Available online at https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JMPEindex

Journal of Materials Processing and Environment

e-ISSN Number
3026-1392

Volume 3 Nomor 1 (2025)

PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM OKSIDA DARI MINERAL DOLOMIT DENGAN PROSES DIGESTION KAPASITAS 69.000 TON/TAHUN

(*Pre-Design Magnesium Oxide from Dolomite Minerals with a Digestion Process with Capacity of 69,000 Tons/Year*)

Nur Fitasari*, Qori Aina Indrianti, Nurjannah, Ummu Kalsum

[1]*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No. Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Inti Sari

Pabrik Magnesium Oksida dibuat dengan menggunakan mineral dolomit dengan proses digestion ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri juga mancanegara guna menambah devisa negara. Pembuatan Magnesium Oksida menggunakan rotary kiln dengan proses pembakaran Mg(OH)2 dengan menggunakan batubara di burner yang dihembuskan kedalam rotary kiln pada suhu 870 ˚C. MgO yang keluar dari *rotary kiln* selanjutnya dimasukkan ke dalam rotary cooler. Kapasitas produksi Pabrik Magnesium Oksida ini dirancang 69.000 ton/tahun, Membutuhkan bahan baku mineral dolomit sebesar 359.440 ton/tahun, asam klorida sebesar 278.491 ton/tahun dan natrium hidroksida sebesar 359.714 ton/tahun. Utilitas terdiri dari kebutuhan air, steam, listrik, dan bahan bahan bakar. Pabrik direncanakan didirikan didaerah Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 44.600 m2 . Bentuk Perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem lini dan staff, membutuhkan tenaga kerja 145 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik Magnesium Oksida di atas dibutuhkan modal tetap sebesar Rp. 4,142 triliun, biaya produksi Rp. 3,732 triliun, manufacturing cost Rp. 2,966 triliun dan harga jual produksi sebesar Rp. 4,136 triliun per tahun, dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 364 milyar dan sesudah pajak Rp. 237 milyar per tahun. Profitabilitas meliputi Percent *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 118,46% dan ROI sesudah pajak sebesar 77,00%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 0,78 tahun dan POT sesudah pajak adalah 1,15 tahun. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,19% kapasitas *dan Shut Down Point* (SDP) sebesar 35,57% kapasitas. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisa ekonomi diatas, makan pabrik Magnesium Oksida dari Mineral Dolomit Dengan Proses Digestion Kapasitas 69.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Magnesium Oksida, Asam Klorida, Natrium Hidroksida, Profitabilitas

Key Words: *Magnesium Oxide, Hydrochloric Acid, Sodium Hydroxide, Profitability*

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar
Address
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan
Email :
jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
fitasarinhur0807@gmail.com

CC BY NC SA

Journal History
Paper received : 14 Januari 2025
Received in revised : 26 Januari 2025
Accepted : 09 Februari 2025

Abstract

The Magnesium Oxide Factory is made using dolomite minerals with this digestion process designed to meet domestic and international needs in order to increase the country's foreign exchange. The manufacture of Magnesium Oxide uses a rotary kiln with a combustion process of Mg (OH) 2 using coal in the burner which is blown into the rotary kiln at a temperature of 870 ˚C. The MgO that comes out of the rotary kiln is then put into the rotary cooler. The production capacity of this Magnesium Oxide Factory is designed to be 69,000 tons / year, Requiring raw materials of dolomite minerals of 359,440 tons / year, hydrochloric acid of 278,491 tons / year and sodium hydroxide of 359,714 tons / year. Utilities consist of water, steam, electricity, and fuel needs. The factory is planned to be established in the Gresik area, East Java with a land area of 44,600 m2. The form of the Company is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff system, requiring a workforce of 145 people. Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the Magnesium Oxide plant above, fixed capital of Rp. 4.142 trillion is needed, production costs of Rp. 3.732 trillion, manufacturing costs of Rp. 2.966 trillion and production selling prices of Rp. 4.136 trillion per year, with a profit before tax of Rp. 364 billion and after tax of Rp. 237 billion per year. Profitability includes Percent Return On Investment (ROI) before tax of 118.46% and ROI after tax of 77.00%. Pay Out Time (POT) before tax is 0.78 years and POT after tax is 1.15 years. The Break Even Point (BEP) value is 42.19% of capacity and the Shut Down Point (SDP) is 35.57% of capacity. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, the Magnesium Oxide plant from Dolomite Minerals with a Digestion Process with a Capacity of 69,000 tons/year is feasible to be established.

PENDAHULUAN

Bahan kimia ini cukup banyak digunakan dalam proses industri pupuk, semen, refraktori, bahkan sampai bidang medis. Dengan banyaknya industri yang membutuhkan magnesium oksida dan keberadaan pabrik magnesium oksida yang sampai saat ini belum ada, serta bahan baku untuk pembuatan magnesium oksida sangat berlimpah di indonesia. Sehingga diharapkan dengan pendirian pabrik Magnesium oksida tersebut dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat bersaing secara ekonomi di pasar global dan pada akhirnya akan meningkatkan perekonomian negara dan pengembangan kapabilitas sumber daya manusia. [1].

Dolomit merupakan variasi dari batu gamping ($CaCO_3$) dengan kandungan mineral karbonat >50%. Istilah dolomit pertama kali digunakan untuk batuan 5 karbonat tertentu yang terdapat di daerah Tyrolean Alpina. Dolomit dapat terbentuk baik secara primer maupun sekunder. Secara primer dolomit biasanya terbentuk bersamaan dengan proses mineralisasi yang umumnya berbentuk urat-urat. Secara sekunder, dolomit umumnya terjadi karena terjadi pelindihan (leaching) atau peresapan unsur magnesium dari air laut kedalam batu gamping atau istilah ilmiahnya proses dolomitisasi. [2]

Magnesium Oksida atau (MgO) adalah suatu padatan mineral putih higroskopis dengan struktur mineral kristal tidak berwarna alami dengan titik leleh tinggi yang digunakan di berbagai industi karena produksi skala besar. Magnesium oksida menunjukkan suhu leleh yang tinggi yaitu 2.827 ºC. MgO memiliki konduktivitas listrik yang rendah dan biasa juga disebut sebagai magnesia alba. [3]

Macam – Macam Proses Pembuatan Magnesium Oksida

1. Proses Slaking
   Proses pembuatan MgO dengan proses ini dilakukan dengan tahapan proses kalsinasi, mereaksikan dengan asam klorida, pengkalsinasian MgO menggunakan hidrokarbon dan pengristalan $CaCl_2$. [4]
2. Proses Digestion
   Pada proses ini dilakukan dengan tahapan pelarutan dolomite dengan HCl (digestion), kemudian slurry dinetralkan dengan menggunakan NaOH, penambahan air guna melarutkan garam yang terbentuk, pengeringan dan kalsinasi. [5]

Pemilihan Proses Kondisi operasi tiap proses memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga dilakukan perbandingan antara berbagai proses berdasarkan beberapa tinjauan.

Tabel 1. Perbandingan pemilihan proses ditinjau dari berbagai variabel

Kriteria	Proses	
	Slaking	Digestion
Bahan baku	$CaMg(CO_3)_2$	$CaMg(CO_3)_2$
	H_2O	HCL
	MgCl2	NaOH
		H_2O
Kandungan MgO	85%	93%
Kriteria	Proses	
	Slaking	digestion
Suhu	calcining : 750^oC	Digestion : 80 ^oC
	slaking : 80 ^oC	Netralise 80 ^oC
	Calcining : 450 ^oC	Calcining 870 ^oC
Tekanan	1 atm	1 atm
produk samping	$CaCl_2$	-

Proses ekstraksi MgO dari dolomit dapat dilakukan dengan dua cara yaitu proses *slaking* dan proses *digestion.* Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa proses *digestion* memiliki kelebihan pada suhu operasi, dimana proses kalsinasi hanya berlangsung selama satu kali yang mengakibatkan lebih effesien dalam pemanfaatan panas dibandingkan dengan proses *slaking*. Oleh karena itu, proses *digestion* dapat dipilih dari kondisi operasi yang lebih rendah, konversi yang terjadi pada reaktor dapat mencapai 93% maka dari peninjauan proses tersebut lebih menguntungkan menggunakan proses *digestion.* [6]

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik magnesium oksida dari dolomit adalah kapasitas produksi. Magnesium Oksida merupakan bahan perantara yang dibutuhkan oleh Indonesia. Selama ini Indonesia masih mengimpor magnesium oksida dalam jumlah besar. Di Indonesia belum ada tumbuhan yang menghasilkan magnesium oksida. Tabel di bawah ini menunjukkan data impor Magnesium Oksida dalam beberapa tahun terakhir. [7]

Tabel 2. Data Impor Magnesium Oksida di Indonesia [8]

Tahun	impor (ton/tahun)
2019	116.292,4420
2020	108.321,5680
2021	131.582,1090
2022	140.191,1470
2023	113.195,7480

Untuk mendapatkan nilai kapasitas produksi dibutuhkan nlai ekspor, impor, produksi, dan konsumsi tiap tahunnya. Perhitungan peluang kapasitas sama dengan perhitungan neraca masssa peredaran suatu produk dipasaran.Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027. Untuk menghitung kebutuhan import Magnesium Oksida dapat dihitung dengan persamaan berikut dengan metode discounted, yaitu : [9]

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

Keterangan :

F : data impor/produksi/konsumsi saat pabrik didirikan (tahun)

P : Kebutuhan import Magnesium Oksida (Ton/Tahun) pada 2023

i : Kenaikan impor rata-rata

n : Selisih tahun

Dikarenakan akan dibangun pabrik MgO baru di indonesia, maka besarnya impor diasumsikan dihentikan atau 0. Begitupun dengan nilai ekspor dan produksi. Seluruh ketersediaan MgO di Indonesia diperoleh dari luar negeri. Data tersebut diasumsikan dari total konsumsi MgO di indonesia dari beberapa sumber data statistik terlisensi. [10]

F = Impor tahun 2023*(1 + Pertumbuhan rata-rata)$^{2027\text{-}2023}$

= 0

F = Ekspor 2023*(1 + Pertumbuhan rata-rata)$^{2027\text{-}2023}$

= 0

F = Produksi 2023*(1 + Pertumbuhan rata-rata)$^{2027\text{-}2023}$

= 0

Karena selama ini belum ada pabrik MgO di indonesia, maka banyaknya MgO impor diasumsikan sama dengan kebutuhsn MgO dalam negeri

F = Impor tahun 2023*(1 + Pertumbuhan rata-rata)$^{2027\text{-}2023}$

= 114.931,6624 ton/tahun

Dari perhitungan diatas, didapatkan perkiraan konsumsi Magnesium Oksida pada tahun 2023 sebesar 114.931,6624 ton/tahun. Sedangkan untuk menghitung kebutuhan tepung tulang, digunakan rumus sebagai berikut:

Kebutuhan tahun 2027 = ($F_{Ekspor} + F_{konsumsi} - F_{produksi} - F_{Impor}$)

= (0 + 114.931,6624)

= 114.931,6624

Didapatkan kebutuhan magnesia pada tahun 2027 adalah sebesar 114,931,6624 ton/tahun. Untuk kapasitas produksi dari Magnesium Oksida ini, diinginkan untuk mengambil 60% dari perkiraan kebutuh magnesia di tahun tersebut

Kapasitas pabrik tahun 2027 = 60% dari kebutuhan MgO [11]

= 0,6 x 114.931,6624

= 68.959 ton/tahun

= 69.000 ton/tahun

= 209,0909 ton/hari

= 209.090,909 kg/hari

Dari persamaan di atas diketahui bahwa kebutuhan import Magnesium Oksida di Indonesia pada tahun 2027 berdasarkan pertimbangan di atas dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2027 maka kapasitas pabrik Magnesium Oksida yang direncanakan sebesar 69.000 Ton/Tahun**.** Dengan mempertimbangkan kebutuhan dan kapasitas pabrik yang telah berdiri, maka direncanakan pabrik ini akan memenuhi kebutuhan impor MgO indonesia.

METODE PENELITIAN

Untuk pembuatan Magnesium Oksida dengan menggunakan bahan baku Dolomite melalui proses persiapan bahan baku serta proses reaksi yaitu proses digestion yang menackup proses peleburan dengan senyawa kimia dan suhu tinggi.

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses pembuatan Magnesium Oksida ini digunakan dua reaktor jenis CSTR, satu unit tangki pemisahan, satu unit alat penyaringan, satu unit pengering, satu unit rotary kiln, satu unit rotary cooler dan satu unit ball mills. Untuk proses pembakaran digunakan rotary kiln karena kiln ini paling umum digunakan dalam industri Magnesium Oksida, berbentuk silinder panjang, dimana didalamnya bahan baku dan gas pembakar panas bertemu secara counter current. Untuk mendapatkan gas pembakar yang panas, batubara, minyak bumi dan gas alam semuanya dapat dibakar didalam kiln ini. Bahan baku dolomit disimpan di tempat penyimpanan berupa storage silo, kemudian diumpankan ke reaktor pertama melalui screw conveyor.

b. Proses Reaksi Pembuatan Magnesium Oksida

Dolomit ini kemudian direaksikan dengan asam klorida yang diumpankkan dari tangki penyimpanan HCl. Reaksi berlangsung pada reaktor CSTR dengan temperature operasi 80^{o}C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah : [12]

$CaMg(CO_3)_{2(s)} + 4HCl_{(l)} \rightarrow CaCl2(l) + MgCl_{2(l)} + 2H_2O + 2CO_{2(g)}$

Hasil reaksi yang terjadi berupa larutan Kalsium Klorida dan Magnesium Klorida dipompakan ke reaktor CSTR kedua untuk direaksikan dengan Natrium Hidroksida. Reaksi berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperature operasi 30^{o}C.

$CaCl_{2(l)} + MgCl_{2(l)} + H_2O + 4NaOH_{(l)} \rightarrow Mg(OH)_{2(s)} + 4NaCl_{(l)} + Ca(OH)_{2(1)} + H_2O$

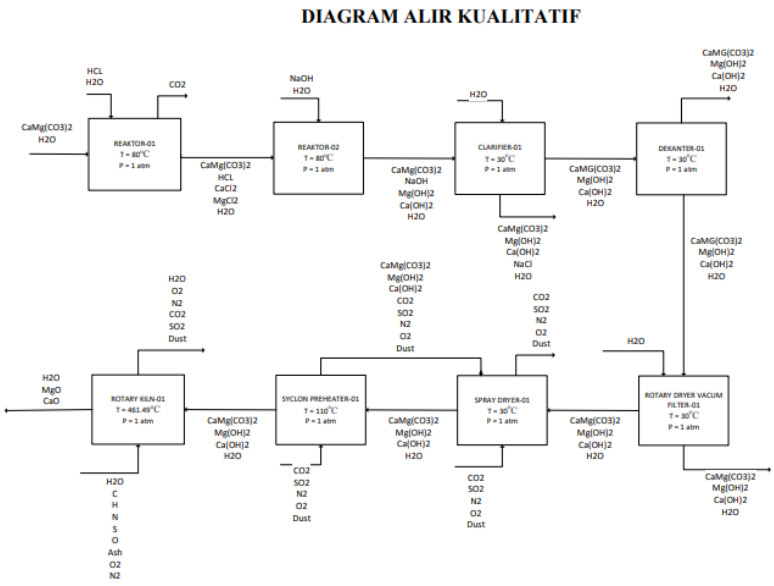
Slurry yang diperoleh dari reaktor kedua dipompakan ke tangki pemisahan (clarifier) dengan operasi 1 atm dan temperature 30^{o}C. Pada clarifier, slurry dicuci dengan ditambahkan air sehingga NaCl larut dalam air. Kemudian slurry disaring dan diendapkan pada rotary drum filter.Hasil penyaringan bahan berbentuk cake dengan kadar air dalam bahan kurang dari 1%. [13]

c. Tahap Pemurnian Produk

Produk keluaran berupa Cake kemudian dialirkan menuju spray dryer, alat ini mengubah cake menjadi powder dengan adanya udara panas yang dihembuskan dan berkontak langsung dengan material untuk menghilangkan kadar air pada bahan. Powder yang diperoleh berupa dimasukkan ke dalam rotary kiln. Di dalam rotary kiln terjadi proses pembakaran $Mg(OH)_2$ pada temperature 870^{o}C . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$Mg(OH)_{2(S)} + \text{Pembakaran} \rightarrow MgO_{(S)} + H_2O$

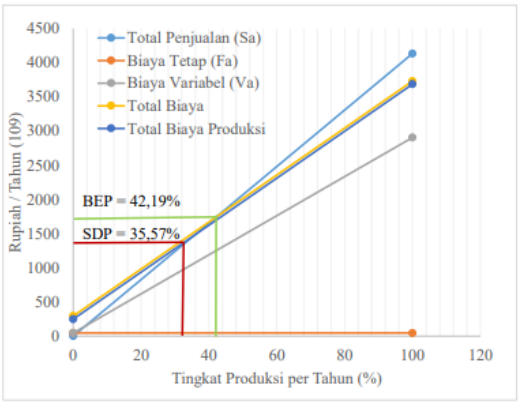
Pembakaran ini menggunakan flame dari pembakaran batubara di burner yang dihembuskan ke dalam rotary kiln. MgO yang keluar dari rotary kiln selanjutnya dimasukkan ke dalam rotary cooler, sedangkan H_2O yang terbentuk akan masuk ke siklon untuk memisahkan partikel debu yang terbawa aliran gas yang keluar dari rotary kiln. Panas yang dibawa oleh H2O ini kemudian dimanfaatkan untuk memanaskan batu bara yang akan dibakar. MgO yang keluar dari rotary kiln masih bersuhu tinggi yaitu 700^{o}C. MgO ini kemudian didinginkan didalam rotary cooler hingga didapatkan produk keluaran dengan suhu 50^{o}C. Pendinginan MgO didalam rotary cooler ini menggunakan udara kering dari unit utilitas. Produk akhir berupa serbuk MgO yang keluar dari rotary cooler kemudian diangkut dengan menggunakan screw conveyor menuju ball mills untuk diseragamkan ukurannya lalu di angkut lagi menggunakan screw conveyor dan bucket elevator untuk ditampung didalam silo penyimpanan produk. [14]



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Untuk itu dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi. Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah Modal tetap (fixed capital) yang diperlukan Rp. 4,142 triliun dan modal kerja (working capital) sebanyak Rp 420 milyar. Biaya produksi (manufacturing cost) Rp 6,698 triliun, dan biaya pengeluaran umum (general expenses) Rp 108,429 milyar. Keuntungan sebelum pajak Rp 364 milyar dan sesudah pajak Rp. 237 milyar per tahun. Pabrik ini tergolong beresiko rendah dengan *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak 118,46% dan ROI sesudah pajak sebesar 77,00%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 0,78 tahun dan POT sesudah pajak adalah 1,15 tahun. Nilai Break Even Point (BEP) sebesar 42,19% kapasitas dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 35,57%. Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan Magnesium Oksida ini layak untuk didirikan dan dapat dilihat pada Gambar 2 yaitu Grafik BEP. [15]



Gambar 2 Grafik BEP

KESIMPULAN

Dalam Prarancangan Pabrik Magnesium Oksida, dipilih proses produksi secara digestion. Kapasitas produksi yang direncanakan adalah 69.000 ton/tahun dengan kadar Magnesium Oksida sebesar 90,58 %. Dengan Total Modal Investasi (TCI)=Rp 857,078 milyar, Pengeluaran Umum (GE)= Rp 108,429 milyar, *Pay Out Time* (POT) Sebelum

sebelum pajak adalah 0,78 tahun dan POT sesudah pajak adalah 1,15 tahun, *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak 118,46% dan ROI sesudah pajak sebesar 77,00%, *Break Even Point* (BEP) = 42,19% dan *Shut Down Point* = 35,57%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementrian Perindustian, 2018. [Online]. A vailable: kemenperin.go.id. [Diakses 2024].

[2] Fogler.A.H.Scott, in *Elements of Chemical Reaction Engineering*, New Jersey, Prentice Hall International Inc, 1999.

P[3] Duda.Walter.H, in *Cement Handbook 2ed*, Pennsylvania, USA, Allentown, 1976.

[4] K. D. M. S. P. a. R. E. W. Timmerhaus, in *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*, 1991.

[5] www.bps.go.id, "Statistic Indonesia," Badan Pusat Statistik, Indonesia, 2024.

[6] J. Warren, "Dolomite Accurance," in *Evolution And Economicaly Important Accosiation*, East-Science Review, 2000, p. 52.

[7] D. Himmeblau, in *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*, New Jersey, Prentice Hall Inc, 1996.

[8] Un-Data, "Magnesium Oxide in Indonesia," [Online]. Available: www.undata.com.

[9] C. J. Geankoplis, in *Transport Processes and unit Operation 3th Edition*, New Jersey, Allyn & Bacon Inc, 1993.

[10] R. a. O. D. Kirk, "Encyclopedia of Chemical Technologi," in *2nd ed*, New York, John Wiley and Sons Inc, 1980.

[11] C. L. Yaws, "Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety," Texas, Gulf Publishing Company, 1996.

[12] L. K. Hudson, in *Alumunium Oxide Ullmann'sEncyclopedia of Industrial Chemistry*, Willey, 2002.

[13] M. C. W. a. S. J.C, in *Operasi Teknik Kimia*, Jakarta , Erlangga, 1985.

[14] O. Levenspiel, in *Chemical Reaction Engineering 3rd edition*, New York, John Wiley and Sons Inc, 1999.

[15] R. a. N. R. Aries, "Chemical Engineering Cost Estimation," New York, 1955.