

SKRIPSI

**STUDI EKSTRAKSI MAGNESIUM DARI DOLOMIT DENGAN
MENGUNAKAN PELARUT ASAM KLORIDA**

Disusun dan diajukan oleh:

**AMALIA RAMADANI
D111 20 1040**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI EKSTRAKSI MAGNESIUM DARI DOLOMIT DENGAN
MENGUNAKAN PELARUT ASAM KLOORIDA**

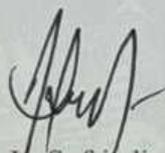
Disusun dan diajukan oleh

Amalia Ramadani
D111 20 1040

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 23 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

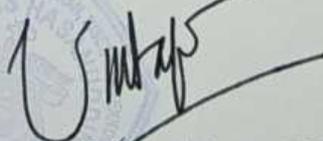
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Sufriadin, S.T., M.T.
NIP. 19660817200012010001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Aryanti Virianti Anas, S.T., M.T.
NIP. 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amalia Ramadani
NIM : D111 20 1040
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Studi Ekstraksi Magnesium dari Dolomit dengan Menggunakan Pelarut Asam Klorida}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 23 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Amalia Ramadani



KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (Skripsi) yang berjudul “Studi Ekstraksi Magnesium dari Dolomit dengan Menggunakan Pelarut Asam Klorida”, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Sholawat serta salam tidak lupa selalu penulis ucapkan kepada Nabi kita, yaitu Nabi Muhammad *Shalallaahu Alaihi Wassalaam* yang telah menyampaikan petunjuk Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* untuk kita semua yang merupakan sebuah petunjuk yang paling benar yakni syariat agama Islam yang sempurna dan merupakan satu-satunya karunia paling besar bagi seluruh alam semesta.

Selama melakukan kegiatan penelitian sampai penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sufriadin, S.T., M.T., selaku Pembimbing I sekaligus Kepala Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan laporan tugas akhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ketua Departemen dan Staff Departemen Teknik Pertambangan yang telah membantu administrasi penulis selama melakukan penelitian sampai penyelesaian skripsi. Terima kasih kepada Kak Zahran Mubarak, S.T., yang telah membantu dalam proses analisis dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD).

Terima kasih kepada Bapak Abdul Halim, Ibu Mastura, Irmawati, Muh. Yunus, Suci Indah Sari dan Siti Nur Azizah, selaku Orang tua dan saudara penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun sehingga penyusunan laporan tugas akhir berjalan dengan lancar. Terima kasih kepada Rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terkhusus untuk Angkatan 2020 DRILLING dan anggota Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian yang selalu memberikan dukungan dan masukan selama penyusunan laporan tugas akhir. Sebagai manusia biasa yang tidak lepas dari berbagai kekurangan, penulis menyadari bahwa di dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan dan pengembangan wawasan khususnya mengenai analisis laju pelindian logam dari Dolomit dengan metode *atmospheric leaching* menggunakan pelarut asam Klorida pada industri pengolahan dan pemurnian bahan galian.

Gowa, 23 Agustus 2024



Penulis

ABSTRAK

AMALIA RAMADANI. *Studi Ekstraksi Magnesium dari Dolomit Dengan Menggunakan Pelarut Asam Klorida (dibimbing oleh Sufriadin)*

Magnesium merupakan logam ringan yang kuat dan sudah digunakan di berbagai industri. Magnesium telah digunakan dalam banyak aplikasi seperti isolasi, pembentukan paduan, desulfurisasi besi cair, pertanian, pupuk, bahan tahan api, konstruksi di bidang kimia dan industri lainnya. Setelah aluminium dan besi, magnesium dianggap menempati urutan ketiga terbanyak logam struktural yang umum digunakan. Logam magnesium dapat diekstraksi dari bijih primer maupun sumber sekunder. Mineral yang saat ini berpotensi menjadi sumber magnesium yakni dolomit. Salah satu metode yang digunakan untuk ekstraksi magnesium dari dolomit yakni *atmospheric leaching*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan kimia bijih dolomit serta menganalisis pengaruh variabel konsentrasi asam klorida dan proses kalsinasi terhadap tingkat ekstraksi magnesium. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode mikroskopis dan *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk analisis mineralogi serta metode *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* untuk analisis kadar magnesium. Percobaan pelindian dolomit dilakukan baik dengan atau tanpa kalsinasi dengan waktu pelindian 120 menit pada suhu 70°C. Hasil analisis dolomit menunjukkan komposisi mineral terdiri dari dolomit dan kalsit. Hasil analisis AAS sampel awal menunjukkan bijih dolomit mengandung Mg sebesar 19,15%. Hasil analisis XRD kalsin menunjukkan bahwa terjadi perubahan difraksi mineral yang ada pada sampel yang disebabkan oleh larutnya mineral tersebut saat proses pelindian berlangsung. Tingkat pelindian maksimum Mg sebesar 100% yang diperoleh pada konsentrasi HCl 4 M, waktu pelindian 120 menit tanpa proses kalsinasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalsinasi tidak memberikan tingkat ekstraksi yang lebih baik di bandingkan sampel tanpa kalsinasi.

Kata Kunci: Bijih dolomit, Magnesium, *Atmospheric Leaching*, Asam klorida, tingkat ekstraksi.



ABSTRACT

AMALIA RAMADANI. *Magnesium Extraction Study from Dolomite Using Hydrochloric Acid Solvent* (supervised by Sufriadin).

Magnesium is a strong, light metal and has been used in various industries. Magnesium has been used in many applications such as insulation, alloy formation, desulfurization of molten iron, agriculture, fertilizer, refractory materials, construction in chemical fields and other industries. After aluminum and iron, magnesium is considered to be the third most commonly used structural metal. Magnesium metal can be extracted from primary ore or secondary sources. The mineral that currently has the potential to be a source of magnesium is dolomite. One method used to extract magnesium from dolomite is atmospheric leaching. This research aims to determine the mineralogical and chemical characteristics of dolomite ore and analyze the influence of variable hydrochloric acid concentration and the calcination process on the level of magnesium extraction. The analytical methods used in this research are the microscopic method and X-Ray Diffraction (XRD) for mineralogical analysis and the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method for magnesium content analysis. Dolomite leaching experiments were carried out both with and without calcination with a leaching time of 120 minutes at a temperature of 70°C. The results of dolomite analysis show that the mineral composition consists of dolomite and calcite. The results of the AAS analysis of the initial sample showed that dolomite ore contained 19.15% Mg. The results of the XRD analysis of calcine showed that there was a change in the diffraction of the minerals in the sample which was caused by the dissolution of these minerals during the leaching process. The maximum Mg leaching rate of 100% was obtained at a HCl concentration of 4 M, leaching time of 120 minutes without a calcination process. The results showed that calcination did not provide a better extraction rate compared to samples without calcination.

Keywords: Dolomite ore, Magnesium, Atmospheric Leaching, Hydrochloric acid, extraction rate.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Dolomit	4
2.2 Teknologi Ekstraksi Magnesium dari Bijihnya	8
2.3 Ekstraksi Padat-Cair/ <i>Leaching</i>	13
2.4 Pelindian Magnesium Menggunakan Asam Klorida	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Lokasi Pengambilan Sampel	19
3.2 Variabel Penelitian	19
3.3 Bahan Uji dan Alat.....	20
3.4 Teknik Pengumpulan Data Penelitian	23
BAB IV Hasil DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Karakterisasi Sampel Bijih Dolomit	37
4.2 Analisis Hasil Pelindian Bijih Dolomit.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi pengambilan sampel bijih dolomit di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo	19
Gambar 2 Proses reduksi ukuran sampel menggunakan <i>agate mortar</i>	25
Gambar 3 Proses pengayakan menggunakan ayakan 200 mesh	25
Gambar 4 Proses penimbangan sampel.....	26
Gambar 5 Proses pengenceran asam	27
Gambar 6 Proses persiapan percobaan pelindian.....	28
Gambar 7 Proses percobaan pelindian	30
Gambar 8 Proses penyaringan hasil pelindian	31
Gambar 9 <i>Pregnant Solution</i> Hasil Pelindian	31
Gambar 10 Proses kalsinasi sampel	32
Gambar 11 Analisis mineralogi menggunakan mikroskop Nikon Eclipse LV- 100 POL	33
Gambar 12 XRD tipe shimadzu maxima-X XRD 7000.....	34
Gambar 13 AAS 7000 Shimadzu ASC-7000.....	35
Gambar 14 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 15 Singkapan dolomit berlapis yang dijumpai di pinggir jalan Desa Ulele, Kecamatan Kabila Bone	37
Gambar 16 Sampel Bijih Dolomit.....	38
Gambar 17 Fotomikrograf sampel bijih dolomit menunjukkan adanya dolomit (Dol) dan Kalsit (Cal).....	38
Gambar 18 Hasil analisis XRD sampel awal	40
Gambar 19 Grafik pengaruh variabel konsentrasi asam klorida pada pelindian dolomit sebelum kalsinasi terhadap tingkat ekstraksi Mg	43
Gambar 20 Perbandingan difraktogram sampel awal dan residu pelindian dari bijih dolomit sebelum kalsinasi	45
Gambar 21 Grafik pengaruh variabel konsentrasi asam klorida pada pelindian dolomit setelah kalsinasi terhadap tingkat ekstraksi Mg	48
Gambar 22 Grafik perbandingan tingkat ekstraksi Mg dari dolomit sebelum dan setelah kalsinasi	49
Gambar 23 Perbandingan difraktogram sampel awal dan residu pelindian dari bijih dolomit setelah kalsinasi	50



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil pengenceran asam klorida (HCl)	27
Tabel 2 Nilai d mineral yang terdapat pada sampel awal	40
Tabel 3 Hasil analisis AAS sampel awal	41
Tabel 4 Hasil analisis AAS kadar Mg pada pelindian sebelum kalsinasi	42
Tabel 5 Tingkat ekstraksi Mg dari dolomit berdasarkan pengaruh konsentrasi asam sebelum kalsinasi	43
Tabel 6 Nilai d mineral yang terdapat pada sampel residu sebelum kalsinasi	45
Tabel 7 Hasil analisis AAS kadar Mg pada pelindian setelah kalsinasi	47
Tabel 8 Tingkat ekstraksi Mg dari dolomit berdasarkan pengaruh konsentrasi asam setelah kalsinasi	47



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
Cal	Kalsit
Dol	Dolomit
Mg	Magnesium
Ca	Kalsium
M	Molar
FCC	<i>Face Center Cubic</i>
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrometry</i>
gr	Gram
mL	Mili liter
rpm	<i>Revolution per minute</i>
V	Volume
PLS	<i>Pregnant Leach Solution</i>
μ	<i>Micron</i>
Å	Angstrom
Ppm	<i>Part per million</i>
η	Tingkat Ekstraksi
C_i	Konsentrasi Logam Dalam PLS
m	Massa
W_i	Konsentrasi Logam
S/L	<i>Solid/Liquid</i>
SSF	<i>Slow Sand Filter</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Pengenceran Asam Klorida.....	56
Lampiran 2 Hasil Analisis AAS.....	57
Lampiran 3 Perhitungan Tingkat Ekstraksi Magnesium.....	63
Lampiran 4 Hasil Analisis XRD	67
Lampiran 5 Kartu Konsultasi.....	78



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mineral dan barang tambang adalah kekayaan alam yang melimpah di Indonesia, tetapi hanya sebagian kecil yang diolah menjadi bahan jadi. Dolomit adalah salah satu barang tambang yang hingga saat ini belum banyak diolah. Bentuknya yang menyerupai tepung dan warnanya yang putih adalah ciri khas dolomit ini. Dolomit mengandung unsur hara magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan memiliki rumus kimia $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Royani & Sulistiyono, 2019). Magnesium adalah logam alkali tanah, dengan simbol Mg dan nomor atom 12. Aplikasi utama produk magnesium adalah otomotif, luar angkasa, obat, elektronik, pakan ternak, suplemen makanan, pupuk, elemen pemanas, dan anoda (Kulkarni, 2015). Setelah aluminium dan besi, magnesium dianggap menempati urutan ketiga terbanyak logam struktural yang umum digunakan (Royani, et al., 2018).

Banyak penelitian telah dilakukan tentang cara mineral dolomit larut dalam berbagai pelarut. Untuk pelarutan bijih magnesit pada skala industri, biasanya digunakan reaktor hidrometalurgi. Raza et al. (2015) melakukan penelitian tentang pelarutan bijih magnesit alam dengan asam suksinat sebagai agen pelarut. Hasil ekstraksi magnesium dipengaruhi oleh ukuran partikel bijih, kecepatan pengadukan, dan rasio padatan. Proses hidrometalurgi berbasis klorida dapat menjadi alternatif potensial untuk produksi logam bernilai dengan memenuhi persyaratan lingkungan yang lebih ketat, sekaligus mengurangi modal dan biaya operasional (Laksmanan, et al., 2016).

Li dkk., (2013) sebelumnya telah melaksanakan sintesis MgO dari bijih dolomit dengan metode *leaching* menggunakan asam klorida (HCl) sebagai pelarut. Penggunaan metode *leaching* dengan HCl ini lebih efisien dalam pemisahan MgO dan CaCO_3 jika dibandingkan dengan teknik hidrotermal atau metode presipitasi yang cenderung memerlukan biaya yang lebih tinggi. Selain itu, metode *leaching*



memerlukan peralatan dan bahan yang sederhana sehingga memudahkan pelaksanaannya (Li, et al., 2013). Baba, dkk., (2014) menemukan bahwa laju reaksi berbanding lurus dengan luas permukaan.

Berdasarkan beberapa penelitian tentang potensi dolomit di Indonesia, proses pelarutan memegang peranan paling penting dalam persiapan pengolahan dolomit agar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Salah satu faktor terpenting dalam proses pelarutan adalah parameter konsentrasi dari pelarut dan adanya kalsinasi sebelum dilakukan pelindian. Mengingat kedua parameter tersebut mempunyai pengaruh yang besar terhadap kandungan magnesium dan kalsium yang terekstraksi selama pelarutan dolomit. Untuk melihat pengaruh dari kedua parameter tersebut, maka dilakukan pelarutan dengan menggunakan beberapa konsentrasi asam klorida dengan atau tanpa proses kalsinasi. Penelitian ini akan membahas tentang ekstraksi Mg dari dolomit dengan metode *atmospheric acid leaching*. Sampel dolomit yang digunakan berasal dari daerah Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo dengan penggunaan pelarut asam klorida pada kecepatan pengadukan dan rasio padatan larutan yang konstant.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana karakteristik mineralogi dan kimia sampel bijih dolomit.
2. Bagaimana pengaruh variabel konsentrasi asam klorida terhadap tingkat ekstraksi magnesium.
3. Bagaimana pengaruh kalsinasi terhadap tingkat ekstraksi magnesium.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik mineralogi dan kimia sampel bijih dolomit.
2. Menganalisis pengaruh variabel konsentrasi asam klorida terhadap tingkat ekstraksi magnesium.
3. Menganalisis pengaruh kalsinasi terhadap tingkat ekstraksi magnesium.

1.4 Manfaat Penelitian



Penelitian ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan memberikan informasi mengenai alternatif lain dalam pengolahan dan ekstraksi Mg yang berasal dari dolomit sehingga dapat diolah dan diekstraksi secara efektif, dimana

melibatkan penggunaan larutan kimia untuk melarutkan komponen logam yang diinginkan dan memisahkannya dari kotoran lainnya. Penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang efisiensi proses ekstraksi. Informasi ini dapat membantu dalam mengoptimalkan proses industri ekstraksi Mg dari sumber mineral alam.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan untuk mengekstraksi magnesium yang berasal dari Endapan Bijih Dolomit Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo menggunakan metode *atmospheric leaching*. Penelitian yang dilakukan ini dibatasi dengan analisis tingkat ekstraksi hanya mencakup pada magnesium sehingga keberadaan unsur-unsur lain tidak diperhitungkan atau diabaikan, kondisi konsentrasi asam klorida yang digunakan dalam proses pelindian adalah 1 M, 2 M, 3 M, dan 4 Molar serta waktu yang digunakan dalam proses pelindian adalah 120 menit. Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 900°C dalam waktu 120 menit.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dolomit

Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah tetapi ada beberapa bahan yang belum dimanfaatkan secara optimal, salah satunya adalah dolomit. Dolomit banyak ditemukan di berbagai wilayah seperti Sumatra Barat, Sumatra Utara, Jawa Tengah, Gresik, Madura, serta Papua dengan spesifikasi kandungan dolomit yang berbeda-beda. Dolomit biasanya digunakan untuk keperluan pembuatan pupuk tanaman dan batu bata untuk bahan bangunan dengan nilai jual yang cukup rendah, padahal dolomit bisa dimanfaatkan di bidang industri seperti zat fluks dalam metalurgi, bahan pembuat kaca, keramik, karet, dan plastik sorben (Wardhani, et al., 2020).

Mineral dolomit adalah salah satu batuan alam yang berbasis pada mineral karbonat seperti halnya batu kapur, kalsit (CaCO_3) dan magnesit (MgCO_3). Nama mineral dolomit berasal dari nama ahli mineral dari Perancis yang bernama Deodat De Dolomieu. Dolomit mempunyai rumus kimia $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$, pada umumnya menunjukkan kenampakan warna putih namun demikian ada juga yang berwarna keabu-abuan, kebiruan dan warna kuning muda. Memiliki berat jenis antara 2,8-2,9 g/ml dan bersifat lunak (derajat kekerasan hanya 3,5-4 skala mohr) dan mudah menyerap air (Warren, 2000).

Dolomit merupakan mineral yang banyak terdapat di alam. Kapur dolomit adalah kapur yang masuk kedalam kategori kapur karbonat. Kapur karbonat sendiri merupakan jenis kapur yang tanpa melalui proses pembakaran, melainkan langsung melalui proses penggilingan untuk memperoleh ukuran partikel yang kecil. Dolomit mempunyai kekerasan 3,5-4 skala Mohs dan berat jenis 2,85, mineral ini mempunyai formula $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$. Mineral ini mengkristal dalam sistem trigonal-rombohedral, berwarna putih, kelabu sampai merah jambu. Sebagai bahan galian bukan logam, mineral ini digunakan pada industri refraktori, semen khusus, fluks

1 logam, pupuk serta bahan baku penghasil magnesia (Wahyudi & io, 2010). Reaksi dolomit dengan asam juga memiliki manfaat, yaitu n untuk netralisasi asam di dalam industri kimia, bahan dalam proyek



restorasi aliran, dan sebagai *conditioner* tanah untuk pertanian. Selain itu, dolomit digunakan sumber magnesiumnya (MgO) untuk bahan aditif pakan ternak, agen sintering dan fluks dalam pengolahan logam, dan sebagai bahan baku produksi kaca, batu bata, dan keramik (Ulinuha, et al., 2022).

Dolomit adalah istilah yang digunakan dalam perdagangan untuk menggambarkan bahan alami yang memiliki kandungan mineral dolomit sebanyak lebih dari 90%. Penamaan dolomit pertama kali diperkenalkan oleh Sausare pada tahun 1792, yang mengambil inspirasi dari nama ahli geologi Perancis, yaitu Deodat Guy de Dolomeau, yang mempelajari batuan karbonat di wilayah Tyrolean, Alpen (Warren, 2000). Pembentukan dolomit dapat terjadi melalui dua proses utama, yaitu proses primer dan sekunder (Boggs, 2009; Pichler & Humphrey, 2001; Banerjee, 2016). Dolomit primer terbentuk secara langsung melalui presipitasi larutan sebagai sedimen atau sebagai bagian dari batuan; sedangkan dolomit sekunder terbentuk melalui penggantian mineral asal, seperti kalsit (CaCO_3), oleh larutan yang mengandung ion Mg^{2+} (Sufriadin, et al., 2021).

Bijih dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) dianggap paling optimal karena menggabungkan satu lapisan CaCO_3 dari kalsit dan satu lapisan MgCO_3 dari magnesit. Penggantian ion Mg^{2+} oleh Fe^{2+} berpengaruh pada peningkatan ukuran sel satuan. Dolomit umumnya ditemukan dalam batuan metamorf yang terutama mengalami metamorfosis regional dan berinteraksi dengan batugamping magnesit atau dolomit, yang dapat mengkristal kembali menjadi marmer dolomit. Pada tingkat metamorfisme yang lebih tinggi, dolomit dapat mengalami dua tahap dekomposisi, yang menghasilkan pembentukan periklas dan kemudian brusit, yang pada gilirannya menghasilkan jenis batuan pencatit, atau berinteraksi dengan kalsit yang lebih melimpah. Selama proses metamorfisme, batugamping yang mengandung dolomit juga dapat mengandung silika, dan dolomit juga biasanya berkontribusi pada pembentukan mineral seperti talk, tremolit, forsterit, dan periklas (Baba, et al., 2014).

Dolomit memiliki tekstur yang kasar, terdiri dari butiran-butiran yang bisa

halus atau kasar. Struktur kristal dolomit memiliki bentuk heksagonal-edral. Secara alami, dolomit memiliki warna putih, namun karena adanya Fe^{2+} , dapat bervariasi menjadi abu-abu krem, merah muda, hijau, atau bahkan



hitam (Abali, et al., 2011). Dolomit refraktori saat ini digunakan di berbagai negara seperti Cina, Inggris, Perancis, India, dan lainnya, dan oleh karena itu, memiliki beragam aplikasi dalam industri baja (Moorkah & Abolarin, 2005).

Dolomit juga dipakai sebagai lapisan dalam sistem Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter/SSF*) untuk mengatur pH dan alkalinitas limbah agar mencapai tingkat yang diinginkan oleh Divisi Kesehatan Oregon. Pemilihan dolomit sebagai pengganti kapur kalsit dipertimbangkan karena kelarutannya yang lebih lambat. Walaupun kalsit dapat menghasilkan perubahan kimia yang lebih signifikan pada air limbah dalam media yang sama, namun frekuensi penggantian media harus lebih sering. Optimalisasi pelarutan dolomit dapat dicapai melalui berbagai faktor seperti konsentrasi asam, distribusi partikel, suhu, proses penghancuran, dan durasi pelarutan (Ntengwe, 2010).

Perkembangan teknologi material telah berkembang dengan pesat dengan adanya terobosan pembuatan struktur mikro sampai nano pada material. Ternyata dengan melakukan modifikasi struktur material mampu merubah sifat material menjadi lebih unggul. Pengembangan struktur material baru tersebut dipicu dengan percepatan pengembangan teori, eksperimental, dan metode numerik (Chan, et al., 2014). Metode ini memungkinkan kita untuk memperoleh pengetahuan baru dan mampu memberikan kendali dan prakiraan terhadap perkembangan fenomena kritis dan peningkatan pemrosesan material yang lebih halus. Pengembangan material maju antara lain adalah dikembangkan material ukuran nano baik itu skala butiran maupun struktur butiran dalam material (Zahrah & Haider, 2019).

Dalam pengembangan material maju juga menghasilkan material dalam ukuran sangat halus berupa dalam, bentuk batangan atau nanorods dan bentuk bola sempurna atau *spherical*. Material maju bukan hanya menggunakan material dari unsur berharga namun juga berasal dari unsur bahan yang murah seperti silika, magnesium, aluminium dan lain-lain. Indonesia mempunyai sumberdaya alam mineral berbasis magnesium dengan jumlah yang banyak, antara lain mineral dolomit. Potensi dolomit yang cukup besar antara lain terdapat di Kabupaten

; Jawa Tengah, Kabupaten Gresik dan Lamongan di Jawa Timur. Dolomit apat pada daerah tersebut memiliki kadar magnesium dari rendah hingga kitar 22% (Sulistiyono, et al., 2015). Daerah lain di Indonesia yang



memiliki potensi dolomit antara lain Bone Bolongo Provinsi Gorontalo (Sufriadin, et al., 2021).

Pemanfaatan mineral dolomit di Indonesia pada umumnya adalah untuk pupuk tanaman kelapa sawit. Hal ini karena Indonesia memiliki lahan kelapa sawit terbesar di Dunia. Pupuk dolomit di gunakan dalam perkebunan kelapa sawit dimulai dari pembuatan bibit dan menjaga kesuburan lahan (Ginting, et al., 2020). Disamping untuk perkebunan kelapa sawit juga digunakan untuk perkebunan tebu (Basuki & Sari, 2019). Dolomit disamping untuk pupuk juga dimanfaatkan untuk sebagai bahan bangunan yang dikenal dengan Batu Kumbang Putih (Muntaha, 2007). Dengan melihat manfaat utama mineral dolomit untuk pupuk dan bahan bangunan memberikan nilai tambah terhadap mineral dolomit cukup rendah (Sulistiyono, et al., 2022).

Untuk meningkatkan nilai tambah mineral dolomit di masa mendatang adalah dengan pemanfaatan dolomit untuk material maju. Potensi dolomit untuk material maju adalah dengan mengolah dolomit menjadi bahan industri antara lain bahan magnesium oksida, garam magnesium untuk farmasi dan magnesium karbonat. Tahapan awal pengolahan mineral dolomit untuk industri adalah melalui proses kalsinasi dolomit temperatur 900°C (Royani, et al., 2016). Hasil dari proses kalsinasi ini dapat dibuat produk garam magnesium dengan menggunakan proses leaching dengan HCl (Royani, et al., 2018). Pengembangan lebih lanjut proses kalsinasi antara lain proses kalsinasi parsial pada temperature 725°C . Hasil dari proses kalsinasi parsial dapat diperoleh produk magnesium karbonat presipitat (Sulistiyono et al., 2017). Proses pelarutan asam klorida dan presipitasi larutan amonia sering digunakan dalam pemurnian MgO dari sumber material yang mengandung magnesium. Pelarutan asam klorida dan presipitasi larutan ammonia diperoleh MgO dengan kemurnian tinggi (Saputri & Rohmawati, 2021).

Dalam konteks mineralogi, dolomit memiliki struktur yang terdiri dari lapisan bergantian antara kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang dipisahkan oleh ion karbonat (CO_3) (Gregg, et al., 2015). Ion Ca dapat digantikan oleh ion lain yang

valensi dan ukuran yang relatif serupa, seperti Fe, Sr, dan Na. Demikian juga dapat menggantikan Ca. Secara umum, dolomit memiliki warna keputihan dan tingkat kekerasan sekitar 3,5 hingga 4 pada skala Mohs, berat jenis berkisar



antara 2,8 hingga 2,9, memiliki butiran yang bisa halus atau kasar, dan memiliki kemampuan untuk menyerap air (Sufriadin, et al., 2021).

Dolomit merupakan salah satu bahan galian yang termasuk dalam kelompok mineral karbonat dengan rumus kimia $[Ca,Mg(CO_3)_2]$ dan memiliki struktur kristal rombohedral. Dolomit banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri dewasa ini terutama di bidang pertanian, industri gelas, semen, keramik, cat, kertas, plastik, bahan refraktori, dan farmasi (Olszak & Jablonski, 2014). Dolomit juga berpotensi sebagai bahan penyerap logam-logam berat dari air limbah (Imen, et al., 2019). Indonesia memiliki sumberdaya dolomit yang cukup besar yakni 4,9 milyar ton dalam kategori hipotetik, sementara cadangan terkira mencapai lebih dari 128,9 juta ton. Endapan dolomit di Indonesia tersebar di Pulau Jawa, Sumatera bagian barat, Sulawesi dan Papua. Dolomit di Sulawesi dilaporkan dijumpai tersebar di sejumlah kabupaten diantaranya adalah Kabupaten Maros, Pangkep, Barru, Enrekang, Tanah Toraja dan Toraja Utara. Keberadaan dolomit juga diindikasikan terdapat di lokasi lainnya seperti di Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo. Pemanfaatan dolomit di Sulawesi masih sangat rendah dan terbatas sebagai bahan bangunan. Masih rendahnya penggunaan dolomit di Sulawesi kemungkinan disebabkan oleh kurangnya informasi mengenai keterdapatannya, jumlah sumberdaya serta kualitas, karakteristik mineralogi dan kimia dolomit (Sufriadin, et al., 2021).

2.2 Teknologi Ekstraksi Magnesium dari Bijihnya

Magnesium adalah logam alkali tanah, dengan simbol Mg dan nomor atom 12. Bilangan oksidasi yang paling umum adalah 2^+ . Magnesium adalah unsur paling melimpah ketiga di air laut dan unsur paling melimpah kedelapan di kerak bumi, mewakili sekitar 2,1% komposisinya. Tiongkok tetap menjadi produsen magnesium terkemuka di dunia yang memproduksi sekitar 900 kt per tahun dalam bentuk logam, dan lebih dari 11.000 kt per tahun dalam bentuk senyawa. Terdapat peningkatan permintaan magnesium sulfat untuk aplikasi pertanian, serta meningkatnya permintaan akan aduan magnesium untuk aplikasi teknis dan teknik (Sufriadin, et al., 2015). Senyawa magnesium yang umum diperdagangkan adalah magnesium klorida, magnesium hidroksida, dan magnesium sulfat. Produk utama magnesium adalah otomotif, luar angkasa, obat, elektronik,



pakan ternak, suplemen makanan, pupuk, elemen pemanas, dan anoda (Liu, dkk., 2020; Santos, dkk., 2020; Liang, dkk., 2020; Raza, dkk., 2015). Konversi mineral magnesium menjadi magnesium karbonat (yaitu karbonasi) juga merupakan pendekatan penting dalam penyerapan CO₂ emisi (McCutcheon, et al., 2015).

Negara Indonesia memiliki kekayaan alam yang melimpah, berupa barang tambang dan mineral. Keterlimpahan barang tambang tersebut hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai bahan olahan jadi. Salah satu barang tambang yang sampai sekarang belum banyak pengolahannya adalah dolomit. Dolomit merupakan batuan mineral yang diperoleh dari alam, di dalamnya terdapat unsur hara berbentuk Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), dan mempunyai rumus kimia CaMg(CO₃)₂. Dolomit biasanya digunakan oleh petani lokal sebagai pupuk yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara serta menetralkan asam pada tanah. Dari mineral tersebut dapat disintesis melalui metode ekstraksi dan aerasi untuk menghasilkan magnesium fosfat (Mg₃(PO₄)₂). Namun saat ini industri di Indonesia masih tergantung terhadap impor bahan magnesium fosfat untuk memenuhi kebutuhannya dan masih belum tersedia industri yang mampu menghasilkan atau mengekstraksi magnesium fosfat dengan bahan baku mineral dolomit (Dewangga, et al., 2022).

Untuk mencapai hasil yang optimum dari proses ekstraksi magnesium dari dolomit, perlu diketahui acuan yang digunakan dalam pengaruh proses tersebut. Semakin banyak pendekatan data yang digunakan dalam proses penelitian, maka hasil yang diperoleh akan semakin optimum. Sebelum ekstraksi, dolomit baiknya dikalsinasi terlebih dahulu. Kalsinasi merupakan suatu proses pemanasan suatu batuan kapur dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen untuk terjadinya proses dekomposisi thermal. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan atau menguraikan bahan volatil yang ada dalam material. Selama kalsinasi, menyebabkan senyawa kimia terurai menjadi produk yang lebih sederhana. Terdapat dua tahapan dalam proses kalsinasi mineral dolomit, pertama adalah penguraian magnesium karbonat (MgCO₃) menjadi magnesium oksida (MgO),



an dengan penguraian kalsium karbonat (CaCO₃) menjadi kalsium oksida. Mengingat reaksi penguraian magnesium karbonat terjadi pada suhu 510-550°C dan untuk kalsium karbonat sekitar suhu 800-900°C (Dewangga, et

Tahap selanjutnya adalah proses sintesis yang menggunakan metode ekstraksi. Menurut penelitian yang telah dilakukan tentang pembuatan kiserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dari bahan baku dolomit dengan menggunakan larutan asam sulfat. Pada prosesnya menggunakan dolomit dengan berat 100 gr dan ukuran 100-200 mesh serta variabel peubahnya adalah waktu reaksi 30 dan 60 menit yang direaksikan dengan asam sulfat 9N per volume mulai dari 49-59 mL. Hasil penelitian didapatkan kristal kiserit dengan struktur monoklin dengan produk samping berupa *gypsum*, serta kadar MgO yang diperoleh berkisar antara 25,2-28,6% dengan perolehan kiserit tertinggi yang dicapai dalam uji pelarutan adalah 94,1% dan 97,9% (Wahyudi & Supriyatno, 2010).

Dalam penelitian tentang ekstraksi magnesium dari mineral dolomit menggunakan metode *leaching* asam klorida. Pada prosesnya, digunakan variabel kadar konsentrasi asam klorida sebesar 0,5-2 M dengan menggunakan suhu reaksi 30-75°C dengan waktu pencucian selama 1-3 jam. Sebelum dilakukan proses *leaching* pada mineral dolomit, terlebih dahulu dilakukan kalsinasi dengan suhu 900°C dalam waktu 5 jam. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa ekstraksi Mg meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi HCl, suhu reaksi, dan kecepatan pengadukan dengan kondisi optimum untuk proses *leaching* adalah 2 M HCl pada suhu 75°C selama 3 jam dengan perbandingan padat/cair 20 mL/g dan kecepatan pengadukan 400 rpm dihasilkan ekstrak Mg dengan kemurnian 98,82% (Dewangga, et al., 2022).

Magnesium oksida (MgO) merupakan material keramik yang memiliki potensi dalam bidang medis dan industri, dimana MgO dapat diperoleh dari bahan alam dolomit. Magnesium oksida adalah zat padat berwarna putih yang terbentuk melalui ikatan ionik antara satu atom magnesium dan satu atom oksigen, membentuk struktur kristal FCC (Alpionata & Astuti, 2015). Bahan MgO dalam bentuk nano memiliki potensi yang lebih luas, terutama dalam aplikasi industri, seperti sebagai agen bakterisida, katalis, bahan keramik, alat remediasi, dan penyerap pada limbah (Li, et al., 2013). MgO juga dapat digunakan sebagai

dekomposisi aluminium titanata dan memiliki aplikasi medis sebagai agen ri dan dalam pengobatan. Sebagian besar penelitian sejauh ini telah atkan ion Mg^{2+} untuk mensintesis nanopartikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan MgO (Tang



& B, 2014). Namun, beberapa mineral alami, seperti dolomit dan magnesit, juga dapat berfungsi sebagai sumber ion Mg^{2+} yang lebih ekonomis dan lebih sesuai untuk keperluan industri dibandingkan dengan bahan komersial. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan utama dalam produksi nanopartikel MgO adalah dolomit (Mantilaka, et al., 2014).

Terdapat beberapa metode yang biasa digunakan untuk mengekstraksi logam dan senyawa dari bijihnya, namun metode hidrometalurgilah yang umumnya paling sering digunakan untuk mengekstraksi magnesium dari mineralnya. Metode ini juga relatif lebih mudah dan murah dibandingkan dengan metode lainnya. Pencucian dolomit jarang dipelajari di masa lalu, namun dua proses industri utama yang menonjol dalam mengolah dolomit untuk produksi logam adalah sebagai berikut (Baba, et al., 2014):

1. Reduksi termal magnesium oksida, terutama dari dolomit dengan ferrosilikon, yang dikenal sebagai proses silikotermik.
2. Perolehan kembali magnesium klorida dari bahan mentah sebelum diubah menjadi logam melalui proses elektrolisis garam cair.

Studi tentang pencucian bijih dolomit Nigeria dalam asam organik menunjukkan bahwa pencucian secara kinetik dikendalikan oleh reaksi kimia permukaan. Nilai energi aktivasi reaksi diperoleh sebesar 42,08 kJ/mol. Kinetika pelindian bijih magnesit alami yang melibatkan asam organik encer seperti asam suksinat dan asam glukonat telah dilakukan, dan diselidiki bahwa proses pelindian dikontrol secara kimia (Raza, et al., 2015). Dolomit, dengan rumus kimia $(MgCa(CO_3)_2)$, merupakan jenis batuan yang serupa dengan batu kapur, mengandung dua garam karbonat utama, yaitu $CaCO_3$ dan $MgCO_3$. Secara teoritis, dolomit murni memiliki kandungan sekitar 45,6% $MgCO_3$ atau sekitar 21,9% MgO, sementara sisanya adalah sekitar 54,3% $CaCO_3$ (Maulana & Hidayat, 2015). Hingga saat ini, pemanfaatan mineral dolomit di Indonesia terbatas pada pembuatan pupuk dolomit dan penggunaannya sebagai bahan bangunan, yang memiliki nilai jual yang terbilang rendah (Royani & Sulistiyono, 2019). Oleh karena itu, untuk

tkan nilai ekonomisnya, dolomit bisa diolah menjadi Magnesium ($MgCO_3$) dan kalsium karbonat ($CaCO_3$) sehingga penggunaannya lebih luas (Mantilaka, 2014).



Salah satu metode untuk menguraikan magnesium karbonat dan kalsium karbonat dalam dolomit adalah dengan melakukan kalsinasi parsial, yaitu suatu proses di mana kalsium karbonat dan magnesium karbonat dalam bijih dolomit dapat diuraikan hingga dapat dihasilkan produk berupa CaO dan MgO (Sulistiyono, et al., 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Rohmawati dkk., (2019) telah menginvestigasi persiapan CaCO_3/MgO dari bijih dolomit Bangkalan yang dimaksimalkan sebagai agen antibakteri untuk perawatan rongga mulut. Dalam penelitian tersebut, persiapan CaCO_3/MgO dilakukan menggunakan teknik kalsinasi parsial, namun tidak menghasilkan pemisahan yang jelas antara CaCO_3 dan MgO dalam bijih dolomit (Rohmawati, et al., 2019). Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami menjalankan pemisahan CaCO_3 dan MgO dengan metode *leaching* untuk mempermudah proses sintesis MgO. Metode *leaching* adalah proses ekstraksi yang menggunakan pelarut asam pada bijih dolomit (Abali, et al., 2011).

Paduan magnesium dan turunan magnesium sangat penting untuk beragam industri, karena sifat fisikokimia khususnya, termasuk biokompatibilitas, kepadatan rendah, peredam mekanis, dan kapasitas penyimpanan hidrogen. Selain itu, senyawa magnesium sendiri sangat penting dalam bidang pertanian, farmasi, konstruksi, dan aplikasi industri yang luas. Pelindian adalah langkah penting dalam perolehan magnesium dari bijih yang mengandung magnesium, dan bahan pelindian yang paling umum adalah asam organik dan anorganik, serta garam amonium, yang kemanjurannya bergantung pada umpan mineral. Asam organik digunakan dengan mineral yang memiliki kinetika pencucian cepat. Asam-asam ini memiliki daya larut yang lebih kecil namun lebih selektif dan tidak terlalu merusak peralatan. Sebaliknya, asam anorganik memiliki daya larut lebih besar dan lebih mudah didapat. Namun, asam anorganik kurang selektif dan menyebabkan lebih banyak kerusakan pada peralatan, karena mempersulit pengendalian pH (Sulistiyono, et al., 2015).

Salah satu kunci sukses dari proses pembuatan magnesium karbonat dan kalsium karbonat adalah proses kalsinasi parsial. Kalsinasi parsial adalah proses



in senyawa magnesium karbonat dalam dolomit sehingga diperoleh MgO. Proses kalsinasi dalam dolomit terjadi dalam dua tahapan yaitu in MgCO_3 menjadi MgO, dilanjutkan penguraian CaCO_3 menjadi CaO

dan yang terakhir penguraian secara total. Reaksi penguraian magnesium karbonat terjadi lebih dahulu dibandingkan reaksi penguraian kalsium karbonat, karena energi yang diperlukan untuk proses penguraian magnesium karbonat lebih rendah dibandingkan dengan kalsium karbonat. Rentang reaksi magnesium karbonat terjadi pada temperatur 510°C-750°C dan kalsium karbonat berikisar 800°C-900 °C. Proses kalsinasi terhadap mineral lokal dolomit juga pernah dilakukan oleh Andliswarman dan Eni Febriana (2011) . Hasil penelitian kalsinasi dolomit yang dilakukan oleh Eni Febriana dilakukan pada temperatur 700 °C - 1000 °C selama 6 jam dengan ukuran partikel yang sama yaitu –80 mesh. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada temperatur 900 °C terjadi proses kalsinasi secara sempurna sehingga senyawa dolomit telah berubah menjadi CaO dan MgO. Ukuran butiran dolomit berpengaruh pada hasil proses kalsinasi, semakin besar ukuran dolomit yang diproses maka semakin cepat reaksi kalsinasi terjadi (Sulistiyono, et al., 2015).

2.3 Ekstraksi Padat-Cair/*Leaching*

Ekstraksi secara umum merupakan suatu proses pemisahan zat aktif dari suatu padatan maupun cairan dengan menggunakan bantuan pelarut. Ekstraksi padat-cair (*leaching*) adalah proses pemisahan zat yang dapat melarut (solut) dari suatu campurannya dengan padatan yang tidak dapat larut (inert) dengan menggunakan pelarut cair. Proses yang terjadi didalam *leaching* ini biasanya disebut juga dengan difusi. Prinsip proses ekstraksi yaitu pelarut ditransfer dari bulk menuju ke permukaan. Pelarut menembus masuk atau terjadi difusi massa pelarut pada permukaan padatan inert ke dalam pori padatan. (*intraparticle diffusion*). Zat terlarut (solut) yang ada dalam padatan nantinya akan larut kedalam pelarut lalu karena adanya perbedaan konsentrasi yang digunakan. Campuran solut dalam pelarut berdifusi keluar dari permukaan padatan inert. Selanjutnya, zat terlarut (solut) keluar dari pori padatan inert dan bercampur dengan pelarut yang ada pada bagian luar padatan (Prayudo, et al., 2015).



straksi padat-cair atau *leaching* adalah transfer difusi komponen terlarut dari proses inert ke dalam pelarutnya. Proses ini merupakan proses yang reversibel karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan

semula tanpa mengalami perubahan kimiawi. Ekstraksi dari bahan padat dapat dilakukan jika bahan yang diinginkan dapat larut dalam solvent pengestraksi. Ekstraksi berkelanjutan diperlukan apabila padatan hanya sedikit larut dalam pelarut. Namun sering juga digunakan pada padatan yang larut karena efektifitasnya. Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan dimana komponen mengalami perpindahan massa dari suatu padatan ke cairan atau dari cairan ke cairan lain yang bertindak sebagai pelarut. Ekstraksi padat cair, yang sering disebut *leaching*. *Leaching* adalah proses mengekstraksi mineral atau zat terlarut dari padatan dengan melarutkannya dalam cairan atau pelarut, baik di alam atau melalui proses industri (Prayudo, et al., 2015).

Ekstraksi padat-cair, yang sering disebut sebagai *leaching*, merupakan suatu metode untuk memisahkan zat padat yang dapat larut (zat terlarut) dari campuran dengan zat padat lain yang tidak dapat terlarut (*inert*) melalui proses pelarutan. Secara garis besar, proses ekstraksi ini melibatkan tiga tahapan utama, yakni sebagai berikut (Oktafiani, 2017):

1. Tahap pertama melibatkan penambahan sejumlah massa pelarut ke dalam sampel, seringkali melalui proses dilusi.
2. Pada tahap ini, zat terlarut (*solute*) terpisah dari sampel dan larut dalam pelarut (*solven*), membentuk apa yang disebut sebagai fase ekstrak.
3. Selanjutnya, tahap pemisahan dilakukan untuk memisahkan fase ekstrak dari sampel.

Prinsip dasar dari proses *leaching* adalah bahwa pelarut akan menyebabkan bahan padatan larut sebagian, sehingga zat terlarut yang diinginkan dapat diambil setelah itu dilakukan pemisahan antara larutan yang terbentuk dengan padatan yang tersisa. Pemisahan fasa padat dari fase cair dapat dilakukan melalui berbagai operasi seperti sedimentasi, filtrasi, atau sentrifugasi. Proses *leaching* dapat dilakukan dalam berbagai sistem, baik itu dalam *mode batch*, *semibatch*, atau *continuous*. Biasanya, operasi ini dilakukan pada suhu tinggi agar kelarutan solut dalam pelarut meningkat. Untuk meningkatkan efisiensi, aliran sistem dapat diatur

rah *co-current* atau *counter-current*. Namun, perlu dicatat bahwa n sempurna jarang tercapai karena adanya keseimbangan fasa, dan secara sulit untuk mencapainya. Oleh karena itu, ada kemungkinan selalu akan



ada sebagian kecil zat cair yang terperangkap dalam padatan setelah proses ini selesai. Dalam perhitungan operasi ini, terlibat tiga komponen utama, yaitu padatan, pelarut, dan solut. Biasanya, yang diumpangkan adalah padatan yang terdiri dari bahan pembawa yang tidak larut dan senyawa yang dapat larut. Senyawa yang dapat larut ini umumnya merupakan zat atau mengandung zat yang diinginkan dalam proses *leaching* tersebut (Oktafiani, 2017).

Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen dengan menggeser massa dari suatu bentuk padatan ke bentuk cairan atau dari satu cairan ke cairan lain yang bertindak sebagai agen pelarut. Salah satu jenis ekstraksi yang umum disebut *leaching*, yaitu metode untuk mengekstraksi mineral atau substansi terlarut dari dalam suatu padatan dengan melarutkannya dalam cairan atau pelarut, baik itu dalam kondisi alamiah maupun dalam konteks industri. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi efektivitas pada proses ekstraksi, Adapun faktor-faktornya yakni sebagai berikut (Wardhani, et al., 2020):

1. Konsentrasi

Konsentrasi reagen adalah faktor penting. Semakin tinggi konsentrasi reagen, semakin banyak ion H^+ yang berpartisipasi dalam reaksi, yang pada gilirannya akan meningkatkan produksi magnesium. Oleh karena itu, reaksi yang terjadi akan berjalan dengan lebih cepat. Sebaliknya, jika konsentrasi reagen rendah, jumlah ion H^+ yang tersedia akan terbatas, dan ini akan mengurangi kecepatan reaksi serta jumlah magnesium yang diekstraksi. Kenaikan persentase magnesium yang terekstrak berkaitan positif dengan adanya peningkatan konsentrasi dari pelarut asam karena adanya peningkatan laju reaksi dan laju difusi ion H^+ .

2. Suhu

Suhu memengaruhi kecepatan reaksi ekstraksi. Pada suhu tinggi, partikel memiliki energi kinetik yang lebih tinggi, sehingga lebih banyak partikel-partikel yang bereaksi dan bergerak lebih cepat dibandingkan dengan pelindian pada suhu rendah. Percobaan menunjukkan bahwa persentase magnesium dan kalsium yang terekstrak meningkat dengan peningkatan suhu. Dengan meningkatnya suhu, partikel-partikel dalam larutan memperoleh lebih banyak energi kinetik. Ini meningkatkan frekuensi dan



energi tumbukan antara molekul pelarut dan solut, yang pada akhirnya meningkatkan laju pelarutan dan ekstraksi.

3. Waktu Ekstraksi

Durasi waktu ekstraksi sangatlah berpengaruh terhadap jumlah ekstrak yang akan dihasilkan. Semakin lama waktu kontak yang terjadi antara pelarut dan bahan baku, maka semakin banyak zat terlarut yang dapat diekstraksi.

4. Pengadukan

Pengadukan berperan dalam meningkatkan kecepatan perpindahan massa dari permukaan partikel ke dalam larutan, serta mencegah pengendapan. Kecepatan pengadukan digunakan untuk menilai stabilitas magnesium dan kalsium yang telah diekstraksi. Semua faktor ini perlu diperhatikan dalam penelitian ekstraksi magnesium dari bijih dolomit menggunakan asam klorida, karena pemahaman yang mendalam tentang variabel-variabel ini akan membantu dalam mengembangkan metode ekstraksi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Studi ini dapat memiliki dampak positif pada pengembangan industri magnesium dan mengurangi ketergantungan pada impor magnesium.

Banyak faktor yang memiliki dampak signifikan pada kecepatan proses *leaching* ini, seperti yang telah disebutkan dalam penelitian sebelumnya (Wahyudi & Supriyatno, 2010):

1. Kecepatan *leaching* akan meningkat seiring dengan penurunan ukuran bijih, karena semakin kecil partikelnya, semakin besar luas permukaannya, memungkinkan terjadinya interaksi antara padatan dan larutan.
2. Peningkatan suhu juga berkontribusi pada peningkatan laju *leaching*.
3. Konsentrasi bahan pengeluran juga memengaruhi laju proses ini; semakin tinggi konsentrasinya, semakin cepat proses *leaching* terjadi.
4. Penurunan massa jenis bubur (campuran dengan udara) juga berpengaruh positif pada kecepatan proses *leaching*.
5. Jika terjadi pembentukan produk yang tidak larut selama proses pengeluran, kecepatan proses *leaching* ini akan bergantung pada sifat produk tersebut. Pembentukan lapisan *nonporous* akan mengakibatkan penurunan drastis dalam laju *leaching*, sementara produk padatan yang bersifat *porous* tidak akan mempengaruhi laju *leaching* secara signifikan.



2.4 Pelindian Magnesium Menggunakan Asam Klorida

Proses hidrometalurgi berbasis klorida dapat menjadi alternatif potensial untuk produksi logam bernilai ini dengan memenuhi persyaratan lingkungan yang lebih ketat, sekaligus mengurangi modal dan biaya operasional. Daur ulang bahan pengencer klorida dan minimalisasi produksi limbah yang tidak diinginkan merupakan keuntungan nyata dari proses hidrometalurgi berbasis klorida. Klorida campuran yang mengandung asam klorida dan magnesium klorida merupakan pelindian yang efektif, yang memungkinkan laju pelindian yang cepat pada suhu dan tekanan atmosfer sedang, serta perolehan logam yang tinggi. Asam klorida dihasilkan dari larutan besi klorida yang mengandung air melalui pirohidrolisis, yang sebagian besar dilakukan dalam industri pengawetan baja (Laksmanan, et al., 2016).

Li dkk., (2013) sebelumnya telah melaksanakan sintesis MgO dari bijih dolomit dengan metode *leaching* menggunakan asam klorida (HCl) sebagai pelarut. Penggunaan metode *leaching* dengan HCl ini lebih efisien dalam pemisahan MgO dan CaCO_3 jika dibandingkan dengan teknik hidrotermal atau metode presipitasi yang cenderung memerlukan biaya yang lebih tinggi. Selain itu, metode *leaching* juga memerlukan peralatan dan bahan yang sederhana sehingga memudahkan pelaksanaannya. Serbuk yang dihasilkan dari sintesis tersebut kemudian dijalani proses kalsinasi dengan variasi suhu antara 600°C hingga 900°C selama 4 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fasa MgO terbentuk secara optimal pada suhu kalsinasi sekitar 800°C (Li, et al., 2013).

Baba, dkk., (2014) mempelajari kinetika dan optimalisasi pelarutan bijih dolomit dalam larutan asam klorida. Mereka menyelidiki kinetika reaksi antara air dan bubuk MgO pada suhu 9, 18, 28 dan 38°C dalam reaktor *batch* pengaduk. Mereka mempelajari enam sampel komersial MgO yang dibuat dari $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ditambah dua yang tidak diketahui asal usulnya dengan luas permukaan spesifik 12 hingga $80 \text{ m}^2/\text{g}$, dan setelah mengoreksi distribusi ukuran partikel, mereka menemukan bahwa laju reaksi ternyata berbanding lurus dengan luas permukaan.



Asam klorida telah digunakan dalam penelitian pelarutan bijih dolomit untuk mendapatkan larutan $\text{MgCl}_2\text{-CaCl}_2$ dalam proses pemurnian bubuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses disolusi adalah salah satu pendekatan yang

layak untuk memanfaatkan sumber bijih karbonat kadar rendah secara efisien. Proses disolusi juga memiliki keunggulan produksi bersih yang merupakan jalur ramah lingkungan dan ramah lingkungan untuk produksi MgO dan CaCO₃ dari bijih dolomit (Li, et al., 2013).

Pelarutan asam klorida digunakan dalam pembuatan nanopartikel MgO dari mineral dolomit melalui tahapan kalsinasi, pelarutan dan presipitasi. Dalam persiapan pembuatan nanopartikel MgO tersebut, serbuk dolomit dipanaskan pada 1000°C selama 4 jam, kemudian dilarutkan dalam larutan sukrosa. Pelarutan tersebut dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan MgO dari kalsium. Endapan MgO kemudian dilarutkan dengan asam klorida dan kemudian diendapkan dengan melakukan penambahan natrium hidroksida. Metode ini dinilai kurang ekonomis walaupun menghasilkan kualitas nanopartikel MgO yang baik karena preparasinya memerlukan energi yang tinggi (Mantilaka, et al., 2014).

Sebelum dilakukan proses ekstraksi, batuan dolomit melalui beberapa tahap preparasi, antara lain proses pengecilan ukuran partikel dan proses kalsinasi. Proses pengecilan ukuran partikel dolomit akan berguna ketika proses ekstraksi berlangsung, karena semakin kecil ukuran partikel dolomit maka semakin besar luas permukaan dolomit yang akan di ekstrak. Semakin luas ukuran partikel dolomit yang akan di ekstrak, maka semakin besar perpindahan analit yang dapat diekstrak. Kalsinasi merupakan suatu proses pemanasan suatu batuan kapur dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen untuk terjadinya proses dekomposisi thermal. Pada penelitian ini, proses kalsinasi batuan dolomit digunakan proses kalsinasi secara parsial, yaitu proses kalsinasi yang bertujuan untuk menguraikan magnesium karbonat menjadi magnesium oksida. Proses kalsinasi dalam dolomit terjadi dalam dua tahapan, yaitu penguraian MgCO₃ menjadi MgO, dilanjutkan penguraian CaCO₃ menjadi CaO, dan yang terakhir penguraian secara total. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi magnesium dari dolomit antara lain kecepatan pengadukan, konsentrasi pelarut, rasio padatan dengan pelarut, Suhu dan waktu ekstraksi berlangsung (Ulinuha, et al., 2022).

