

**EKSTRAKSI  $MgCO_3$  DARI LIMBAH *BRINE WATER*  
GUNUNG PANJANG BOGOR MENGGUNAKAN  
KALSINASI PARSIAL**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh :

Muhammad Ali Imran  
3334200084

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EKSTRAKSI  $MgCO_3$  DARI LIMBAH *BRINE WATER*  
GUNUNG PANJANG BOGOR MENGGUNAKAN  
KALSINASI PARSIAL**

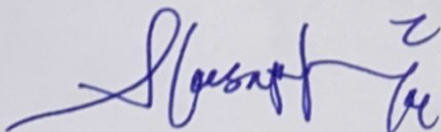
**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



**Ir. Soesaptri Oediyani, M.E.**  
NIP. 196006232003122001



**Dr. Eko Sulistiyono, S.T., M.Sc.**  
NIP.196810221995031001

## LEMBAR PERSETUJUAN

### EKSTRAKSI $MgCO_3$ DARI LIMBAH *BRINE WATER* GUNUNG PANJANG BOGOR MENGGUNAKAN KALSINASI PARSIAL

#### SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

**Muhammad Ali Imran**

**3334200084**

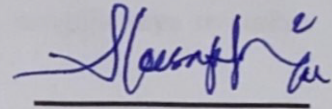
Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 11 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

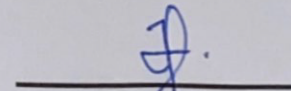
Penguji I

: Ir. Soesaptri Oediyani, M. E



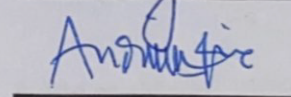
Penguji II

: Dr. Eko Sulistiyono, S.T., M.Sc.



Penguji III

: Andinnie Juniarsih, S.T., M.T.



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



**Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.**

NIP. 198003072005011002

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Ekstraksi  $MgCO_3$  Dari Limbah *Brine Water* Gunung Panjang  
Bogor Menggunakan Kalsinasi Parsial


Nama Mahasiswa : Muhammad Ali Imran

NIM : 334200084

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 11 juli 2024

  
  
Muhammad Ali Imran  
NIM.3334200084

## ABSTRAK

Magnesium karbonat merupakan salah satu mineral magnesium berbasis karbonat, dengan nama mineral *hydromagnesite*. Aplikasi material magnesium karbonat digunakan untuk pemutih kertas, industri otomotif dan bahan kosmetik. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sumber daya berbasis magnesium yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan magnesium karbonat seperti dolomit, magnesite, limbah garam (*bittern*) dan limbah pengolahan *brine water geothermal*. Limbah pengolahan *brine water* Gunung Panjang Bogor memiliki berbagai macam senyawa karbonat golongan II seperti magnesium karbonat, kalsium karbonat dan stronsium karbonat. Pada penelitian ini akan dilakukan proses ekstraksi magnesium karbonat dari limbah pengolahan litium berupa padatan yang mengandung magnesium karbonat, kalsium karbonat dan stronsium karbonat. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah proses kalsinasi magnesium karbonat secara parsial pada temperatur 600°C-700°C. Variabel penelitian pada proses kalsinasi parsial yaitu variasi temperatur kalsinasi (650, 675, 700 dan 750°C) dan waktu kalsinasi (2, 4 dan 6 jam). Setelah dilakukan kalsinasi akan dilakukan proses lanjutan yaitu *slaking*, karbonatasi, dan kristalisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses kalsinasi terbaik adalah pada temperatur 700°C dan waktu proses 2 jam. Hasil terbaik diperoleh magnesium yang terekstraksi adalah 46%, dengan kadar kemurnian 72% dengan nilai persen ekstraksi 74,2%.

**Kata Kunci:** Kalsinasi Parsial, Limbah *Brine Water*, Magnesium Karbonat, Kalsium Karbonat, Temperatur

## ABSTRACT

Magnesium carbonate is one of the magnesium-based carbonate minerals, known as hydromagnesite. The applications of magnesium carbonate materials include paper bleaching, the automotive industry, and cosmetic ingredients. Indonesia, as an archipelago, has magnesium-based resources that can be used as raw materials for the production of magnesium carbonate, such as dolomite, magnesite, salt waste (bittern), and geothermal brine water processing waste. The brine water processing waste from Gunung Panjang, Bogor, contains various group II carbonate compounds, including magnesium carbonate, calcium carbonate, and strontium carbonate. This study aims to extract magnesium carbonate from lithium processing waste in the form of solids containing magnesium carbonate, calcium carbonate, and strontium carbonate. The process used in this study is the partial calcination of magnesium carbonate at temperatures ranging from 600°C to 700°C. The research variables in the partial calcination process include variations in calcination temperature (650, 675, 700, and 750°C) and calcination time (2, 4, and 6 hours). Following calcination, further processes such as slaking, carbonation, and crystallization are carried out. The results showed that the best calcination process occurred at a temperature of 700°C with a processing time of 2 hours. The best results obtained were 46% extracted magnesium, with a purity level of 72% and an extraction percentage of 74.2%.

Keywords: Partial Calcination, Brine Water Waste, Magnesium Carbonate, Calcium Carbonate, Temperature

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi dengan judul “Ekstraksi  $MgCO_3$  dari Limbah *Brine Water* Gunung Panjang Bogor Menggunakan Kalsinasi Parsial”. Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari proses penulisan skripsi ini banyak dibantu oleh beberapa pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan dan Bapak Rahman Faiz Suwandana, S.T., M.S. selaku Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Ir. Soesaptri Oediyani, M.E. selaku pembimbing 1 dan Bapak Dr. Eko Sulistiyono, S.T., M.Sc. selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, semangat, dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Kedua orang tuaku Bapak Roni Mario dan Ibu Sriemilia, Ayah dan Ibu tersayang yang selalu mendoakan untuk kebaikan anaknya, selalu memberikan kasih sayang, cinta, dukungan dan motivasi.
4. Seluruh Sivitas Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) – Serpong yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis selama melakukan penelitian.

5. Teman- teman grup "Panitia Hari Kiamat", KP Aneka Tambang, Brin gedung 470 dan 225, PSDM, Metalurgi angkatan 2020 yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan hingga menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik bagi penulis sendiri maupun para pembaca. Selain itu, penulis berharap karya ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi penelitian lebih lanjut di masa depan.

Cilegon, 11 Juli 2024

Muhammad Ali Imran  
NIM.3334200084



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I     PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Magnesium Karbonat .....	7
2.2 Pembuatan Magnesium Karbonat .....	10
2.3 Kalsinasi Unsur Golongan II .....	16
2.4 Limbah Pengolahan Litium .....	20
<b>BAB III   METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan .....	27

3.2.1 Alat-alat yang Digunakan .....	27
3.2.2 Bahan-bahan yang Digunakan .....	28
3.3 Prosedur Penelitian .....	28
3.3.1 Preparasi Sampel .....	29
3.3.2 Tahapan Kalsinasi Parsial .....	30
3.3.3 Tahapan Proses <i>Slaking</i> .....	31
3.3.4 Tahapan Proses Karbonatasi .....	33
3.3.5 Tahapan Proses Kristalisasi .....	34
3.4 Karakterisasi .....	35
3.4.1 Karakterisasi DTA-TGA ( <i>Differential Thermal Analysis Thermogravimetry Analysis</i> ) .....	35
3.4.2 Karakterisasi ICP-OES ( <i>Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrometry</i> ) .....	36
3.4.3 Karakterisasi XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	37
3.4.4 Karakterisasi XRF ( <i>X-Ray Flourescence</i> ) .....	38
3.4.5 Karakterisasi SEM-EDS ( <i>Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> ) .....	39
3.5 Keterangan Sampel .....	42

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakterisasi Sampel Awal .....	41
4.1.1 Karakterisasi XRF .....	41
4.1.2 Karakterisasi DTA-TGA .....	42
4.1.3 Karakterisasi XRD .....	43
4.2 Pengaruh Temperatur dan Waktu Kalsinasi Parsial .....	44
4.3 Proses <i>Slaking</i> .....	50
4.4 Proses Karbonatasi .....	52

4.5 Proses Kristalisasi .....	53
4.5.1 Filtrat .....	54
4.5.2 Residu .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN B DATA PENELITIAN .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN .....</b>	<b>81</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) adalah salah satu senyawa anorganik yang mengandung magnesium dalam bentuk kombinasi karbonat, hidrat, dan hidroksida. Biasanya berupa serbuk putih mengkilap, amorf, tidak berbau, dan tidak berasa, serta memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan bau dengan efektif. Sifat lainnya termasuk tidak larut dalam air dan alkohol [1]. Magnesium karbonat digunakan sebagai bahan pengisi dalam produk industri seperti polimer. Fungsinya sebagai bahan pengisi bersaing dengan material lain seperti kalsium karbonat, silika, feldspar, kaolin, dan oksida mineral lainnya [2].

Hingga saat ini magnesium karbonat yang terdapat di Indonesia pada umumnya masih impor karena tidak ada magnesium karbonat di alam. Oleh karena itu magnesium karbonat perlu dibuat secara sintetik dengan bahan baku alam berbasis magnesium seperti dolomit, limbah usaha pertambangan garam berupas air *bittern* dan dari limbah pengolahan litium dari dari *brine water*. Pembuatan magnesium karbonat Pembuatan magnesium karbonat diawal dari bahan baku yaitu dolomit. Dolomit dilakukan kalsinasi untuk menghasilkan kalsin dalam bentuk  $\text{MgO}$ . Kalsin dilanjutkan proses slaking dan selanjutnya dilakukan karbonatasi menghasilkan magnesium bikarbonat. Setelah itu, magnesium bikarbonat dipanaskan untuk membentuk endapan magnesium karbonat. Pembuatan

magnesium karbonat dari air laut dilakukan dengan cara melakukan pengendapan terhadap magnesium diubah menjadi magnesium hidroksida dengan penambahan kapur. Setelah magnesium hidroksida mengendap, endapan tersebut dicuci dengan air untuk menghilangkan silika dan lempung. Selanjutnya, endapan direaksikan dengan asam hidroklorida dan asam sulfat, kemudian larutan hasil penyaringan dikeringkan untuk menghasilkan granul magnesium klorida. Bahan ini akan digunakan sebagai bahan baku dalam sel elektrolisis [4]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lallasari, dkk (2017) [14] dapat diketahui komposisi kimia *brine water* yang terdapat di pemandian air panas Tirtasanita, Ciseeng Bogor seperti kalsium, kalium, litium, magnesium dan natrium. Pada penelitian yang dilakukan Lallasari dilakukan penguapan *brine water* diikuti dengan pengendapan K dan Mg yang kemudian dilakukan pemurnian *brine water*, dengan cara pertukaran ion untuk menghilangkan pengotor lainnya. Hasil pengolahan *brine water* yang dilakukan Lallasari, dkk (2017) menghasilkan produk berupa endapan. Disisi lain berdasarkan hasil penelitian sebelumnya ternyata limbah pengolahan litium dari *brine water* yang berasal dari Gunung Panjang berpotensi untuk diolah menjadi magnesium karbonat. Hal ini dapat dilihat dari kandungan limbah berupa magnesium karbonat, kalsium karbonat dan strontium karbonat. Senyawa tersebut jika dipisahkan satu persatu maka limbah tersebut dapat dihasilkan produk yang bermanfaat.

Pada penelitian ini merupakan rintisan untuk mencoba memisahkan limbah tersebut menjadi magnesium karbonat, kalsium karbonat dan stronsium karbonat. Salah satu cara yang terbukti efektif memisahkan ketiga bahan tersebut adalah

melalui proses kalsinasi secara bertahap atau parsial. Berdasarkan hasil pengujian DTA-TG terlihat bahwa temperatur peruraian senyawa karbonat antara magnesium, kalsium dan stronsium berbeda. Sementara itu jika dipisahkan secara kimia ketiga senyawa tersebut yaitu senyawa berbasis magnesium, kalsium dan stronsium memiliki sifat yang hampir sama karena ketiga unsur tersebut sama sama golongan II yaitu logam alkali tanah.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam pengolahan limbah ekstraksi litium dari *brine water* adalah komposisi limbah tersebut yang tergolong dalam senyawa karbonat yaitu magnesium karbonat, kalsium karbonat dan stronsium karbonat. Komposisi limbah tersebut tidak terlalu berdampak terhadap kerusakan lingkungan karena tidak mengandung logam berat, tetapi sangat disayangkan jika hanya menumpuk dan tidak dimanfaatkan karena membutuhkan biaya untuk menyimpan limbah tersebut dan masih memiliki nilai ekonomis dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya. Jika proses pemisahan limbah tersebut dilakukan secara kimiawi akan sulit dilakukan karena senyawa yang terkandung di dalamnya senyawa karbonat magnesium, kalsium dan stronsium yang mana ketiga unsur tersebut termasuk ke dalam golongan II, oleh sebab itu proses pemisahan menggunakan bahan kimia cenderung sulit dilakukan karena sifat yang mirip. Proses pemisahan pada penelitian ini dilakukan pendekatan melalui proses kalsinasi karena ketiga unsur tersebut memiliki perbedaan yang mencolok dari perbedaan nilai  $\Delta G^\circ$  yang memiliki rentang antara masing-masing senyawa untuk beraksi.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengamati proses kalsinasi pada temperatur kalsinasi magnesium karbonat dalam rentang temperatur rendah 600°C sampai 750°C, apakah pada temperatur tersebut senyawa kalsium dan stronsium sudah terkalsinasi.
2. Memperoleh senyawa magnesium karbonat sebagai produk proses pemisahan limbah pengolahan litium dari *brine water*.
3. Target perolehan magnesium adalah 90% unsur magnesium terambil dalam limbah pengolahan litium dari *brine water* yang mengandung magnesium karbonat, kalsium karbonat dan *strontium* karbonat.

### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah limbah *brine water* dari Gunung Panjang, Bogor
2. Proses kalsinasi menggunakan *muffle furnace*
3. Proses karbonatasi menggunakan gas CO<sub>2</sub> dengan perbandingan 100g hasil *slaking*/1000 ml *aquadest* selama 5 menit
4. Pemisahan residu dan filtrat dilakukan dengan metode filtrasi dan filtrat dipanaskan sampai temperatur 90°C
5. Parameter penelitian terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas

Variabel tetap:

- a. Ukuran Sampel 60#
- b. Waktu karbonatasi 45 menit
- c. Perbandingan kalsin dan *aquadest* 2:5

Variabel bebas:

- a. Temperatur kalsinasi : 650, 675, 700 dan 750°C
  - b. Lamanya waktu kalsinasi: 2, 4 dan 6 jam
6. Karakterisasi sampel menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES), *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF)
  7. Penelitian dilakukan di Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) Pusat Riset Metalurgi-Serpong

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab. Pada bab I berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian pemisahan logam magnesium dari limbah *brine water* Gunung Panjang Bogor menggunakan kalsinasi parsial, rumusan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan. Pada bab II berisi tentang tinjauan pustaka berupa teori-teori yang memperkuat penelitian ini yang terdiri dari magnesium karbonat, pembuatan magnesium karbonat, kalsinasi unsur golongan II dan limbah pengolahan litium. Pada bab III membahas metode penelitian yang disajikan dalam diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan saat penelitian serta prosedur yang akan



dilakukan saat penelitian. Pada bab IV membahas tentang hasil dan pembahasan hasil penelitian yang dilakukan. Pada bab V berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan. Selanjutnya terdapat daftar pustaka yang berisi tentang referensi yang digunakan dalam melakukan penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erlina Yustanti, "Ekstraksi Calcite dan Hydromagnesite Dalam Dolomit Secara Hidrasi dan Karbonatasi," , Tesis Magister Bidang Ilmu Material, Universitas Indonesia, Depok, 2004.
- [2] Andliswarman, "Proses Ekstraksi MgO Dari Mineral Dolomit dan Analisis Techno Economic Proses Produksi," Tesis Magister Bidang Ilmu Material, Universitas Indonesia, Depok, 2003.
- [3] Pradyot Patnaik, *Handbook of inorganic chemicals*. New York: The McGraw-Hill Companies Inc, 2003.
- [4] D. Eliezer, E. Aghion, dan F. Froes, "Magnesium Science, Technology and Applications," *Advanced Performance Material*, vol.5, hlm. 201-212, 1998.
- [5] S. Ruan, E. H. Yang, dan C. Unluer, "Production of reactive magnesia from desalination reject brine and its use as a binder," *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, vol. 44, Feb 2021, doi: 10.1016/j.jcou.2020.101383.
- [6] N. Chrisayu Natasha, J. Irawan, E. Sulistiyono, F. Eka Yunita, dan A. R. Rhamdani, "Uji Karakteristik Magnesium Karbonat Sintetis Dari Mineral Dolomit," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2019, ISSN : 2407-1846.
- [7] B. Kaur dan S. N. Bhattacharya, "Automotive dyes and pigments," *Handbook of Textile and Industrial Dyeing*, Elsevier, 2011, hlm. 231–251. doi: 10.1533/9780857094919.2.231.
- [8] H. Gelai, M. Pijolat, K. Nahdi, M. Trabelsi-Ayadi, "Mechanism of Growth of MgO and CaCO<sub>3</sub> During a Dolomite Partial Decomposition," *Journal Solid State Ionics*, hlm. 1039–1047, 2007.
- [9] Sulistiyono, E. "Pembuatan Nano Magnesium Karbonat Hasil Ekstraksi Mineral Dolomit Dengan Gelombang Ultrasonik" Doctoral dissertation, Thesis Universitas Indonesia, 2013.

- [10] B. S. Lalia, A. Khalil, dan R. Hashaikah, "Selective electrochemical separation and recovery of calcium and magnesium from brine," *Sep Purif Technol*, vol. 264, Jun 2021, doi: 10.1016/j.seppur.2021.118416.
- [11] H. Dong, E. H. Yang, C. Unluer, F. Jin, dan A. Al-Tabbaa, "Investigation of the properties of MgO recovered from reject brine obtained from desalination plants," *J Clean Prod*, vol. 196, hlm. 100–108, Sep 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.032.
- [12] Sriatun, Taslimah, Suhartana, *Buku Ajar KIMIA UNSUR*, 1st ed. UPT UNDIP Press Semarang, 2012, ISBN: 978-602-097-309-8.
- [13] SAMCO TECHNOLOGIES, *A Fundamental Guide to Brine Waste Treatment Systems*. SAMCO, 2016.
- [14] L. H. Lalasari, M. K. Widowati, N. C. Natasha, E. Sulistiyono, and A. B. Prasetyo, "The Synthesis of Calcium Salt from Brine Water by Partial Evaporation and Chemical Precipitation," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/176/1/012040.
- [15] M. A. Ponka, D. N. Sahdarani, D. T. Kurniadi, D. A. Yoga, F. M. H. Sihombing, and Supriyanto, "Hydrogeochemical model of Ciseeng geothermal field, Bogor, West Java," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 538, pp. 1–7, doi:10.1088/1755-1315/538/1/012029.
- [16] E. Herald, K. D. Nugrahaningtyas, dan H. Heriyanto, "Calcination on Ca-Mg-Al Hydrotalcite from Brine Water and Its Characterization," *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 13, no. 2, Sep 2017, doi: 10.20961/alchemy.v13i2.5606.
- [17] T. M. Setyoningrum, W. Murni, G. Haryono, R. Maslakhah, D. Riris, and I. Murti, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Pemurnian Batuan Emas Ramah Lingkungan Menggunakan Teknik Sink and Flotation dengan Media Tribromometana," *Jurusan Teknik Kimia*, pp. 14–15, 2020.

- [18] M. D. Yuniati, F. C. M. P. Wawuru, A. T. Mursito, I. Setiawan, dan L. Lintjewas, "The Characteristics of Padamarang Magnesite under Calcination and Hydrothermal Treatment," *Riset Geologi dan Pertambangan-Geology and Mining Research*, vol. 29, no. 2, pp. 153-162, 2019.
- [19] E. Sulistiyono dan L. H. Lalasari, "Karakteristik Perubahan Fasa Pada Proses Kalsinasi Dolomit Dengan Metode Kalkulasi MATCH! 3," *Prosiding Semnastek*, 2022.
- [20] M. Seeger, W. Otto, W. Flick, F. Bickelhaupt, dan O. S. Akkerman, "Magnesium Compounds," *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley, 2011. doi: 10.1002/14356007.a15\_595.pub2.
- [21] D. R. Gaskell, *Introduction to the Thermodynamics of Materials*, 6th ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- [22] G. S. Romadhona, R. Kautsarrany, A. Ariani, and E. Yulianto, "Pengaruh Jenis Campuran Batubara terhadap Kebutuhan Alkali Air Laut dalam Menyerap Gas SO<sub>2</sub> Hasil Pembakaran Batubara di PT Paiton Operation and Maintenance Indonesia," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, pp. 654-662, 2022.
- [24] E. Sulistiyono, A. Manaf, dan Firdiyono, "Pengaruh Media Suspensi Terhadap Proses Ultrasonic Milling Pada Partikel Hydromagnesite." *Majalah Metalurgi*, vol.27, no. 2, hlm 135-140, 2012, ISSN 0216-3188.
- [25] Q. Chen, T. Hui, H. Sun, T. Peng, dan W. Ding, "Synthesis of magnesium carbonate hydrate from natural talc," *Open Chem*, vol. 18, no. 1, hlm. 951–961, Jan 2020, doi: 10.1515/chem-2020-0154.
- [26] S. Muryanto, S. Sutanti, E. Supriyo, dan W. A. Putranto, "Effects of malonic acid on calcium carbonate crystalline phases and morphology," *Atlantis Press*, 2018. doi: 10.2991/icst-18.2018.64.
- [27] Brin, "Jasa Analisis Differentiak Thermal Analysis (DSC)-TGA", Elsabrin, [Online]. Tersedia: <https://elsa.brin.go.id/layanan/index/JASA%20ANALISI%20Differential%20Thermal%20Analysis%20DSC%20-%20TGA/304> [Diakses: 6 Juni 2024].

- [28] Tokoalatlobalatorium " Apa itu SEM(Scanning Electron Microscope)?", Alat labor61wordpress, [Online]. Tersedia: <https://alatlabor61.wordpress.com/2020/05/11/apa-itu-sem-scanning-electron-microscope/> [Diakses: 6 Juni 2024].