tercemar secara langsung bahkan masih bisa membahayakan manusia. Hal ini karena pada saat produksi $Mg(OH)_2$ akan menghasilkan limbah cair berupa brine dengan kadar Na_2SO_4 dan $NaCl$ yang relatif tinggi. Produk samping ini dapat dijual sebagai bahan baku dari pabrik minuman isotonik sehingga bisa mengurangi biaya pengolahan limbah.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan pada perancangan pabrik Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$) dari *Bittern* diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

A. Secara Teknis

Dari segi teknis terdiri dari : (1) Kapasitas rancangan pabrik direncanakan sebesar 233,586 kg/jam; (2) Lokasi pendirian pabrik ialah di Kecamatan Pangarengan, Kabupaten Sampang, Jawa Timur; (3) Produk $Mg(OH)_2$ dengan kemurnian 99,5% sesuai dengan *pharmaceutical grade* sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri farmasi nasional; (4) Ketersediaan bahan baku sangatlah melimpah, sehingga dapat memenuhi produksi $Mg(OH)_2$ sesuai dengan kapasitas pabrik yang direncanakan hingga mencapai umur pabrik 15 tahun.

B. Secara Ekonomis

Dari hasil perhitungan dari analisa ekonomi didapatkan modal investasi sebesar Rp. 214.287.272.351,37, biaya produksi sebesar Rp. 54.947.721.488,28, hasil penjualan produk sebesar Rp.92.500.000.000,00. Nilai IRR yang didapatkan sebesar 15,94% dengan Pay Out Time (POT)

selama 6 tahun 5 bulan, Break Even Point (BEP) sebesar 33,27% dan Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 135.472.885.944,20.

Berdasarkan analisa kelayakan, nilai IRR > WACC sehingga pabrik layak untuk didirikan dan nilai NPV yang didapat adalah positif, sehingga proyeksi pabrik kedepannya akan meraup keuntungan. Umur pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun.

C. Secara Lingkungan

Limbah cair berupa *brine* dapat dijual sebagai bahan baku ke pabrik minuman isotonik atau dilakukan pengenceran agar bisa dibuang ke laut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faizah, N., Indriyani, L., Juwari, and Handogo, "Pra desain pabrik pupuk MgSO₄. 7H₂O dari ittern," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. F141–F144, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.28823.
- [2] Mastin, M. G., Park, G., and Redwood, "Process for Manufacturing Magnesium Hydroxide," *Google Patents*, United States Patent Office, New York, 1938, Serial No. 703,936.
- [3] George W. Waldron, "Production of magnesium hydroxide," *Google Patents*, United States Patent Office, Bay City, 1960, Serial No. 3,127,241.
- [4] Park, J. W., Lee, W. K., and Lee, C. H., "Preparation of nano-magnesium oxide from seawater bittern using decarboxylation/precipitation method," *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, vol. 636, no. 1, pp. 142–148, 2016, doi: 10.1080/15421406.2016.1201398.
- [5] Turek, M., and Gnot, W., "Precipitation of magnesium hydroxide from brine," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 34, no. 1, pp. 244–250, 1995, doi: 10.1021/ie00040a025.
- [6] Lee, S. W., and Lim, J. H., "Recovery of magnesium oxide and magnesium hydroxide from the waste bittren," *Adv. Mater. Res.*, vol. 26, pp. 1019–1022, 2007, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.26-28.1019.
- [7] Peter, M., and Timmerhaus, K., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, vol. 4. McGraw-Hill, 2003, ISBN: 9780070496132.
- [8] Green, Don and Perry, R. H., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. McGraw-Hill Education, 2008, ISBN: 9780071593137.
- [9] Ulrich, G. D., *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Wiley New York, 1984, ISBN: 9780471082767.
- [10] Walas, S. M., *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann, 1988, ISBN: 9780750693851.
- [11] Geankoplis C. J., *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. PTR Prentice Hall, 1993, ISBN: 9780139304392.
- [12] Himmelblau, D. and Riggs J. B., *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Pearson Education, 2003, ISBN: 9780131233683.
- [13] Kern, D., *Process Heat Transfer*. Mc Geawill Book Company, 1950, ISBN: 0070853533.
- [14] Brownell, L. E., and Yong, E. H. *Process Equipment Design: Vessel Design*. John Wiley & Sons, 1959, ISBN: 9780471113195.