

Optimasi Konsentrasi HCl dan Suhu Kalsinasi Terhadap Yield Produk MgCl₂ dari Bittern

Nur Annisa*, Diah Nur Fitri Midayoga, Lilik Suprianti, Srie Muljani

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 21031010019@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 11 November 2025

Disetujui: 14 November 2025

Abstract

The brine solution remaining after salt crystallization contains high levels of valuable minerals, particularly magnesium, which can be extracted and processed into magnesium chloride (MgCl₂), a compound widely used in various industrial applications. This study examines the effect of hydrochloric acid (HCl) concentration and calcination temperature on the yield of MgCl₂ synthesized from brine-derived magnesium hydroxide. Magnesium hydroxide was precipitated using sodium hydroxide and subsequently reacted with HCl solutions of varying concentrations (1N–5N) before being calcined at temperatures ranging from 350°C to 550°C. The results show that both HCl concentration and calcination temperature significantly influence the product yield. The highest yield, 80.07%, was obtained at an HCl concentration of 4N and a calcination temperature of 550°C. While increasing acid concentration and temperature generally improved yield, concentrations above 4N did not provide further benefits and instead tended to decrease efficiency. These findings highlight key processing parameters for optimizing MgCl₂ production from brine, contributing to more efficient resource utilization and environmentally sustainable mineral processing practices.

Keywords: *bittern, calcination, hcl, magnesium chloride, synthesis*

Abstrak

Larutan bittern yang tersisa setelah proses kristalisasi garam masih mengandung mineral berharga, khususnya magnesium, yang dapat diekstraksi dan diolah menjadi magnesium klorida (MgCl₂), suatu senyawa yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Penelitian ini mengkaji pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) dan suhu kalsinasi terhadap yield MgCl₂ yang disintesis dari magnesium hidroksida hasil presipitasi bittern. Magnesium hidroksida dipresipitasi menggunakan natrium hidroksida, kemudian direaksikan dengan larutan HCl pada variasi konsentrasi 1N hingga 5N, dan selanjutnya dikalsinasi pada suhu 350°C hingga 550°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi HCl dan suhu kalsinasi berpengaruh signifikan terhadap yield produk. Yield tertinggi sebesar 80,07% diperoleh pada konsentrasi HCl 4N dan suhu kalsinasi 550°C. Meskipun peningkatan konsentrasi HCl dan suhu cenderung meningkatkan yield, penggunaan konsentrasi HCl di atas 4N tidak memberikan peningkatan lebih lanjut dan justru menurunkan efisiensi. Temuan ini memberikan pemahaman penting mengenai parameter proses yang optimal dalam produksi MgCl₂ dari bittern, serta berpotensi mendukung pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien dan praktik pengolahan mineral yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci: *bittern, kalsinasi, hcl, magnesium klorida, sintesis*

1. Pendahuluan

Kebutuhan bahan baku industri yang terus meningkat dan tuntutan produksi yang berkelanjutan memicu perhatian besar terhadap pemanfaatan limbah industri secara efektif. Salah satu limbah potensial adalah bittern, cairan yang tersisa setelah proses kristalisasi garam. Bittern memiliki kandungan magnesium (Mg) dan klorida (Cl) yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan magnesium klorida (MgCl₂), senyawa yang penting dalam berbagai sektor industri seperti tekstil dan metalurgi [1, 2].

Di daerah pesisir penghasil garam seperti Sampang, Pamekasan, dan Sumenep di Pulau Madura, Indonesia, volume bittern yang dihasilkan tiap musim bisa mencapai 766.809 m³[3]. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah, namun komposisinya memungkinkan untuk dikonversi menjadi produk bernilai tinggi, terutama MgCl₂ yang sangat dibutuhkan dalam industri [4, 5]. Magnesium klorida dikenal karena sifat higroskopis dan kegunaannya yang luas mulai dari pencair es, pengendalian debu, hingga sebagai koagulan dalam manufaktur tekstil [6]. Bittern juga lebih mudah diproses dibandingkan sumber lain seperti air laut, serpentin, atau dolomit akibat kandungan magnesium yang lebih tinggi dan kemudahan ekstraksinya [4]. Berbagai metode seperti presipitasi, kristalisasi fraksional, dan proses suhu

tinggi telah digunakan untuk mengekstrak magnesium dari bittern, namun tanpa optimasi parameter, biaya produksi menjadi tinggi sehingga membatasi penerapan secara industri [7, 8]. Metode kalsinasi terbukti sebagai teknik yang efektif untuk menghasilkan $MgCl_2$ dengan kemurnian tinggi dari bittern. Proses ini melibatkan pemanasan magnesium klorida hidrat guna menghilangkan air terikat sehingga produk akhir menjadi lebih stabil dan kristalinitasnya meningkat [9, 10]. Langkah awalnya adalah presipitasi magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$) dengan penambahan natrium hidroksida ($NaOH$), yang kemudian diubah menjadi $MgCl_2$ dengan reaksi bersama asam klorida (HCl). Setelah proses kalsinasi, diperoleh $MgCl_2$ anhidrat yang siap digunakan dalam aplikasi industri. Keberhasilan proses sangat bergantung pada pengaturan konsentrasi HCl dan suhu kalsinasi secara tepat [11, 12].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi HCl dapat mempercepat konversi magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$) menjadi magnesium klorida ($MgCl_2$) dengan meningkatkan jumlah ion H^+ dalam reaksi, sehingga mempercepat laju reaksi dan meningkatkan hasil produk [11, 13]. Selain itu, suhu kalsinasi yang tepat sangat penting untuk memastikan proses dehidrasi berjalan optimal dan produk akhir memiliki stabilitas yang baik. Suhu kalsinasi yang terlalu rendah berisiko menghasilkan produk yang kurang kering dan berhidrasi, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi produk serta pembentukan senyawa samping seperti magnesium oksida (MgO) yang mengurangi kualitas dan yield produk [12, 14]. Namun, penggunaan konsentrasi asam yang berlebihan atau suhu kalsinasi yang tidak sesuai dapat menimbulkan reaksi samping dan menurunkan efisiensi pemrosesan, termasuk kontaminasi oleh senyawa lain seperti natrium klorida ($NaCl$) [15].

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses sintesis magnesium klorida ($MgCl_2$) dari bittern dengan metode kalsinasi, khususnya dengan memvariasikan konsentrasi asam klorida (HCl) dan suhu kalsinasi, guna memperoleh yield produk $MgCl_2$ yang maksimal. Dengan menemukan kondisi operasi yang optimal, diharapkan proses produksi $MgCl_2$ dari bittern dapat berjalan lebih efisien dan berkelanjutan sebagai alternatif pemanfaatan limbah industri garam.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bittern yang diperoleh dari PT Garam, Sumenep. Bittern ini merupakan sumber magnesium yang akan dimanfaatkan untuk sintesis magnesium klorida ($MgCl_2$). Selain itu, digunakan natrium hidroksida ($NaOH$) dengan konsentrasi 16,45% sebagai pereaksi untuk mengendapkan magnesium dalam bentuk magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$). Larutan natrium klorida ($NaCl$) 3,5% dan air demineralisasi (aquadest) digunakan untuk proses pencucian endapan. Asam klorida (HCl) dengan konsentrasi bervariasi yaitu 1N, 2N, 3N, 4N, dan 5N digunakan sebagai pereaksi dalam sintesis $MgCl_2$. Rangkaian alat yang digunakan meliputi hotplate dengan motor pengaduk untuk melarutkan dan mengaduk larutan, beaker glass sebagai wadah reaksi, serta statif sebagai penyangga alat. Proses kalsinasi dilakukan menggunakan furnace dengan variasi suhu sebagai variabel penelitian ($350^\circ C$, $400^\circ C$, $450^\circ C$, $500^\circ C$, dan $550^\circ C$). Selain itu digunakan oven untuk pengeringan awal sebelum proses kalsinasi.

2.2 Metode Penelitian

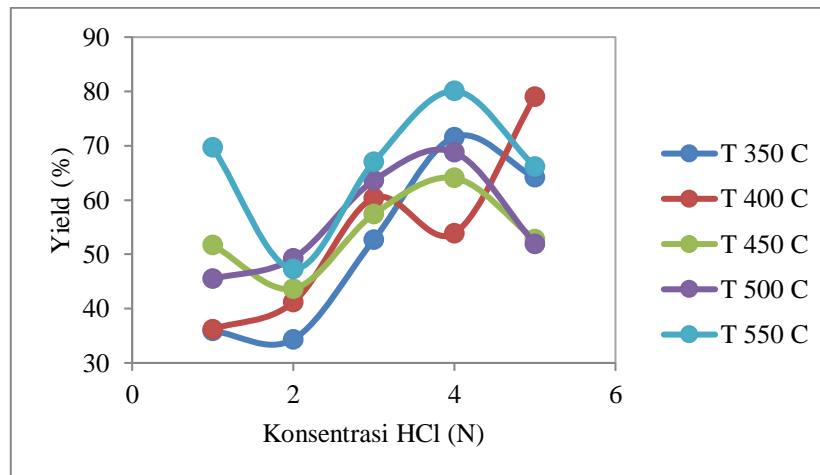
Bittern yang diperoleh terlebih dahulu disaring untuk memisahkan padatan tersuspensi. Kemudian bittern dicampur dengan larutan $NaOH$ 16,45% dengan jumlah stoikiometri yang telah dihitung untuk mengendapkan ion magnesium menjadi magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$). Campuran tersebut diaduk dan didiamkan selama 1 jam untuk memastikan terbentuknya endapan $Mg(OH)_2$ secara maksimal. Endapan $Mg(OH)_2$ yang terbentuk kemudian dipisahkan menggunakan proses filtrasi. Endapan dicuci secara bergantian dengan larutan $NaCl$ 3,5% dan aquadest agar dapat menghilangkan ion-ion pengotor seperti sulfat dan natrium yang masih menempel pada permukaan endapan. Endapan $Mg(OH)_2$ yang telah dicuci direaksikan dengan larutan HCl dengan konsentrasi variatif (1N sampai 5N) pada suhu $100^\circ C$ dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam. Reaksi ini menghasilkan larutan magnesium klorida terhidrasi ($MgCl_2 \cdot xH_2O$). Larutan $MgCl_2$ terhidrasi yang telah mengental kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $110^\circ C$ selama 2,5 jam untuk menghilangkan sebagian air.

Selanjutnya produk kering dimasukkan ke dalam furnace untuk proses kalsinasi dengan variasi suhu $350^\circ C$, $400^\circ C$, $450^\circ C$, $500^\circ C$, dan $550^\circ C$ selama 1 jam. Tujuan kalsinasi adalah menghilangkan sisa hidrasi agar diperoleh $MgCl_2$ anhidrat dengan kemurnian dan yield yang optimal. Yield produk $MgCl_2$ dihitung berdasarkan massa produk akhir yang diperoleh setelah proses kalsinasi dibandingkan dengan massa teoritis yang diharapkan dari reaksi stoikiometri. Variasi konsentrasi HCl dan suhu kalsinasi dianalisis untuk menentukan kondisi optimal yang menghasilkan yield tertinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Yield $MgCl_2$.

Variasi konsentrasi asam klorida (HCl) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap yield produk magnesium klorida ($MgCl_2$). Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, peningkatan konsentrasi HCl dari 1N hingga 4N secara umum meningkatkan yield $MgCl_2$. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya ion H^+ yang mempercepat reaksi netralisasi antara $Mg(OH)_2$ dan HCl sehingga konversi $Mg(OH)_2$ menjadi $MgCl_2$ menjadi lebih lengkap [13, 16].



Gambar 1: Grafik Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Yield $MgCl_2$

Berdasarkan **Gambar 1** didapatkan hasil dari proses sintesis $MgCl_2$ dari bittern dengan metode kalsinasi sesuai dengan variabel konsentrasi HCl. Grafik menunjukkan bahwa pada variasi konsentrasi HCl 1N hingga 5N menghasilkan massa produk akhir setelah kalsinasi dengan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi HCl, meskipun tidak selalu linier. Pada konsentrasi HCl terendah yaitu 1N diperoleh yield sebesar 35,89%, 36,23%, 51,68%, 45,48%, dan 69,66%. Sedangkan pada konsentrasi HCl tertinggi yaitu 5N dihasilkan yield sebesar 64,15%, 79,06%, 52,75%, 51,93%, dan 66,13%. Yield optimum justru diperoleh pada konsentrasi HCl 4N dengan hasil sebesar 71,60%, 53,88%, 64,05%, 68,76%, dan 80,07% pada suhu 550 °C. Yield tertinggi diperoleh pada konsentrasi 4N sebesar 80,07%, yang menunjukkan kondisi optimal dalam hal reaktivitas dan ketersediaan asam untuk proses sintesis.

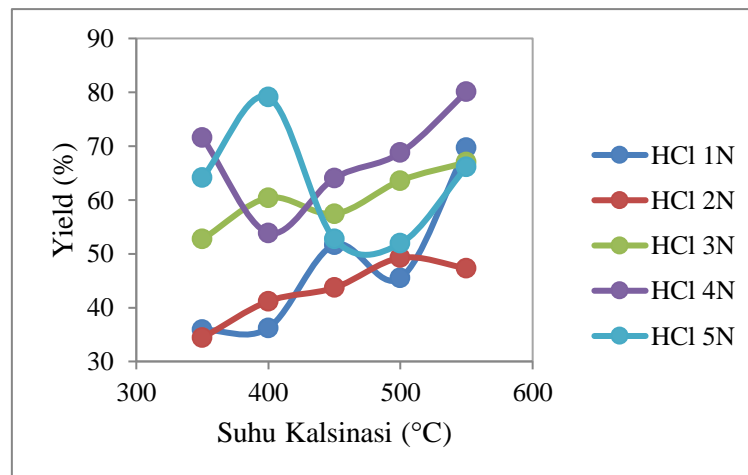
Peningkatan konsentrasi HCl hingga 5N tidak selalu meningkatkan yield secara signifikan dan bahkan cenderung menurun pada beberapa suhu kalsinasi. Penurunan ini dapat terjadi akibat kelebihan asam yang menyebabkan reaksi samping atau pembentukan produk tidak diinginkan sehingga mengurangi efisiensi proses. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terdapat titik optimum konsentrasi asam, setelah itu peningkatan lebih lanjut tidak memberikan manfaat dan dapat menurunkan hasil produk [9].

3.2 Pengaruh Variasi Suhu Kalsinasi terhadap Yield $MgCl_2$.

Suhu kalsinasi juga menjadi faktor penting yang memengaruhi yield $MgCl_2$. **Gambar 2** memperlihatkan bahwa peningkatan suhu kalsinasi dari 350°C hingga 550°C secara umum meningkatkan yield produk. Berdasarkan gambar tersebut diperoleh pengaruh suhu kalsinasi terhadap yield $MgCl_2$ pada tiap variasi konsentrasi HCl. Pada seluruh variabel konsentrasi HCl, nilai yield terendah diperoleh pada suhu 350 °C, yaitu masing-masing sebesar 35,89%, 34,36%, 52,69%, 71,60%, dan 64,15%. Sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada suhu 550 °C, yakni 69,66%, 47,31%, 66,99%, 80,07%, dan 66,13%. Yield $MgCl_2$ menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan kenaikan suhu kalsinasi pada sebagian besar variasi konsentrasi HCl. Pada suhu yang lebih rendah, proses dehidrasi $MgCl_2 \cdot xH_2O$ berjalan tidak sempurna sehingga produk akhir masih mengandung air hidrat yang menurunkan yield anhidrat [5].

Pada suhu 550°C, dehidrasi berlangsung optimal dan menghasilkan $MgCl_2$ anhidrat dengan yield maksimum. Namun, peningkatan suhu kalsinasi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan dekomposisi $MgCl_2$ dan pembentukan magnesium oksida (MgO), yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produk [10]. Dalam penelitian ini, suhu 550°C adalah titik optimum yang memberikan yield tertinggi tanpa menimbulkan degradasi yang signifikan, sesuai dengan rentang suhu optimal [12]. Secara keseluruhan, optimasi kedua parameter tersebut penting untuk mendapatkan hasil sintesis yang maksimal. Kombinasi

konsentrasi HCl sebesar 4N dengan suhu kalsinasi 550°C menunjukkan efisiensi tertinggi dalam produksi $MgCl_2$ dari bittern, yang dapat menjadi acuan dalam pengembangan proses produksi skala industri.



Gambar 2: Grafik Pengaruh Suhu Kalsinasi terhadap Yield $MgCl_2$ dari tiap variasi HCl

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam klorida (HCl) dan suhu kalsinasi memiliki pengaruh signifikan terhadap yield produk magnesium klorida ($MgCl_2$) yang diperoleh dari bittern. Peningkatan konsentrasi HCl secara umum meningkatkan laju reaksi pembentukan $MgCl_2$ hingga mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 4N, di mana yield tertinggi sebesar 80,07% berhasil dicapai. Selain itu, peningkatan suhu kalsinasi juga berkontribusi pada peningkatan yield dengan suhu optimal pada 550°C, yang memungkinkan penghilangan air hidrasi secara efektif dan menghasilkan produk $MgCl_2$ anhidrat dengan kualitas yang lebih baik. Namun, penggunaan konsentrasi HCl yang melebihi 4N tidak memberikan peningkatan berarti dan dapat menurunkan efisiensi reaksi. Dengan demikian, optimasi kedua parameter ini sangat penting untuk mendapatkan hasil sintesis $MgCl_2$ yang maksimal dan efisien dari bittern.

5. Referensi

- [1] Shahjooei, M., Hormati, A. R., & Rezai, B. (2019). The Selective Extraction of Magnesium Components from Bittern Using NaOH : Experimental and Pilot Scale Studies, 51(1), 19–22. doi: 10.22060/ceej.2017.12842.5279
- [2] Randazzo, S., Vicari, F., López, J., Salem, M., Lo Brutto, R., Azzouz, S., ... Cipollina, A. (2024). Unlocking hidden mineral resources: Characterization and potential of bitterns as alternative sources of critical raw materials. *Journal of Cleaner Production*, 436(June 2023). doi: 10.1016/j.jclepro.2023.140412
- [3] Megawati, E., Sriwidodo, & Setyabudi, I. (2021). Potential Combination of Bittern Water with Vitamin B Complex for Mineral Deficiency Therapy in Cattle: A Literature Study. *Jurnal Medik Veteriner*, 4(1), 137–154. doi: 10.20473/jmv.vol4.iss1.2021.137-154
- [4] Shirazi, L., Zamani, Y., & Bahadoran, F. (2015). Recovery of magnesium salts from bitterns by fractional crystallization method. *Petroleum and Coal*, 57(3), 199–204.
- [5] Putra, E. R., & Ariesandi, M. F. (2023). *Pra Rancangan Pabrik Magnesium Klorida dari Asam Klorida dan Magnesium Hidroksida Kapasitas 20.000 Ton/tahun* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [6] Wildayati, & Zainul, R. (2019). Magnesium Klorida ($MgCl_2$): Karakteristik dan Dinamika Molekuler Pada $MgCl_2$. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(91), 1–35. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.31227/osf.io/g3w8p>
- [7] Battaglia, G., Domina, M. A., Lo Brutto, R., Lopez Rodriguez, J., Fernandez de Labastida, M., Cortina, J. L., ... Micale, G. (2023). Evaluation of the Purity of Magnesium Hydroxide Recovered from Saltwork Bitterns. *Water (Switzerland)*, 15(1), 1–22. doi: 10.3390/w15010029
- [8] Jíříčková, A., Lojka, M., Lauermannová, A. M., Antončík, F., Sedmidubský, D., Pavlíková, M., ... & Jankovský, O. (2020). Synthesis, structure, and thermal stability of magnesium oxychloride $5Mg(OH)2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$. *Applied Sciences*, 10(5), 1683.

- [9] Zuchrillah, D. R., & Julaika, S. (2017). Pengaruh Suhu Dan Waktu Furnace Dalam Pembuatan. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 189–194.
- [10] Wang, M. J., Li, M., Bai, L. M., Wang, Q., & Ma, Y. X. (2024). Research on the influence of thermal decomposition of magnesium chloride hexahydrate on the preparation of magnesium oxide and hydrated magnesium hydroxide. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 60(5). doi: 10.37190/PPMP/193614
- [11] Maritawati, D. (2021). *Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Kalsinasi Terhadap Kualitas Burn Lime (CaO)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sains Bandung).
- [12] Huang, L., Yang, Z., & Wang, S. (2020). Influence of calcination temperature on the structure and hydration of MgO. *Construction and Building Materials*, 262. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120776
- [13] Amrulloh, H., Simanjuntak, W., & Situmeang, R. T. M. (2016). Konversi Mg²⁺ Dalam Bittern Menjadi Mg(OH)₂ Menggunakan Metode Elektrokimia. In *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika Dan Aplikasinya IV* (Vol. 4, No. 2, pp. 23-30).
- [14] Liu, P., Dong, J., Chang, C., Zheng, W., Liu, X., Xiao, X., & Wen, J. (2021). Preparation of low-cost magnesium oxychloride cement using magnesium residue byproducts from the production of lithium carbonate from salt lakes. *Materials*, 14(14), 3899.
- [15] Kipouros, G. J., & Sadoway, D. R. (2001). A thermochemical analysis of the production of anhydrous MgCl₂. *Journal of Light Metals*, 1(2), 111–117. doi: 10.1016/S1471-5317(01)00004-9