

Studi Awal Desain Pabrik Semen Magnesium dari Dolomit

Gin Gin, Ardianto, Siti Machmudah, Sugeng Winardi
 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: machmudah@chem-eng.its.ac.id

Abstrak— Pembangunan di segala sektor saat ini semakin berkembang pesat. Hal ini disebabkan karena bertambahnya jumlah penduduk dunia. Konsumsi semen dunia diperkirakan akan terus meningkat selama 15 tahun mendatang. Produksi semen dunia pada tahun 2005 mencapai 2283 MTA (Milion Ton Annual) dan diperkirakan akan meningkat menjadi 3130 MTA pada tahun 2015, dan 3560 MTA pada tahun 2020. Prospek pasar semen dunia untuk beberapa Negara mengalami peningkatan, yaitu 1% untuk Amerika Utara, untuk South Weast Asia dan Eropa sebesar 70% lebih, dan untuk Asia Tenggara sebesar 90% lebih. Untuk itulah, semen magnesium ini perlu diproduksi untuk memenuhi kebutuhan semen di masa yang akan datang. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan semen magnesium adalah dolomit yang memiliki kandungan 40% $MgCO_3$ dan 59% $CaCO_3$. Bittern sebagai sumber $MgCl_2$ diperoleh dari limbah hasil produksi garam dengan komposisi 1,5% $NaCl$, 1% KCl , 8% $MgSO_4$, 37 % $MgCl_2$, dan 52,5% H_2O . Sedangkan bahan baku lainnya, yaitu $CaCl_2$, diperoleh dari impor limbah pabrik soda ash. Proses pembuatan semen magnesium yang menggunakan proses basah ini dapat diuraikan menjadi 7 tahapan proses, yaitu penyiapan bahan baku, pencampuran dolomit dengan $MgCl_2$, pembentukan clinker, pendinginan produk, pengurangan ukuran clinker, serta penyimpanan dan pengemasan produk serta pengontrolan debu dan flue gas. Berdasarkan studi awal desain pabrik semen magnesium dari dolomit ini, dengan kapasitas produksi 1.508.404 ton/tahun dibutuhkan *Total Capital Investment* sebesar Rp. 2.377.880.870.033. *Internal rate of return (IRR)* sebesar 12% dengan *pay out time (POT)* 5.9 tahun dan *break event point (BEP)* 32%. Dengan IRR sebesar 12% bila dibandingkan bunga pinjaman bank sebesar 11%, maka pabrik semen magnesium dari dolomit ini layak untuk didirikan

Kata Kunci—Semen Magnesium, Dolomit, Bittern.

I. PENDAHULUAN

Pembangunan di segala sektor saat ini semakin berkembang. Oleh karena itu diperlukan banyak fasilitas baru yang perlu dibangun dan dikembangkan. Semen merupakan salah satu bahan penting untuk membuat suatu bangunan. Tidak hanya sebagai bahan perekat, juga digunakan sebagai penguat bangunan dan gedung-gedung tinggi.

Semen Portland adalah perekat hidrolik yang dihasilkan dari penggilingan klinker pada suhu $1550\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang kandungan utamanya *calcium silicate* dan satu atau dua buah bentuk *calcium sulfat* sebagai bahan tambahan. Saat ini semen Portland diproduksi dalam kuantitas besar. Terkait dengan kebutuhan untuk menggiling halus material bahan baku

sebelum dan setelah kalsinasi, biaya untuk memperoleh temperatur tinggi pada kalsinasi, serta energi yang diperlukan, maka biaya produksi semen Portland menjadi cukup tinggi.[1]

Oleh karena itu, didirikan pabrik semen magnesium yang memerlukan biaya produksi lebih rendah dibandingkan dengan semen Portland. Hal tersebut didasarkan pada pembuatan proses pembuatan semen magnesium tidak memerlukan energi yang besar. Pada proses kalsinasi, semen magnesium hanya membutuhkan suhu $600\text{ }^{\circ}\text{C} - 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk semen Portland membutuhkan suhu $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. [2]

Semen magnesium juga menggunakan bahan baku bittern sebagai bahan pembuatan magnesium klorida yang dibutuhkan dalam pembuatan semen magnesium. Bittern merupakan limbah dari produksi garam. Pada umumnya bittern tidak dimanfaatkan oleh petani garam dan hanya dibuang ke laut saja. Tapi dengan adanya pabrik semen magnesium ini, akan memberikan nilai guna pada bittern sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan petani garam.

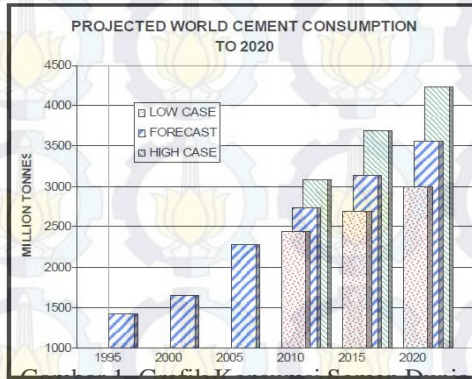
Semen magnesium dapat menjadi produk komoditi ekspor karena penggunaannya masih jarang di Indonesia dan harganya yang relative lebih mahal dari semen Portland. Dengan menggunakan semen magnesium, akan diperoleh produk *concrete* dengan agregat konvensional yang memiliki kekuatan kompresif sebesar 160 MPa atau 24000 psi. Selain itu semen Portland membutuhkan waktu 28 hari setelah pencampuran untuk memperoleh kekuatan maksimum, sementara semen magnesium dapat memperoleh kekuatan hingga sebesar 160 MPa dalam 24 hari setelah pencampuran. [2]

Bahan yang digunakan dalam pembuatan semen magnesium adalah $MgCO_3$ yang berasal dari dolomit ($MgCO_3, CaCO_3$), $MgCl_2$ yang diperoleh dari bittern limbah garam serta $CaCl_2$. Larutan $MgCl_2$ dapat diperoleh dari bittern yang merupakan limbah dari produksi garam. Bittern merupakan larutan sisa penguapan air laut dari proses pembuatan garam yang biasanya tidak dimanfaatkan dan dibuang kembali ke laut dalam jumlah yang relatif banyak. Ketersediaan magnesium di dalam bittern masih cukup banyak. Kandungan yang ada di dalam bittern antara lain KCl 1%; $MgCl_2$ 37%; $MgSO_4$ 8%; $NaCl$ 1.5%; dan H_2O 52.5%. [3]

Sedangkan $CaCl_2$ dalam proses pembuatan semen berfungsi sebagai reaktan yang akan bereaksi dengan ion sulfat yang terkandung di dalam bittern. Karena ion sulfat yang terkandung dalam bittern kurang diinginkan dalam pembuatan semen magnesium. $CaCl_2$ akan bereaksi dengan ion sulfat yang akan membentuk kalsium sulfat ($CaSO_4$) yang biasa disebut

dengan gypsum. Larutan CaCl_2 diperoleh dari pabrik natrium karbonat (Na_2CO_3) di Mithapur, India, yaitu Tata Chemicals.

Salah satu kelebihan semen magnesium adalah memiliki kapasitas untuk berikatan dengan kayu, serat kaca dan mineral, material polimer, serta batu bata. Karena kemampuannya sebagai isolator yang baik, semen magnesium banyak diaplikasikan untuk konstruksi lantai rumah sakit, batu tahan api, isolasi panel, *bunkers*, dan lantai perkantoran. [4]



Gambar 1. Grafik Konsumsi Semen Dunia

Pertumbuhan permintaan semen dunia dari tahun ke tahun akan semakin meningkat. Untuk kawasan Asia permintaan semen diprediksi akan meningkat 29%. Permintaan semen di Afrika juga meningkat 34.8% pada periode 2015 sampai 2020. Peningkatan permintaan semen juga terjadi di Eropa, diprediksi akan menjadi 39.7% pada periode 2015-2020. Dari total peningkatan permintaan semen dunia tersebut, 72% terjadi di Asia dengan rincian, 710 MT (Milion Ton) untuk Asia Timur, 109 MT untuk Asia Selatan, dan 111 MT untuk Asia Tenggara.[1]. Tingginya konsumsi semen dunia dapat dijadikan kesempatan untuk memperkenalkan semen magnesium kepada masyarakat luas. Pemasaran produk semen ini bisa dijadikan sebagai semen kebutuhan khusus dan sebagai komoditi ekspor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Semen Magnesium

Semen magnesium merupakan semen dengan bahan baku bittern sebagai bahan pembuatan magnesium klorida dan dolomit. Bittern merupakan limbah dari produksi garam. Semen magnesium memiliki produk concrete dengan agregat konvensional yang memiliki kekuatan kompresif sebesar 160 MPa atau 24000 psi dalam 24 hari setelah pencampuran. [2]

II.2. Kegunaan Semen Magnesium

Semen magnesium dapat digunakan pada beberapa aplikasi tertentu sebagai Konstruksi lantai industri, decks pada kapal, konstruksi lantai rumah sakit, konstruksi lantai perkantoran, missile silus, ruang bawah tanah, bunkers, konstruksi batu tahan api, penghancur dan pengilap batu, isolasi panel. [4]

Selain itu semen magnesium diaplikasikan pada lantai bangunan tertentu. Sebagai contoh, karena sifatnya yang bukan

merupakan penghantar listrik maka semen magnesium digunakan pada bagian lantai stasiun radar dan stasiun luar angkasa. Namun, penggunaan semen magnesium masih terbatas dalam aplikasinya sebagai beton bangunan. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang korosif, sehingga tidak bisa digunakan apabila rangka bangunan terbuat dari bahan logam. [4]

II.3 Macam-macam Proses Pembuatan Semen Magnesium

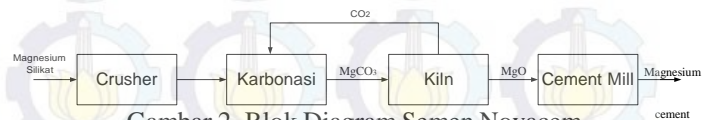
Ada 2 macam semen magnesium yakni semen magnesium menurut Novacem dan Sorel. Kedua jenis semen memiliki perbedaan pada bagian sumber bahan baku maupun proses pembuatannya

1) Semen Novacem

Semen Novacem dibuat dengan bahan baku Magnesium Silika yang dikarbonasi menjadi Magnesium Karbonat dengan menggunakan CO_2 dari hasil kalsinasi Magnesium Karbonat menjadi Magnesium Oxide. Reaksinya seperti berikut :



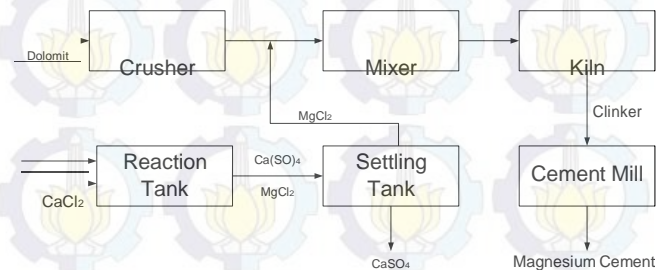
Berikut ini merupakan blok diagram pembuatan semen novacem



Gambar 2. Blok Diagram Semen Novacem

2) Semen Sorel

Semen Sorel dibuat dengan bahan baku dolomit $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ dicampur dengan larutan MgCl_2 sehingga mendapatkan formula $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Berikut ini adalah uraian proses pembuatan Semen Sorel :



Gambar 3. Blok Diagram Semen Sorel

III. URAIAN PENELITIAN

Proses pembuatan semen yang dipilih untuk produksi dalam pabrik ini adalah berdasarkan proses Semen Sorel. Tahapan proses produksinya adalah sebagai berikut:

III.1. Persiapan Bahan Baku

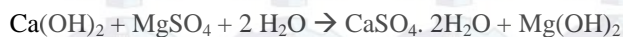
Bahan utama pembuatan semen magnesium adalah dolomit dan larutan MgCl_2 . Bahan baku utama dolomit diperoleh dari tambang dolomit yang diambil di daerah Sidayu Gresik dan Tuban. Spesifikasi bahan baku dolomit dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1.
Spesifikasi Bahan Baku Dolomit

Spesifikasi	Nilai	Satuan
MgCO ₃	40	%
CaCO ₃	59	%
Kandungan H ₂ O	1,94	%
Specific gravity	2,75-2,9	-
Kelarutan	Tidak larut dalam air	-
pH	8-9	-
Melting Point	2800	°C
Boiling Point	3600	°C
Bentuk	padatan	-

Bahan baku kedua yaitu larutan MgCl₂ diperoleh dari limbah air tua sisa penguapan garam atau disebut dengan *bittern*. *Bittern* diperoleh dari daerah Sampang, Madura dengan media transportasi darat. Alternatif lain untuk memperoleh *bittern* adalah dari daerah Rembang, Jawa Tengah. Dari daerah Rembang *bittern* dapat ditransportasikan menggunakan instalasi pipa karena letaknya yang lebih dekat dengan Kabupaten Tuban.

Sumber MgCl₂ diperoleh dari *bittern*. Selain mengandung MgCl₂(37%) *bittern* juga mengandung senyawa lain seperti KCl(1%), MgSO₄(8%), NaCl(1.5%) dan H₂O(52.5%). Senyawa-senyawa ini memberikan pengaruh positif terhadap produk semen yaitu dapat meningkatkan kekuatan semen. Senyawa sulfat dihilangkan dengan cara mereaksikan *bittern* dengan CaCl₂ dengan kondisi suhu operasi di reactor sekitar 50°C agar yang bereaksi optimal adalah CaCl₂ dengan MgSO₄, sehingga terbentuklah endapan CaSO₄ (gypsum). Endapan CaSO₄ dipisahkan dari larutan yang lain dengan menggunakan clarifier. CaSO₄ akan mengendap dan larutan MgCl₂ dan komponen lainnya dialirkan ke dalam *screw conveyor*. Senyawa sulfat tidak diinginkan berada dalam semen karena dapat mengurangi kadar kekuatan semen. Pada saat terjadi reaksi pembentukan semen, memungkinkan akan terbentuk senyawa Ca(OH)₂, senyawa ini akan bereaksi dengan MgSO₄ dan H₂O yang mengakibatkan pertambahan volume dalam campuran mortar sehingga dapat menimbulkan keretakan beton dengan reaksi sebagai berikut, [5]



Selanjutnya dolomit mengalami *size reduction* hingga ukuran rata-ratanya 3 mm. Tujuannya dari proses *size reduction* ini agar permukaan kontakannya dengan MgCl₂ lebih luas sehingga dapat terbentuk pasta saat dicampurkan.

III.2. Persiapan Kiln Feed

Larutan MgCl₂ dan dolomit kemudian dicampurkan di dalam *screw conveyor*. Perbandingannya adalah 7:1 dolomit banding larutan MgCl₂ (fraksi berat). Perbandingan ini agar saat diproses di dalam kiln, beban kiln untuk menguapkan kandungan airnya tidak terlalu besar. [2]

III.3. Proses Pembakaran Produk

Pasta kemudian diproses di dalam kiln. Di dalam kiln terjadi proses penguapan air, kalsinasi, dan clinkerisasi. Kondisi operasi di dalam kiln dipilih pada suhu 900°C. Pada suhu tersebut MgCO₃ akan terbentuk menjadi MgO yang bersifat reaktif namun suhu tidak boleh melebihi ini karena jika lebih dari 1000°C maka CaO yang terbentuk jauh lebih besar dan

magnesium yang hilang lebih besar dan MgO menjadi tidak reaktif (*deadburned*). Di dalam kiln terjadi proses penguapan air, kalsinasi, dan clinkerisasi (pembentukan klinker). Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Bahan bakar yang dipakai adalah batubara jenis bituminus. Pertimbangan ini karena cadangan batubara yang banyak terdapat di Indonesia, secara ekonomis cocok untuk keperluan industri yang banyak dan heating value-nya juga cukup tinggi yaitu sekitar 12000 Btu/lb, kandungan sulfurnya sebesar 0.41%, dan kandungan airnya sebesar 15.01%. Batubara diperoleh dari daerah Kalimantan dengan transportasi melalui kapal laut atau kapal tongkang, dan melalui transportasi darat. Batubara digiling dan dikeringkan dahulu dalam *vertikal mill* sebelum masuk ke dalam kiln. Batubara halus dimasukkan ke kiln bersamaan dengan udara primer (udara luar) dan udara sekunder.

III.4. Pendinginan dan Penggilingan Produk

Dalam proses Produk keluar kiln yang disebut *clinker* pada suhu 900°C didinginkan dalam *cooler* hingga suhu 100 °C dengan menggunakan udara luar yang dihisap oleh blower. Hasil pendinginan disimpan dalam penyimpanan sementara *clinker* yaitu dum *clinker*.

Produk keluaran *clinker storage* digiling dalam *vertical mill* hingga ukuran 90 μm. Setelah proses penggilingan *clinker* pada *vertical mill*, semen *powder* ditransportasikan ke dalam silo menggunakan *pneumatic conveyor* dan dihisap menggunakan *exhaust fan*. Dalam *vertical mill* terdapat *screen* yang berfungsi untuk menahan partikel yang berukuran lebih dari 90μm agar tidak terikut masuk ke dalam silo sehingga dapat digiling kembali di dalam *vertical mill*. Penggilingan *clinker* membutuhkan energi yang banyak. Kemudahan *clinker* untuk digiling sangat sulit untuk diprediksi. Pendinginan yang cepat dari *clinker* dapat meningkatkan kemudahan penggilingan *clinker*. Karena pendinginan yang tiba-tiba menyebabkan adanya *microcracking* di dalam *clinker* sehingga mudah untuk digiling.

Produk semen magnesium ditampung dalam silo semen dan siap untuk di pasarkan dalam bentuk curah maupun kantong. Jika diinginkan bentuk kantong, semen dari silo diumpankan ke bin semen sebagai umpan *packer*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Produksi

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa semen magnesium yang akan diproduksi di Tuban, Jawa Timur mampu menghasilkan semen dengan kapasitas sebesar 1.508.404 ton/tahun dengan parameter sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Produk Semen Magnesium

Spesifikasi	Keterangan
Bentuk	Bubuk (Padatan)
Ukuran	90 μm
Specific gravity	1.69 g/cm^3
Komposisi	
5Mg (OH) ₂ .MgCl ₂ .8H ₂ O	50 % - 60 %
Ash	1.5 % - 2.0 %
CaO	Maksimal 37 %
NaCl	Maksimal 0.6 %
MgCl ₂	Maksimal 7 %
KCl	Maksimal 0.5 %
Compressif strenght	1600 MPa atau 24000 psi

IV.2. Ekonomi

Setelah diperoleh analisis hasil produksi pabrik semen magnesium ini, maka selanjutnya dapat dilakukan analisis

Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisis Ekonomi

Keterangan	Unit	Jumlah
<i>Economic Potential</i>	Rp	3.063.069.268.532
<i>Interest Rate of Return</i>	% per thn	12
<i>Pay Out Time</i>	tahun	5.9
<i>Break Even Point</i>	%	32
Harga Jual Semen Magnesium	USD/ton	20
Harga Jual Gypsum	USD/ton	50
<i>Project life</i>	tahun	50
Waktu Konstruksi	tahun	2
Operasi Per Tahun	hari/tahun	330

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan operasi pabrik Semen Magnesium dari Dolomit ini dilakukan secara kontinyu selama 24 jam/hari selama 330 hari/tahun. Kapasitas produksi pabrik ini sebesar 1.500.000 ton/tahun dengan jumlah pasokan bahan baku Dolomit sebesar 1.679.990 ton/tahun dan Bittern sebesar 554.273,280 ton/tahun. Diperkirakan umur pabrik ini adalah 50 tahun dengan masa konstruksi 3 tahun, dimana rincian analisis ekonomi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total Capital Investment} &= \text{Rp } 3.197.875.506.741,85 \\ \text{Internal Rate of Return} &= 12 \% \\ \text{Pay Out Time} &= 5,9 \text{ tahun} \\ \text{Break Even Point} &= 32\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis ekonomi tersebut, terlihat bahwa IRR sebesar 12 % berada di atas bunga pinjaman bank sebesar 11%, dengan POT pada tahun keempat menginjak tahun kelima. Selain itu, terlihat pula bahwa fluktuasi bahan baku tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kenaikan atau penurunan nilai IRR pabrik. Sehingga pabrik semen magnesium dari dolomit ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. "Ocean Shipping Consultant". Available: <http://www.OceanShippingConsultant.org.id>
- [2] Robert G.D. (1989). *United State Patent Hill Magnesium Cement*.
- [3] Joshi, J.M, Mehta, M.J, Bhat, G.D, Sangavi, J.R. "Twenty Five Years of Research in the Field of Salt and Marine Chemicals".
- [4] Halaris, M.(2000). "Magnesia Cement: Over a Hundred Years Old But Still Novel". Presentation at Industrial Mineral Annual Forum – Minerals in Architectural Markets.
- [5] Austin, George T. "Shreve's Chemical Process Industries". United States: McGraw-Hill. (1984).
- [6] Anonim. <http://www.gunadarma.ac.id/library/articles>.