

PRA RANCANGAN PABRIK MAGNESIUM OKSIDA DARI DOLOMIT
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik kimia
Politeknik Negeri ujung Pandang

OLEH:

INDAH CHAERUNNIZA

43121031

KHAIRUNNAS

43121032

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Magnesium Oksida dari Dolomit Kapasitas 60.000 Ton/Tahun** oleh Indah Chaerunniza NIM 431 21 031 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 25 September 2025

Pembimbing I,



Lasire, S.T., M.Si.
NIP. 19611231 198803 1 016

Pembimbing II,

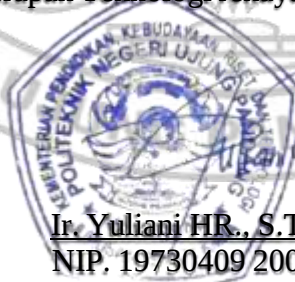


Dr. Andi Muh Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T.
NIP. 19820512 201504 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi rekayasa Kimia Berkelanjutan



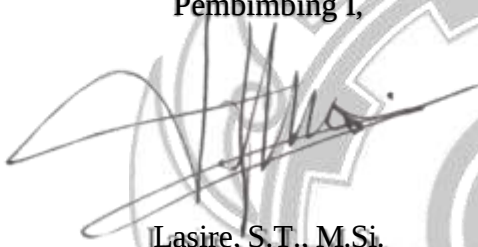
Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2 002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Magnesium Oksida dari Dolomit Kapasitas 60.000 Ton/Tahun** oleh Khairunnas NIM 431 21 032 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 25 September 2025

Pembimbing I,


Lasire, S.T., M.Si.
NIP. 19611231 198803 1 016

Pembimbing II,


Dr. Andi Muh Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T.
NIP. 19820512 201504 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi rekayasa Kimia Berkelanjutan


Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 19730409 200312 2 002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
SURAT PERNYATAAN	xvi
RINGKASAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik.....	7
1.4. Tinjauan Pustaka	11
BAB II DESKRIPSI PROSES	19
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	19
2.2. Konsep Proses	26
2.3. Langkah Proses	29
2.4. Diagram Alir Kualitatif.....	33
BAB III NERACA MASSA.....	35
3.1. Pengecilan Ukuran	35
3.2. Reaktor I dan <i>Scrubber</i>	36
3.3. Reaktor II.....	38
3.4. <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> I.....	40
3.5. <i>Stripping Column</i>	41
3.6. <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> II	42

3.7.	<i>Rotary Kiln</i>	43
3.8.	<i>Rotary Cooler</i>	44
3.9.	<i>Roll Mill dan Vibrating Screen</i>	45
3.10.	<i>Silo Magnesium Oksida</i>	46
BAB IV NERACA PANAS		47
4.1.	Reaktor I (R-101) dan <i>Scrubber</i> (S-101)	47
4.2.	Reaktor II (R-102)	49
4.3.	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> I (RD-101)	50
4.4.	<i>Stripping Column</i> (ST-101)	51
4.5.	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> II (RD-102)	52
4.6.	<i>Rotary Kiln</i>	53
4.7.	<i>Burner</i>	54
4.8.	<i>Rotary Cooler</i>	55
BAB V SPESIFIKASI ALAT		57
5.1.	Gudang Penyimpanan Dolomit (F-101)	57
5.2.	<i>Belt Conveyor</i> (BC-101)	57
5.3.	<i>Bucket Conveyor</i> (B-101)	58
5.4.	<i>Hammer Mill</i> (HM-101)	59
5.5.	<i>Belt Conveyor</i> (BC-102)	59
5.6.	Reaktor I (R-101)	60
5.7.	<i>Scrubber</i> (S-101)	61
5.8.	Pompa (P-101)	61
5.9.	Reaktor II (R-102)	62
5.10.	Tangki Penyimpanan H_2SO_4 40% (T-101)	63
5.11.	Pompa (P-102)	64
5.12.	<i>Screw Conveyor</i> I (SC-101)	65
5.13.	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> I (RD-101)	65
5.14.	Pompa (P-103)	66
5.15.	<i>Stripping Column</i> (ST-101)	66
5.16.	<i>Screw Conveyor</i> II (SC-102)	67
5.17.	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> II (RD-102)	67
5.18.	<i>Screw Conveyor</i> III (SC-103)	68
5.19.	<i>Rotary Kiln</i> (RK-101)	69

5.20.	<i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	69
5.21.	<i>Blower Udara</i> (BL-101).....	70
5.22.	<i>Rotary Cooler</i> (RC-101).....	70
5.23.	<i>Belt Conveyor III</i> (BC-103).....	71
5.24.	<i>Bucket Conveyor II</i> (B-102)	72
5.25.	<i>Roll Mill</i> (RM-101)	72
5.26.	<i>Vibrating Screen</i> (VS-101)	73
5.27.	<i>Bucket Conveyor III</i> (B-103).....	74
5.28.	<i>Belt Conveyor</i> (BC-104).....	74
5.29.	<i>Silo Magnesium Oksida</i> (SL-101).....	75
5.30.	<i>Screw Conveyor IV</i> (SC-104).....	76
BAB VI UTILITAS.....		77
6.1.	Unit Penyediaan Steam.....	77
6.2.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	77
6.3.	Unit Penyediaan Listrik.....	79
6.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	80
6.5.	Spesifikasi Alat Utilitas	80
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA		91
7.1.	Instrumentasi	91
7.2.	Keselamatan Kerja.....	96
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....		110
8.1.	Bentuk Perusahaan	110
8.2.	Struktur Organisasi.....	111
8.3.	Tugas dan Wewenang.....	114
8.4.	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	116
8.5.	Kualifikasi Karyawan.....	120
BAB IX LOKASI PABRIK DAN PEMETAAN		122
9.1.	Lokasi Pabrik.....	122
9.2.	Tata Letak Pabrik.....	125
9.3.	Tata Letak Alat Proses	129
BAB X ANALISA EKONOMI.....		130
10.1.	Kajian Ekonomi.....	131

10.2. Analisa Kelayakan Ekonomi	133
BAB XI KESIMPULAN	138
DAFTAR PUSTAKA	139



PRA RANCANGAN PABRIK MAGNESIUM OKSIDA DARI DOLOMIT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Magnesium oksida (MgO) merupakan bahan anorganik yang digunakan pada industri refraktori, baja, pupuk, kertas dan keramik. Seluruh kebutuhan MgO di Indonesia saat ini dipenuhi melalui impor, padahal cadangan dolomit sebagai bahan baku utama sangat melimpah. Oleh karena itu, pendirian pabrik MgO di Indonesia diharapkan dapat memenuhi sebagian kebutuhan domestik, mengurangi ketergantungan impor, serta memberikan nilai tambah pada sumber daya mineral lokal.

Pabrik dirancang dengan kapasitas 60.000 ton/tahun beroperasi 330 hari per tahun dan berlokasi dikawasan Industri JIPE, Gresik. Pemilihan lokasi mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, akses transportasi, infrastruktur, utilitas dan kedekatan dengan pasar industri pengguna MgO.

Proses produksi diawali dengan penghancuran dan pengayakan dolomit, dilanjutkan dengan proses *leaching* menggunakan SO_2 dan H_2SO_3 , pengendapan *gypsum* dengan H_2SO_4 , filtrasi, *stripping* untuk mendapatkan $\text{MgSO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, kalsinasi pada suhu 300°C untuk menghasilkan MgO, kemudian pendinginan dan pengemasan. Produk akhir memiliki kemurnian $\pm 95\%$ berbentuk serbuk putih.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan kebutuhan modal tetap sebesar Rp 2.830.710.359.139, biaya produksi tahunan Rp 558.674.183.699, pendapatn penjualan Rp 2.152.020.653.559 per tahun, ROI sebelum pajak 25,694%, BEP pada kapasitas 43,896% dan *payback period* sekitar 3,706 tahun. Dengan demikian, pabrik ini dinilai layak secara teknis dan ekonomis untuk direalisasikan.

Kata Kunci : Magnesium oksida, dolomit, pra rancangan pabrik, kalsinasi, analisis kelayakan ekonomi.

PRE DESIGN MAGNESIUM OXIDE PLANT DOLOMITE CAPACITY 60.000 TONS/YEAR

SUMMARY

Magnesium oxide (MgO) is an important inorganic material used in refractory steel, fertilizer, paper, and ceramic industries. Currently, all MgO demand in Indonesia is met through imports, despite the fact that dolomite reserves, the main raw material, are abundant. Therefore, establishing an MgO plant in Indonesia is expected to meet part of domestic demand, reduce import dependency, and add value to local mineral resources.

The plant is designed with a capacity of 60,000 tons/year, operating 330 days annually, and located in the JIPE Industrial Estate, Gresik. The location was chosen based on the availability of raw materials, transportation access, infrastructure, utilities, and proximity to industrial markets requiring MgO.

The production process begins with crushing and screening dolomite, followed by calcination to produce MgO and CaO, dissolution with HCl to form $MgCl_2$, hydrolysis of $MgCl_2$ to $Mg(OH)_2$, calcination of $Mg(OH)_2$ to produce MgO, and finally cooling and packaging. The final product has a purity of approximately 95% in the form of white powder.

The economic analysis shows a fixed capital investment of IDR 2,830,710,359,139, annual production costs of IDR 558,674,183,699, annual sales revenue of IDR 2,152,020,653,559, ROI before tax of 25.694%, BEP at 43.896% of capacity, and a payback period of approximately 3.706 years. Therefore, this plant is considered technically and economically feasible for implementation.

Keywords : *Magnesium oxide, dolomite, preliminary plant design, calcination, economic feasibility analysis.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri dalam kerangka pembangunan ekonomi jangka panjang diarahkan untuk membentuk struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang. Struktur ekonomi yang dimaksud adalah sistem yang memiliki keunggulan pada sektor industri maju yang didukung oleh sektor-sektor pendukung yang tangguh dan kompetitif.

Salah satu senyawa kimia yang memiliki peranan penting dalam berbagai bidang industri adalah magnesium oksida (MgO) yang secara umum dikenal dengan istilah magnesita.

MgO merupakan senyawa anorganik yang cukup banyak digunakan dalam proses industri, termasuk dalam pembuatan refraktori, pupuk, semen bahkan sampai di bidang medis. MgO dikenal karena sifatnya yang tahan panas, stabilitas kimia dan kemampuannya untuk berfungsi sebagai bahan pengikat dalam berbagai aplikasi. Permintaan global untuk magnesium oksida terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri yang memerlukan material ini, seperti industri konstruksi, metalurgi, dan kimia (Kumar *et al.*, 2018). Senyawa ini memiliki rumus empiris MgO dan terdiri dari kisi ion Mg^{2+} dan ion O^{2-} terikat bersama melalui ikatan ionik. Magnesium hidroksida terbentuk dalam kehadiran air ($MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$), namun dapat dibalikkan melalui pemanasan untuk menghilangkan kelembapan. Magnesium oksida dihasilkan oleh kalsinasi dari magnesium karbonat atau magnesium hidroksida. Bahan bakunya diperoleh

dengan perlakuan larutan magnesium klorida, air laut, kapur dan dolomit (Margareta *et al.*, 2005).

Salah satu sumber utama magnesium oksida adalah dolomit yang merupakan mineral karbonat yang mengandung magnesium dan kalsium. Dolomit memiliki komposisi kimia yang terdiri dari sekitar 54% kalsium karbonat (CaCO_3) dan 46% magnesium karbonat (MgCO_3) (Murray, 2006).

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, merupakan faktor-faktor yang memberikan prospek cukup besar untuk mendirikan pabrik magnesium oksida di Indonesia. Sehingga ketergantungan pada impor dapat dikurangi dan mengeksport untuk penambahan devisa negara.

Pendirian pabrik magnesium oksida bisa memenuhi kebutuhan masyarakat dalam negeri sehingga dapat menanggulangi ketergantungan terhadap impor dan diharapkan dapat menjadi komoditi ekspor di negara-negara tetangga serta berkontribusi pada pengembangan industri yang lebih berkelanjutan. Dengan memanfaatkan sumber daya lokal seperti dolomit. Pabrik ini juga akan mendorong peluang berdirinya pabrik-pabrik baru yang menggunakan bahan baku magnesium oksida.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

1.2.1 Kebutuhan Magnesium Oksida (MgO) Dalam Negeri

Kebutuhan MgO di Indonesia dipenuhi dari impor luar negeri, karena tidak adanya pabrik MgO di dalam negeri. Banyaknya kebutuhan MgO di Indonesia

membuat Indonesia kewalahan dalam memenuhi kebutuhan MgO, sehingga data jumlah impor menunjukkan total permintaan pasar dalam negeri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS, 2024), jumlah impor MgO di Indonesia dari tahun 2019-2023 dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1. 1 Data Impor Magnesium Oksida di Indonesia Tahun 2019-2023

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2019	19.202,37	0
2020	42.700,09	1,224
2021	51.202,71	0,199
2022	52.021,99	0,016
2023	49.719,36	- 0,044
Total	214.846.52	1,395
i		0,349

Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia (bps.go.id), 2024

Kebutuhan MgO dari tahun ke tahun relatif tidak konstan tergantung kebutuhan pabrik di Indonesia. Berdasarkan tabel 1.1, menunjukkan kebutuhan MgO di Indonesia berkisar antara 40.000-50.000 ton/tahun dan akan terus naik seiring dengan perkembangan teknologi. Pendirian pabrik MgO dapat menjadi solusi bagi industri kimia di Indonesia untuk mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri.

1.2.2 Kapasitas Pabrik Magnesium Oksida di Dunia

Kapasitas pabrik MgO yang telah ada dapat dijadikan acuan dalam memilih kapasitas pabrik. Kapasitas pabrik MgO yang telah beroperasi di dunia dapat dilihat pada tabel 1.2

Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik mMagnesium Oksida di Dunia

Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)
UBE Material Industries Co.,Japan	250.000
Premier Periclase, Irlandia	90.000
Martin Marietta, USA	80.000
Jordan Magnesia Company Ltd, Jordania	50.000
San Hwa Chemical Co., Korea Selatan	50.000
Premier Chemical, USA	50.000
Manchurian Seawater Works, China	10.000
Dead Sea Periclase, Israel	10.000
Rohn & Haus, USA	10.000
Scora, Prancis	9.000
Jiaozhou Guhe Magnesium Salt Factory, China	3.000

Sumber: Mark dalam Adhan Syukri, 2018

Kapasitas pabrik yang didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan. Berdasarkan Tabel 1.2, kapasitas produksi maksimal pabrik MgO adalah 250.000 ton/tahun oleh UBE *Material Industries Co.,Japan*, sementara kapasitas minimal pabrik MgO adalah *Jiaozhou Guhe Magnesium Salt Factory* di China dengan kapasitas sebesar 3.000 ton/tahun.

1.2.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Berdasarkan data pada tabel 1.1 dapat diprediksi impor MgO di Indonesia tahun 2028 dengan menggunakan metode *Discounted* yang dapat dilihat pada persamaan (1.1).

$$M_5 = P ((1+i)^n) \quad (1.1)$$

Dimana:

P = Data besarnya impor pada tahun 2023

M₅ = Rata-rata pertumbuhan impor pertahun

n = Selisih tahun 2023 dan 2028

Menghitung nilai konsumsi dalam negeri tahun 2028

$$\begin{aligned}M_5 &= P ((1+i)^n) \\&= 49.719,36 ((1+0,349)^5) \\&= 221.820,6664 \text{ ton}\end{aligned}$$

Pabrik berdiri sehingga impor diberhentikan, maka

$$M_1 = 0$$

Karena di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi, maka

$$M_2 = 0$$

$$M_3 = 0$$

Untuk menghitung kapasitas pabrik baru yang akan didirikan pada tahun 2028, maka dapat digunakan persamaan (1.2)

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5 \quad (1.2)$$

Dimana: M₁ = Nilai impor (ton)

M₂ = Produksi pabrik dalam negeri (ton)

M₃ = Kapasitas produksi baru (ton)

M₄ = Nilai ekspor (ton)

M₅ = Konsumsi dalam negeri (ton)

Sehingga kapasitas pabrik MgO yang akan didirikan pada tahun 2028 yaitu:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5$$

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

$$M_3 = (0 + 240.628,421 \text{ ton}) - (0 + 0)$$

$$M_3 = 221.820,6664 \text{ ton}$$

Perkiraan kebutuhan MgO di Indonesia pada tahun 2028 mencapai hingga 221.820,6664 ton. Dengan melihat kebutuhan MgO di Indonesia, ketersediaan bahan baku yang ada dan kapasitas pabrik yang telah berdiri, maka kapasitas pra rancangan pabrik MgO yang didirikan rencananya akan menutupi sekitar 27% dari kebutuhan tahun 2028 yaitu 60.000 ton/tahun. Kapasitas produksi 60.000 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan MgO di dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor dan memberikan lapangan pekerjaan baru.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan dalam merancang suatu pabrik dalam keberlanjutan suatu industri. Adapun bahan baku utama yang digunakan pada pabrik magnesium oksida adalah dolomit. Persebaran dolomit di Indonesia tersebar di beberapa daerah, yang di tuangkan pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Lokasi Terdapatnya Dolomit di Indonesia

No	Lokasi Keterdapatan			Keterangan
1	Jawa Timur,	Kabupaten Gresik		Dolomit di daerah ini memiliki kadar MgO 19,6 % dan CaO 32,6 % berat dengan mineral pengotor sekitar 1,04 % (Sulistiyono, 2024).
2	Jawa Timur,	kabupaten Tuban		Dolomit di daerah ini memiliki kadar CaO 47,90 % dan MgO 5,67 % dengan pengotor terdiri dari besi, silika dan alumina (Santika dalam Sulistiyono, 2024).
3	Jawa Timur,	kabupaten Bangkalan		Dolomit dari bangkalan tersebut memiliki komposisi CaO 63,42 % dan MgO 26,39 %

No	Lokasi Keterdapatan	Keterangan
		(Veronika dalam Sulistiyono, 2024).
4	Gorontalo, Kabupaten Bone Bolanga	Berdasarkan hasil karakterisasi dolomit ini bersatu bersama dengan mineral lain yaitu dengan komposisi mineral kalsit 28,95 %, mineral kuarsa 4,8 % dan mineral dolomit 60,4 %. Berdasarkan susunan komposisi oksidanya adalah MgO 12,89 % dan CaO 39,84 % (Supriadin dalam Sulistiyono, 2024). Kadar dolomit dari daerah ini yaitu MgO
5	Aceh, Kabupaten Aceh Tamiang	25,28 % dan CaO adalah 61,20 % setelah dilakukan kalsinasi terhadap dolomit tersebut (Sari dalam Sulistiyono, 2024).
6	Sumatra Utara, kabupaten Karo	Dolomit dari karu tersebut memiliki kadar CaO 25,75 – 34,98 % dan MgO 11,90 -21,97 % dengan pengotor didominasi oleh SiO ₂ 0,14 – 3,86 % dan Al ₂ O ₃ 0,20 – 0,89 % (Wahyudi dalam Sulistiyono, 2024).

Sumber: Sulistiyono, 2024

Industri komersial pengolahan dolomit di Indonesia hanya satu yaitu PT. Polowijo Gosari yang berada di Gresik, Jawa Timur. Dolomit yang diolah memiliki kadar 95 – 99% dengan kandungan magnesium sebesar 9,1 – 20,54 % dan kandungan kalsium sebesar 32,7 - 53,64 %. PT. Polowijo Gosari memiliki kapasitas 2.000.000 ton/tahun.

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan dan keberlangsungan suatu pabrik kimia. Lokasi pabrik juga dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan

kelancaran produksinya. Idealnya, lokasi pabrik dapat memberikan keuntungan untuk jangka panjang.

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik membutuhkan bahan baku untuk diolah menjadi produk setengah jadi ataupun produk jadi. Bahan baku ini perlu diangkut dari sumbernya ke lokasi pabrik untuk diproses. Bahan baku yang digunakan adalah dolomit. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa daerah yang memiliki dolomit yang cukup banyak telah ditemukan di Jawa Timur. Dolomit ini dapat diperoleh dari PT. Polowijo Gosari Gresik dengan kapasitas 2.000.000 ton/tahun.

1.3.2 Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting sebagai penunjang pada proses produksi dalam suatu pabrik industri kimia. Penunjang tersebut seperti ketersediaan air, energi, bahan bakar dan *steam*. Kebutuhan penunjang utilitas seperti tenaga listrik dapat dipenuhi dari PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas di Gresik yang merupakan anak perusahaan PLN (Persero) kapasitas 2.219 MW dan generator yang di bangun sendiri sebagai cadangan. Kebutuhan bahan bakar dipenuhi oleh PT. Pertamina RU VI Balongan dan kebutuhan air diambil dari fasilitas kawasan JIPE (*Jawa Integrated Industrial and Port Estate*).

1.3.3 Ketersediaan Lahan

Lokasi pendirian pabrik ini berada di kawasan Industri JIPE dengan ketersediaan lahan sebesar 2.967 hektar yang terdiri dari 1.761 hektar luas

kawasan industri, 406 hektar pelabuhan dan 800 hektar perumahan. Area kawasan industri JIPE menggabungkan infrastruktur lengkap yang mencakup pelabuhan laut dalam, jalur kereta api dan akses tol langsung ke berbagai saluran distribusi pasar domestik dan internasional.

1.3.4 Tenaga Kerja

Kawasan industri merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Sebagian besar dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah. Berdasarkan data, upah minimum kabupaten Gresik tahun 2024 sebesar Rp. 4.642.000,31. Jumlah pencari kerja pada tahun 2023 di Kabupaten Gresik adalah 3.903 (BPS, 2024).

1.3.5 Pemasaran

Aspek pemasaran yang perlu diperhatikan adalah letak pabrik terhadap pasar yang membutuhkan MgO, agar dapat mengurangi biaya distribusi produk ke lokasi dan waktu pencapaian pasar. Adapun pabrik yang memanfaatkan produk magnesium oksida sebagai bahan bakunya berada di Provinsi Jawa Timur, khususnya daerah Gresik. Pabrik yang menggunakan MgO sebagai bahan bakunya ialah pabrik refraktori digunakan untuk membuat kaca, keramik, baja dan logam campuran magnesium lainnya, pabrik petrokimia digunakan untuk membuat pupuk kalserite dan pabrik semen untuk membuat batu tahan panas yang digunakan untuk pelapis pada kiln.

Tabel 1. 4 Industri yang Membutuhkan Magnesium Oksida di Indonesia

No.	Industri	Produksi	Lokasi
1.	PT. Kawasan Industri Sedayu	Refraktori	Gresik
2.	PT. Magnesium Gosari Internasional	Refraktori	Gresik
3.	PT. Loka Refractory	Refraktori	Surabaya
4.	PT. Polowijo Fertilizer	Pupuk	Gresik
5.	PT. Petrokimia Gresik	Pupuk	Gresik
6.	PT. Saraswanti Anugerah makmur Tbk	Pupuk	Surabaya
7.	PT. Benteng Api Technic	Batu Tahan Api	Gresik
8.	PT. Benteng Api Refraktorindo	Batu Tahan Api	Blitar
9.	PT. Semen Gresik	Semen	Gresik
10.	PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk	Semen	Tuban

Sumber: Pratama, 2022

1.3.6 Kebijakan Pemerintah

Daerah Gresik kawasan JIPE merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Gresik yang ditanda tangani presiden Jokowi pada tanggal 28 Juni 2021 sesuai PP No. 71 tahun 2021. Faktor-faktor seperti kebijakan pemerintah dalam hal ini perizinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial serta perluasan pabrik sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik MgO.



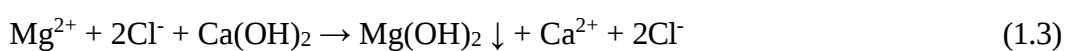
Gambar 1. 1 Lokasi Pabrik Magnesium Oksida (MgO)
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

1.4. Tinjauan Pustaka

Proses pembuatan magnesium oksida terbagi menjadi 2 yaitu proses pembuatan magnesium oksida dari air laut dan proses pembuatan magnesium oksida dari dolomit.

1.4.1 Proses Pembuatan Magnesium Oksida dari Air Laut

Komposisi air laut dapat dilihat pada tabel 1.5 menjelaskan bahwa perhitungan air laut yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 ton MgO adalah 470 m³ air laut, namun dalam kenyataannya dibutuhkan 600 m³. Proses ini didasarkan pada pengendapan magnesium hidroksida (kelarutan dalam air 0,0009 % berat) dengan penambahan kalsium hidroksida (kelarutan dalam air 0,185 % berat) (Ullman, 1999).

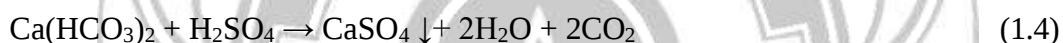


Tabel 1. 5 Komposisi Air Laut

Kation		Anion	
Senyawa	Konsentrasi g/kg	Senyawa	Konsentrasi g/kg
Natrium	10,47	Klorida	18,97
Kalium	0,38	Bromida	0,0065
Magnesium	1,28	Sulfat	2,65
Kalsium	0,41	Bikarbonat	0,14
Strontium	0,013	Borat	0,027

Sumber : Ullman, 1999

Air laut mengandung CO₂ terlarut sehingga dilakukan *treatment* dengan asam sulfat untuk mencegah terjadinya kalsium karbonat yang tidak larut saat penambahan Ca(OH)₂. Reaksi ini berlangsung pada pH 4 (Ullmann, 1999).



Pada proses pengendapan, dilakukan penambahan air dan agen pengendapan berupa Ca(OH)₂. Ca(OH)₂ diperoleh dari bahan baku batu kapur atau dolomit. CaCO₃ dihancurkan lalu kalsinasi pada suhu lebih dari 1400°C. Kalsinasi bertujuan untuk dekarbonisasi CaCO₃ menjadi CaO dengan reaksi sebagai berikut:



Setelah itu dilarutkan untuk membentuk Ca(OH)₂. Ca(OH)₂ diumpankan pada proses pengendapan Mg(OH)₂ untuk membawa senyawa karbonat, sulfat dan lain-lain.

Pada proses utama, Mg(OH)₂ diendapkan. Setelah itu difiltrasi lalu dikalsinasi untuk menghasilkan produk magnesium oksida (MgO).



1.4.2 Proses Pembuatan Magnesium Oksida dari Dolomit

Proses pembuatan magnesium oksida dari dolomit terbagi menjadi beberapa tahapan proses, yaitu: (Ullman, 1999)

1. *Leaching*

Mula-mula dolomit dihancurkan dengan *hammer mill* yang bertujuan untuk menghancurkan ukuran antara 20 – 4 in. Kemudian, dolomit diumpukan ke dalam *Roller mill* yang bertujuan untuk menghaluskan ukuran dolomit. Selanjutnya, dolomit diumpukan ke dalam *vibrating screen I* yang bertujuan untuk menghomogenkan ukuran sebelum masuk ke reaktor I. Dolomit yang sudah homogen ukurannya diumpukan ke dalam reaktor I dengan penambahan gas SO₂. Gas SO₂ yang digunakan diperoleh dari *fresh feed* dan hasil *recycle* keluaran dari reaktor II, *stripping column*, serta H₂SO₃ hasil dari *scubber*. Suhu yang disarankan untuk proses *leaching* sekitar 30 – 70 °C, Suhu yang dipilih adalah 50°C. Reaksi yang terjadi adalah:



Kemudian di reaktor II, Ca(HSO₃)₂ direaksikan dengan larutan H₂SO₄ 40% agar Ca(HSO₃)₂ bereaksi sempurna menjadi *gypsum*, dimana sifat dari *gypsum* adalah stabil. Proses ini berlangsung pada pH 2 dan reaksi yang dihasilkan di *recycle* ke reaktor I. Reaksi yang terjadi adalah:



2. Filtrasi I

Proses kedua yaitu pemisahan komponen yang tidak larut dari *leachate*. Filtrat yang dihasilkan adalah magnesium bi-sulfite ($\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$) diambil untuk digunakan pada proses *stripping*. Sedangkan *cake gypsum* ditampung.

3. Stripping

Tujuan dari proses *stripping* untuk mengendapkan magnesium bisulfit dan menghilangkan SO_2 dengan media *stripping* udara. Pada proses *stripping*, pH diatur sekitar 7 dikarenakan pada pH 7 merupakan pH yang ideal untuk membentuk *magnesium sulfite hydrate* ($\text{MgSO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Reaksi yang terjadi adalah:



4. Filtrasi II

Filtrasi kedua ini bertujuan untuk memisahkan padatan magnesium bisulfit dari filtrat. *Cake magnesium sulfite hydrate* kemudian diumpankan ke dalam *rotary kiln*, sedangkan filtrat yang dihasilkan adalah H_2O , $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$.

5. Dehidrasi

Tahap akhir proses adalah dehidrasi padatan *magnesium sulfite hydrate* untuk menghasilkan magnesium oksida. Suhu yang disarankan pada proses ini antara 250 – 300 °C. Tetapi suhu yang dipilih adalah 300°C. Reaksi yang terjadi adalah:



Magnesium oksida yang dihasilkan dari proses dehidrasi merupakan produk utama sedangkan $\text{MgSO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ merupakan produk samping. Selanjutnya produk utama dan produk samping yang dihasilkan diumpankan ke

dalam *rotary cooler* untuk didinginkan dengan cara menghembuskan udara dingin sebelum diumpankan ke dalam *Roller mill*. Setelah itu, diumpankan ke dalam *vibrating screen* II untuk proses *screening* dengan tujuan menghomogenkan ukuran magnesium oksida. Gas campuran yang dihasilkan dari proses kalsinasi akan diumpankan ke *heat exchanger* untuk menyuplai panas *stripping column*.

1.4.3 Aspek Perbandingan Proses

Untuk menentukan proses yang akan digunakan harus diperhatikan beberapa aspek, terutama aspek teknis dan ekonomis. Aspek teknis meliputi kondisi proses dan kondisi operasi. Proses terbaik yang akan dipilih didapatkan dari hasil perbandingan berbagai proses seperti yang ditunjukkan pada tabel di 1.6.

Tabel 1. 6 Perbandingan Aspek Teknis dan Ekonomis Pembuatan MgO

Uraian	Macam Bahan Baku	
	Dolomit	Air Laut
Aspek Teknis		
Operasi Tekanan Suhu (°C)	NA 50 - 300	NA 1400
Proses Kemurnian	90 - 96%	98%
Aspek Ekonomi		
Biaya Peralatan	Sedang	Tinggi
Investasi	Sedang	Tinggi

Sumber: Ursula, 2017

Berdasarkan data tabel 1.6, bahan baku yang dipilih dalam pembuatan magnesium oksida adalah dolomit karena menggunakan biaya peralatan dan investasi yang lebih rendah daripada bahan baku air laut.

1.4.4 Kegunaan Magnesium Oksida

MgO dapat digunakan pada berbagai industri, baik sebagai bahan baku utama maupun bahan baku pendukung. Penggunaan MgO diantaranya sebagai berikut:

1. Bahan Refraktori

Magnesium oksida (MgO) adalah salah satu material utama yang digunakan dalam industri refraktori. Sifat fisik dan kimia MgO membuatnya ideal untuk diaplikasikan pada kondisi suhu tinggi, seperti pada tanur peleburan logam, tanur semen, tanur kaca, dan tungku lainnya. Dengan titik leleh yang sangat tinggi, yaitu sekitar 2.800°C , magnesium oksida mampu menahan suhu ekstrem tanpa mengalami deformasi struktural. Hal ini menjadikannya bahan yang sangat diandalkan untuk melapisi dinding tanur agar tidak mudah rusak akibat paparan panas terus-menerus (Zhang & Li, 2017).

Selain ketahanan panas, magnesium oksida memiliki kestabilan kimia yang tinggi terhadap berbagai zat korosif, seperti *slag* (terak) logam dan senyawa alkali. Material ini sering digunakan dalam bentuk batu bata magnesia, yang terbuat dari MgO dengan kemurnian tinggi. Batu bata ini biasanya diperkuat dengan tambahan senyawa lain, seperti kromit atau spinel, untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi kimia. Penggunaan batu bata magnesia sangat umum dalam industri baja, karena dapat menahan reaksi kimia keras yang terjadi selama proses peleburan logam (Das, 2015).

2. Dalam Bidang Pertanian

Di bidang pertanian, magnesium oksida digunakan sebagai komponen untuk membuat pupuk *kieserite*. *Kieserite* merupakan mineral magnesium sulfat yang

merupakan salah satu sumber positif untuk unsur hara magnesium dan belerang. Magnesium merupakan senyawa penting untuk pembentukan karbohidrat, lemak dan minyak pada tanaman, sehingga penting untuk tanaman penghasil minyak seperti kelapa sawit. Manfaat lain dari pupuk *kieserite* diantaranya meningkatkan klorofil, pembentukan bintil akar, pertumbuhan anakan serta meningkatkan pH tanah (Pratama, 2022). Hal ini dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara lain dan menciptakan kondisi yang lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, MgO juga memiliki efek pengikat pada senyawa kalsium dan fosfor dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Kumar dkk., 2018).

3. Dalam Industri Semen

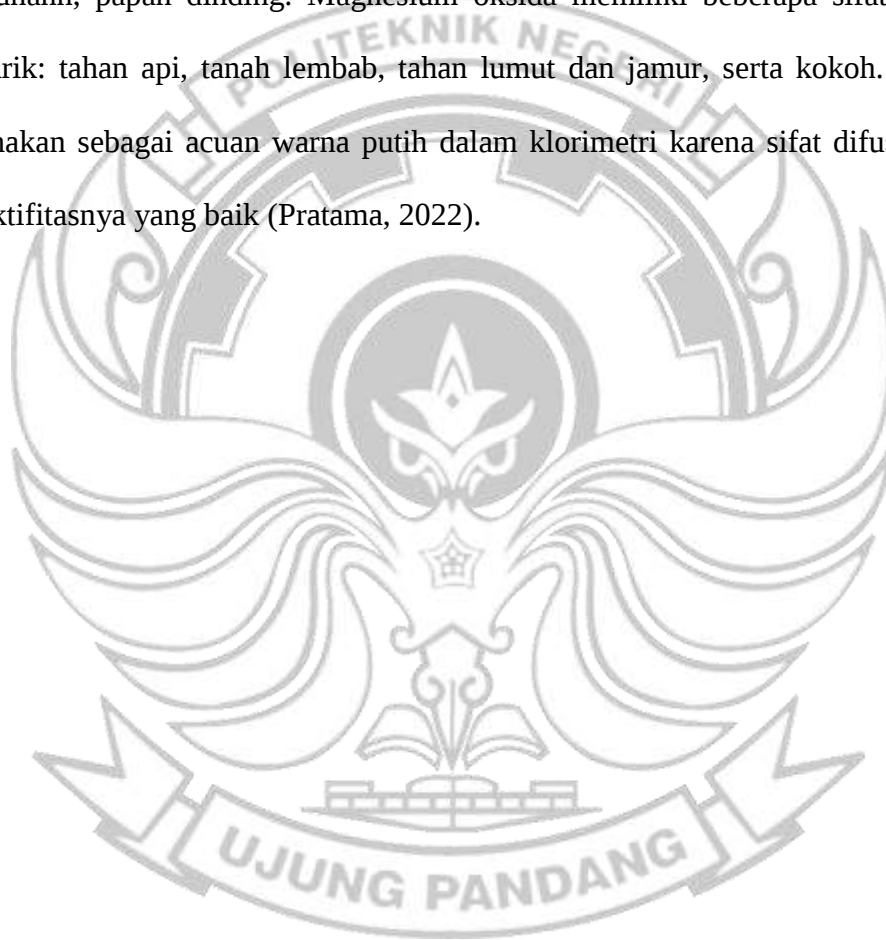
Penggunaan magnesium oksida pada industri semen memiliki peran penting dalam industri semen, terutama dalam pengembangan jenis semen yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan. Penggunaannya dalam pembuatan semen tidak hanya membantu meningkatkan kinerja material, tetapi juga memberikan solusi untuk masalah-masalah spesifik yang dihadapi oleh industri ini, seperti ketahanan terhadap sulfat, ekspansi, dan pengendalian biaya.

Salah satu manfaat utama magnesium oksida dalam semen adalah kemampuannya meningkatkan ketahanan semen terhadap serangan sulfat. Ketika semen terkena air yang mengandung ion sulfat, terjadi reaksi kimia yang menyebabkan ekspansi dan kerusakan pada struktur beton. Dengan menambahkan MgO dalam proporsi tertentu ke dalam semen, ekspansi yang disebabkan oleh reaksi sulfat dapat dikendalikan. Hal ini terutama bermanfaat

dalam aplikasi beton yang terpapar lingkungan agresif, seperti di daerah pantai atau di dekat saluran pembuangan industri (Neville, 2011).

4. Bidang Lain-lain

Mgo digunakan sebagai isolator pada industri kabel, bahan dasar tahan panas dalam wadah dan bahan dasar tahan api pada bahan bangunan. Sebagai bahan bangunann, papan dinding. Magnesium oksida memiliki beberapa sifat yang menarik: tahan api, tanah lembab, tahan lumut dan jamur, serta kokoh. MgO digunakan sebagai acuan warna putih dalam klorimetri karena sifat difusi dan reflektifitasnya yang baik (Pratama, 2022).



BAB XI KESIMPULAN

Hasil analisa perhitungan pada Pra Rancangan Pabrik Magnesium Oksida dari Dolomit dengan kapasitas 60.000 Ton/Tahun diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kapasitas pra rancangan pabrik magnesium oksida sebesar 60.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Lokaksi pendirian pabrik di kawasan *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) Gresik, Jawa Timur yang merupakan daerah dengan akses bahan baku yang mudah untuk dijangkau dan letaknya strategis yang dapat memudahkan pemasaran, serta sistem transportasi yang mendukung.
3. Bentuk hukum pra rancangan pabrik magnesium oksida dari dolomit merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja 130 orang.
4. Dari perhitungan analisa ekonomi, maka pra rancangan pabrik magnesium oksida dari dolomit kapasitas 60.000 ton/tahun ini layak didirikan dengan data sebagai berikut:

Return of Investment (ROI) = 17,986%

Pay Out Time (POT) = 3,706 tahun

Internal Rate of Return (IRR) = 17,328%

Break Event Point (BEP) = 43,896%

DAFTAR PUSTAKA

- Adhan, S. (2018). “Prarancangan Pabrik Magnesium Oksida (Mgo) Dari Batuan Dolomit Dengan Kapasitas Produksi 120.000 Ton/Tahun”. Banda Aceh: Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Aries, R. S. and Newton, R. D., (1955). “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- ASME Section VIII. (2017), *ASME Boiler and Pressure Vessel Code an Internasional Code*. The American Society of Mechanical Engineer, New York.
- Badan Pusat Statistik. (2024). “Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor 2019-2023”. <https://www.bps.go.id> diakses 25 November 2024
- Brown, T. (2018). Reactivity of dolomite with acids. *Journal of Inorganic Chemistry*, 57(2), 123-130.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., (1959). “*Process Equipment Design*”, Wiley Eastern, Ltd., New Delhi.
- Coulson, J. M. and Richardson, J.F., (1983). “*Chemical Engineering*”, vol.6, Pergamon Press, Oxford.
- Das, S. K., & Das, K. (2015). Applications of magnesium oxide in refractories: A review. *Ceramic Bulletin*, 74(3), 56–63.
- Duda, W. H., (1997). “*Cement Data Book*”. Bauverlag GmbH: Wiesbaden dan Berlin
- Geankoplis, Christie J. (1993). *Transport Processes and Unit Operation* 3rd edition. Prentice Hall: New Jersey.
- Janna, M., & Sulham, N. F. (2024). “Pra Rancangan Pabrik *Ethylenediamine* Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”. Makassar: Program Studi Sarjana Terapan

Teknologi Rekayasa Kimi Berkelanjutan Jurusan Teknik Kimia Politeknik
Negeri Ujung Pandang

- Jones, M. (2021). Dehydrating agents in organic chemistry. *Organic Chemistry Review*, 34(4), 567-580.
- Kern, D. G., (1965). "Process Heat Transfer", Internasional Student Edition, McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Kern, D. Q., (1988). "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Kumar, A., Bhatia, S., & Singh, R. (2018). "Magnesium oxide: A versatile material for various applications." *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1234-1240. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.11.123.
- Martinez, J., Smith, A., & Brown, B. (2011). *Composition and characteristics of natural dolomite*. *Journal of Geoscience Studies*, 45(3), 123-135.
- Murray, H. H. (2000). *Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Clay Minerals*. Amsterdam: Elsevier.
- Murray, H. H. (2006). "Industrial Clays: The Clay Minerals Society." *Clay Minerals*, 41(1), 1-12. DOI: 10.1180/0009855064140201.
- National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 6093208, Calcium Hydroxide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-Hydroxide> diakses 22 Desember 2024.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2023). *NIST Chemistry WebBook*. <https://webbook.nist.gov/chemistry/> diakses 10 Januari 2025
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Harlow: Pearson Education.
- Perry, C., (1999). *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th ed. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

- Perry, R. H. and Chilton, C. H. (2003). “*Perry’s Chemical Engineers Handbook 7th ed*”. New York: McGraw Hill.
- Perry, R. H. and Green, D., (1984), “*Perry’s Chemical Engineers’ Handbook*”, 6th ed., McGraw – Hill Internasional Editions. Singapore.
- Perry, R. H. And Green. D. W., (2008). “*Perry’s Chemical Engineers Handbook 8th ed*”. New York : McGraw Hill.
- Petters, M. S. and Timmerhous. K. D., (1991). “*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*”, 4th ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Powel, S. T., (1954). “*Water Conditioning For Industry*”, McGraw – Hill Book Company Inc., New York.
- Pratama, A. Y. (2022). “*Prarancangan Pabrik Magnesium Oksida Dari Dolomit Dengan Kapasitas 150.000 Ton/Tahun (Perancangan Rotary Kiln (RK-101))*”. Bandar Lampung: Universitas Lampung
- PT Lab Teknologi Indonesia. (2025). Klasifikasi Bahan Kimia. <http://labtech-indonesia.com/wp-content/uploads/2017/03/KLASIFIKASI-BAHANKIMIA-20-MARET-2017-excel.pdf> diakses 25 Mei 2025
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (1949). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Smith, R. (2020). Industrial applications of magnesium oxide. *Chemical Engineering*, 127(3), 45-50.
- Sulistiyono, E., & Suharyanto, A. (2024). “*Kajian Teknologi Pengolahan Mineral Dolomit Indonesia dan Aplikasi Pemanfaatanya*”. Tangerang Selatan: Pusat Riset Metalurgi, Badan Riset dan Inovasi Nasional Gedung 720 Management Centre–Kawasan Sains dan Teknologi BJ Habibie Puspiptek Serpong

- Tempo. (2023). Sifat dan karakter asam sulfat yang perlu diketahui.
<https://www.tempo.co/lingkungan/sifat-dan-karakter-asam-sulfat-yang-perlu-diketahui-110068> diakses 22 Desember 2024
- Treyball, R.E., (1981), “Mass Transfer Operation”, 3th ed., McGraw – Hill Book Company Inc., Tokyo.
- U.S. Geological Survey. (2021). *Magnesium oxide: A mineral resource*.
<https://www.usgs.gov/centers/nmic/magnesium-oxide-mineral-resource>
diakses 22 Desember 2024
- Ulman, F. (1999). “*Ullmann’s Encyclopedia Of Industrial Chemistry 6th edition Vol. 20*” Germany: John Wiley & Sons, Inc.
- Ulrich, G. D., (1984)., “*A Guide Chemical Engineering Process Design and Economics*”, 4th ed., Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Ursula, N. (2017). “Desain Proyek Pabrik Magnesium Oksida Dari Dolomit Dengan Proses Leaching Kapasitas 7.800 Ton/Tahun”. Surabaya: Universitas Surabaya.
- Walas, S. M., (1959). “*Reaction Kinetics for Chemical Engineers*”. McGraw-Hill. Kogakusha. Ltd., Tokyo.
- Zhang, H., & Li, W. (2017). Thermal properties of magnesium oxide-based refractories. *Materials Science and Engineering*, 25(4), 20

