

Pra Desain Pabrik Pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern*

Nur Faizah, Liga Indriyani, Juwari dan Renanto

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: joecheits@yahoo.com

Abstrak—Ketersediaan bahan baku *Bittern* (limbah garam) yang melimpah di Indonesia dan masih belum terproduksi sendiri oleh Indonesia menjadikan prospek pendirian pabrik pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern* di Indonesia ini sangat bagus karena selama ini Indonesia masih impor pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari luar negeri. Selama ini *Bittern* seringkali dibuang langsung di perairan oleh masyarakat padahal kaya akan kandungan magnesium dan unsur lainnya. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri, salah satunya dapat digunakan untuk pupuk pertanian. Dalam pertanian, magnesium sulfat digunakan untuk memenuhi kurangnya magnesium atau belerang dalam tanah, magnesium merupakan elemen penting dalam molekul klorofil, dan sulfur adalah makronutrien penting lainnya. Dengan melihat tingkat konsumsi yang semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat pula, pada masa yang akan datang, kebutuhan Indonesia akan pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ akan semakin bertambah oleh karena itu didirikan Pabrik pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern* ini tujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam maupun luar negeri. Bahan baku pembuatan pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ adalah *Bittern*, dengan bahan pembantu Natrium hidroksida (NaOH) dan larutan asam sulfat (H_2SO_4). Karena sampai saat ini, pemenuhan kebutuhan pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern* sebagian besar masih impor dari negara seperti China dan India. Berdasarkan analisis ekonomi, laju pengembalian modal (IRR) pabrik ini sebesar 89,98% pada tingkat suku bunga per tahun 12%, dengan laju inflasi sebesar 4% per tahun. Sedangkan untuk waktu pengembalian modal (POT) adalah 2,5 tahun dan titik impas (BEP) sebesar 33% melalui cara linear. Umur dari pabrik selama 10 tahun dan masa konstruksi adalah 2 tahun. Untuk memproduksi pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern* sebanyak 20.000 ton/tahun, diperlukan biaya total produksi per tahun (TPC) sebesar Rp 211.692.880.452,00 dengan biaya investasi total (TCI) sebesar Rp 145.044.056.977,00 dan total penjualan sebesar Rp 220.000.000.014,00 Dengan melihat aspek penilaian analisis ekonomi dan teknisnya, pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dari *Bittern* ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci—*Bittern*, Desain pabrik, Epsomite, Pupuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

I. PENDAHULUAN

KEBUTUHAN akan sumber mineral untuk kelangsungan hidup manusia semakin meningkat, baik kebutuhan fisiologis maupun penunjang aktivitas manusia. Kebutuhan tersebut sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan

kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang pesat. Hal itu mengakibatkan para ilmuwan terus melakukan upaya pencarian dan pengelolaan sumber-sumber yang ada. Dalam pencarian dan pengelolaan sumber-sumber mineral tersebut tentu diharapkan mendapatkan sumber mineral yang melimpah.

Mineral natrium, kalium, magnesium dan kalsium merupakan mineral yang sangat esensial bagi sistem fisiologis maupun penunjang aktivitas manusia. Mineral – mineral tersebut sangat dibutuhkan dalam pembuatan pupuk. Pupuk merupakan salah satu sumber nutrisi utama yang diberikan pada tumbuhan. Dalam proses pertumbuhan, perkembangan dan proses reproduksi setiap tumbuhan membutuhkan nutrisi berupa mineral dan air. Nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan diserap melalui akar, batang, dan daun. Nutrisi tersebut memiliki berbagai fungsi yang saling mendukung satu sama lainnya dan menjadi salah satu komponen penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian.[1]

Seiring dengan kebutuhan peningkatan produktivitas pertanian, salah satu produk pupuk yang dibutuhkan namun belum terproduksi di Indonesia adalah Epsomite. Epsomite dapat digunakan sebagai : pupuk tanaman, suplemen makanan ternak, obat, campuran pewarnaan tekstil, *coagulating agent* dalam industri karet dan tekstil.

Telah dilakukan suatu penelitian mengenai pembuatan epsomite yang mana dalam penelitian tersebut menyatakan bahwa epsomite dapat dibuat dari *bittern*. *Bittern* atau yang selama ini dikenal dengan istilah air tua sisa merupakan air sisa proses pegaraman pada industri pembuatan garam. Selama ini *bittern* seringkali dibuang langsung di perairan oleh masyarakat padahal kaya akan kandungan magnesium dan unsur lainnya [2].

Selain itu, selama ini *bittern* juga hanya digunakan untuk menambah konsentrasi air laut dan sebagian lagi dikembalikan ke laut oleh para petani garam. *Bittern* memiliki kandungan unsur Magnesium yang cukup besar dan cukup berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan magnesium sulfat heptahidrat atau epsomite.

Bittern mengandung berbagai senyawa seperti magnesium sulfat (MgSO_4), natrium klorida (NaCl), magnesium klorida (MgCl_2), kalium klorida (KCl), kalsium klorida (CaCl_2). Kandungan mineral-mineral dalam *bittern* sebagian termasuk hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman maupun plankton, seperti ion Mg^{2+} , K^+ dan Ca^{2+} . Kandungan unsur mineral *bittern* sangat berharga dan akan meningkat nilainya jika dijadikan produk pupuk [3].

Tabel 1.
Konsentrasi senyawa makro didalam air tua pada *density* 29 s/d 30,5 °Be [4]

| No. | ° Be | Konsentrasi (g/l) | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | 29 | 29,5 | 30 | 30,5 |
| Senyawa/bahan | | | | | |
| 1 | MgSO ₄ | 61,5 | 56,0 | 68,5 | 75,5 |
| 2 | NaCl | 152,9 | 167,8 | 144,8 | 136,7 |
| 3 | MgCl ₂ | 128,0 | 115,7 | 137,7 | 147,5 |
| 4 | KCl | 23,3 | 21,0 | 25,2 | 27,2 |

Tabel 2.
Konsentrasi mineral makro didalam air tua pada *density* 29 s/d 30,5 °Be

| No. | ° Be | Konsentrasi (g/l) | | | |
|---------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | 29 | 29,5 | 30 | 30,5 |
| Mineral | | | | | |
| 1 | Mg | 40,8 | 45,05 | 48,9 | 52,8 |
| 2 | K | 11,0 | 12,2 | 13,2 | 14,2 |
| 3 | Na | 66,0 | 60,1 | 56,9 | 53,7 |
| 4 | Cl | 198,0 | 199,2 | 202,5 | 205,8 |
| 5 | SO ₄ | 44,7 | 49,1 | 54,6 | 60,2 |

Bertambahnya kemajuan suatu negara maka akan bertambah pula tingkat kebutuhan akan Magnesium Sulfat. Kebutuhan akan Magnesium Sulfat terutama Garam Epsomit (MgSO₄.7H₂O) sebagai pupuk dalam pertanian sangat tinggi, terbukti pupuk MgSO₄.7H₂O di negara kita masih mengandalkan produk impor dari luar negeri.

Melihat tingkat konsumsi yang semakin meningkat pada tahun terakhir seiring dengan kebutuhan pertanian atau perkebunan yang terus meningkat pula, pada masa yang akan datang, kebutuhan Indonesia akan MgSO₄.7H₂O akan semakin bertambah dan diperkirakan akan memiliki prospek yang bagus karena pemanfaatannya yang bagus untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan bahan baku *Bittern* melimpah dan belum dimanfaatkan di Indonesia serta masih sangat sedikitnya industri yang memproduksi MgSO₄.7H₂O di Indonesia menjadikan prospek pendirian pabrik pupuk epsomite di Indonesia sangat bagus untuk tahun-tahun berikutnya.

II. URAIAN PROSES

A. Tipe-Tipe Proses

Beberapa sumber alam yang dapat dimanfaatkan untuk memperoleh MgSO₄.7H₂O, antara lain :

1) Brines

Sedikit kandungan bromine yang terkandung di dalamnya dihilangkan dengan menggunakan klorin. Mg(OH)₂ diendapkan dengan menggunakan *pure slaked dolomite*

(calcined dolomite), kemudian dicuci hingga menghasilkan slurry yang mengandung 45% Mg(OH)₂.

2) Air laut

Pada proses pembuatan epsomite dari air laut ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

a. Air laut dengan penambahan dolomite

Air laut yang digunakan dalam proses ini harus sudah di-*softened* terlebih dahulu menggunakan dolomite yang terkalsinasi, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor bersamaan dengan penambahan dolomite yang terkalsinasi sehingga diperoleh Mg(OH)₂ yang dimurnikan dengan menggunakan *thickener*, *washer*. Slurry Mg(OH)₂ yang diperoleh disimpan di storage tank, kemudian difilter secara *vacuum* sehingga diperoleh Mg(OH)₂ yang siap diolah lebih lanjut.

b. Air laut dengan penambahan *lime* tanpa evaporasi

Air laut dan *lime* yang telah dicampur dimasukkan ke dalam *floculator*, kemudian dipisahkan dari pengotornya menggunakan *clarifier* dan *sand filter*. Mg(OH)₂ dalam bentuk slurry akan diperoleh setelah dipisahkan sekali lagi dari pengotornya dengan bantuan penambahan *milk of lime*, kemudian dicuci di *wash tower*.

3) Bittern

Terdapat beberapa proses untuk mendapatkan epsomite dari air tua atau *bittern*, yaitu dengan cara pendinginan air laut secara alami (*natural cooling*), pendinginan buatan (*artificial cooling*), dan dengan cara presipitasi magnesium.

a. Pendinginan air laut secara alami (*natural cooling*)

Bittern atau air tua yang mengandung garam MgSO₄ disimpan dalam kolom terbuka dengan kedalaman sekitar 4 m. Dengan penurun temperatur pada musim dingin hingga sekitar 5 °C, maka akan diperoleh endapan epsomite (MgSO₄.7H₂O). Kelemahan metode ini adalah tidak dapat dilakukan secara kontinu karena hanya dapat dilakukan pada musim dingin, dengan yield hanya berkisar 35% dari total MgSO₄ yang ada. Di samping itu, produk yang dihasilkan mengandung banyak *impurities* dan hasil yang diperoleh tidak akan konstan setiap tahun karena sangat bergantung pada beberapa titik temperatur yang bisa dicapai.

b. Pendinginan buatan (*artificial cooling*)

Artificial cooling dilakukan dengan cara mendinginkan *bittern* atau air tua secara gradual hingga temperatur sekitar 0 °C dengan menggunakan pendingin buatan, yaitu *refrigerant* sebagai media pendingin. Pada tiap *stage* pendinginan dilakukan proses dengan suhu antara 1 – 2 °C agar terbentuk kristal dengan ukuran seragam, yaitu sekitar 0,5 mm. Endapan yang dihasilkan berupa garam epsomite yang diinginkan. Yield yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 80% dari MgSO₄ total.

c. Presipitasi magnesium

Presipitasi magnesium (isolasi magnesium) adalah pengendapan magnesium dengan sedikit basa sehingga terbentuk Mg(OH)₂. Basa yang biasanya digunakan adalah NaOH dan Ca(OH)₂. Pada reaksi pembentukan MgSO₄ juga dilakukan dengan cara yang sama, yaitu dengan menggunakan H₂SO₄. Berikut ini adalah perbedaan antara isolasi magnesium dengan NaOH dan Ca(OH)₂:

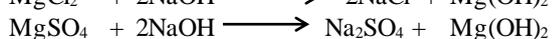
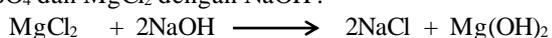
- Isolasi magnesium dengan NaOH
Penggunaan NaOH sebagai reaktan untuk mendapatkan magnesium hidroksida $Mg(OH)_2$ sehingga terjadi reaksi pengendapan secara lebih cepat. Selain itu endapan yang dihasilkan lebih putih.
- Isolasi magnesium dengan $Ca(OH)_2$
Penggunaan kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ sebagai reaktan untuk mendapatkan $Mg(OH)_2$ menyebabkan terjadinya reaksi pengendapan yang lebih lambat. Endapan yang dihasilkan berwarna agak keruh. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi kalsium dengan sulfat yang terkandung pada bittern $MgSO_4$.

B. Bahan Baku Yang Digunakan

1. Bittern atau air tua (Limbah Garam)
Bittern atau air tua merupakan limbah garam yang diperoleh dari PT. Garam (Persero) dan pegaraman rakyat yang digunakan sebagai bahan baku utama merupakan potensi besar untuk menambah devisa Negara karena jumlahnya melimpah, harga murah dan memiliki nilai jual yang cukup tinggi.
2. NaOH
NaOH merupakan bahan kimia yang mudah didapat, umum digunakan, murah dan berada dalam bentuk padatan sehingga memudahkan penyimpanan. Serta menurut penelitian NaOH lebih baik digunakan untuk pengendapan $Mg(OH)_2$ daripada larutan $Ca(OH)_2$, karena dengan larutan $Ca(OH)_2$ endapan $Mg(OH)_2$ yang didapat masih tercampur $Ca(OH)_2$ sehingga perlu adanya proses pemisahan. Sedangkan hasil $Mg(OH)_2$ yang diendapkan dengan menggunakan NaOH yaitu sekitar 90%. (Saraswati dkk,1998). NaOH yang akan digunakan dalam pra desain pabrik pupuk $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ini adalah NaOH 40% (NaOH teknis yang dijual dipasaran) bukan NaOH padat yang dilarutkan. Hal ini ditunjukkan untuk mengurangi biaya perancangan, biaya operasi, serta biaya pemeliharaan tangki pelarutan NaOH.
3. Asam Sulfat (H_2SO_4)
 H_2SO_4 merupakan bahan baku yang mudah didapat dan relatif murah. Selain itu, H_2SO_4 juga mudah larut tanpa memerlukan treatment khusus. H_2SO_4 yang digunakan adalah H_2SO_4 40% Yang diperoleh dari pengenceran H_2SO_4 98%. Pengenceran ini dilakukan karena H_2SO_4 teknis yang dijual dipasaran adalah H_2SO_4 98%.

C. Tahapan Proses

Bittern atau air tua merupakan bahan baku utama yang diambil dari limbah garam. Didalam Bittern mengandung garam-garam $MgCl_2$ dan $MgSO_4$. Senyawa tersebut dialirkan ke Reaktor I (R-110) untuk direaksikan dengan NaOH pada suhu $35,7^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Berikut adalah reaksi antara $MgSO_4$ dan $MgCl_2$ dengan NaOH :



Asam Sulfat (H_2SO_4) 98% Dilarutkan didalam Tangki pengenceran (M-214) pada suhu $78,6^\circ C$ agar dihasilkan asam sulfat (H_2SO_4) 40%.

Produk yang terbentuk di Reaktor I yaitu $Mg(OH)_2$ dialirkan menuju Thickener untuk dipisahkan antara komponen $Mg(OH)_2$ yang mengendap dengan garam-garam

yang lain ($2NaCl$ dan Na_2SO_4). Aliran *underflow* yang keluar dari Thickener (H-120) dialirkan menuju ke Reaktor II untuk direaksikan endapan $Mg(OH)_2$ dengan H_2SO_4 40%. Berikut adalah reaksi antara $Mg(OH)_2$ dengan $2H_2O$:



Reaksi diatas terjadi pada suhu $82^\circ C$ dan tekanan 1 atm. $MgSO_4$ yang dihasilkan oleh pada Reaktor II dialirkan ke dalam Evaporator pada 1 atm dan suhu $142,98^\circ C$. Pada Evaporator larutan $MgSO_4$ dipekatkan dengan menggunakan aliran steam pada suhu $170^\circ C$. Suhu keluar Evaporator II (V-220) adalah $124,1^\circ C$. Setelah keluar dari Evaporator II (V-220), $MgSO_4$ tersebut dikristalkan didalam Crystallizer (X-230) pada tekanan 1 atm dan suhu $47^\circ C$ untuk mendapatkan Kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Produk yang Keluar Crystallizer berupa Slurry. kemudian Slurry tersebut diumpukan ke Centrifuge (H-232) untuk dipisahkan antara Kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan *Mother Liquor*. Kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ yang terbentuk kemudian diangkut menuju Rotary Dryer (B-310) dengan Screw Conveyor (J-311) untuk dikeringkan, sedangkan *Mother Liquor* yang tidak mengkristal dikembalikan menuju Evaporator (V-220) untuk dikristalkan kembali. Kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dikeringkan dengan udara kering didalam Rotary Dryer (B-310) pada suhu $110^\circ C$ dan dilanjutkan dengan *size reduction* menggunakan Ball Mill (C-320) dan Vibrating Screen (H- 322) untuk mendapatkan Kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ yang berukuran 150 mesh. Kristal yang berukuran tidak seragam dimasukkan kedalam Ball Mill (C-320) lagi untuk memperoleh produk yang diinginkan. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ seragam yang keluar dari Screening di tampung dalam Silo $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (F-323) dan dilanjutkan pengemasan dalam kantong/karung. Selanjutnya disimpan ditempat penyimpanan pada suhu lingkungan dan kemudian siap didistribusikan.

III. NERACA MASSA

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa, dengan *feed* berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dari *Bittern*, dimana kapasitas *feed* sebesar 1634,47552 kg/jam dan produk yang dihasilkan sebesar 2525,2525 kg/jam [5].

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *Total Cost Investment* pabrik ini sebesar Rp 145.044.056.977,00 dengan bunga 12% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 89,98% dan BEP sebesar 33% dimana pengembalian modalnya selama 2,5 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun [6].

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 89,98% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun dan BEP sebesar 33% dimana pengembalian modalnya selama 2,5 tahun maka pabrik $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dari *Bittern* ini layak didirikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga Laboratorium Perancangan dan Pengendalian Proses Departemen Teknik Kimia FTI – ITS yang telah memberikan dukungan dan saran terhadap penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "Pupuk dan pemupukan," UGM, 1980.
- [2] and E. mahfud Nadia Mirza, Zainuri M, "Prototype pupuk multinutrient berbasis phosphate berbahan dasar limbah garam (bittern) sebagai alternatif solusi penumbuh pakan alami," vol. 8, no. 2, 2015.
- [3] J. Sato, A., Rasmito, A., & Soewarno, "Epsomite crystal from bittern. Department of Chemical Engineering," Institut Teknologi Adhi Tama, 2010.
- [4] J. S. dan N. Sembiring, "Konsentrasi Mineral Makro Didalam Air Tua Di Berbagai Ladang Garam di Kabupaten Sampang, Pamekasan, dan Sumenep," 2002.
- [5] D. M. dan J. B. R. Himmelblau, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering 7th Edition*. New Jersey, 2004.
- [6] K. D. Peters, Max S. and Timmerhauss, *Plant Design and Economics For Chemical Engineerings*. Singapore: Mc Graw Hill, 1991.