

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya laut yang melimpah sehingga menawarkan kondisi yang berpotensi untuk produksi garam air laut. Industri garam yang bersumber dari air laut sering kali menghasilkan limbah yang kaya akan berbagai senyawa yang perlu dikelola dengan baik untuk meminimalkan dampak lingkungan. *Sea bittern*, salah satu limbah industri garam, terutama mengandung magnesium yang berpotensi untuk dimodifikasi menjadi senyawa yang lebih berguna. Berdasarkan data dari *Observatory of Economic Complexity* (OEC) tahun 2022, Indonesia masih mengimpor 8,24 juta USD magnesium dari berbagai negara, terutama China (7,46 juta USD), New Zealand (437 ribu USD), Switzerland (176 ribu USD), Singapura (53,5 ribu USD), dan Amerika Serikat (37,5 ribu USD). Langkah potensial untuk mengurangi ketergantungan ini adalah dengan pengambilan magnesium dari *bittern* yang mengandung Mg^{2+} dalam bentuk magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$). *Bittern* mengandung banyak sumber daya garam anorganik, terutama Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} yang akan memiliki nilai ekonomis jika diproses lebih lanjut (Sun dkk., 2024). Magnesium merupakan unsur paling melimpah ketiga dalam air laut setelah natrium dan klorida. Unsur ini memiliki konsentrasi sekitar $1,3 \text{ g L}^{-1}$ dan konsentrasi ini hampir dua kali lipat dalam air garam desalinasi osmosis balik air laut (Battaglia dkk. 2023).

Magnesium hidroksida merupakan salah satu senyawa yang dapat dihasilkan dari *bittern* dan memiliki berbagai aplikasi industri. Magnesium

hidroksida telah banyak digunakan sebagai reagen netralisasi limbah cair asam, agen antibakteri, bahan ramah lingkungan untuk mengurangi pencemaran air oleh logam berat, pengawet kertas, dan prekursor untuk pembuatan magnesium oksida (Balducci dkk., 2017; Deng dkk., 2021; Liang, 2017; Pilarska dkk., 2017; Szymoniak dkk., 2022). Ion Mg^{2+} biasanya diambil dari air garam laut sebagai $\text{Mg}(\text{OH})_2$ melalui pengendapan atau presipitasi menggunakan pereaksi alkali (Zhang dkk., 2021). Metode presipitasi dinilai lebih efektif dan efisien oleh *United States Patent Office* (1963) dalam pembentukan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ melalui pemisahan atau pengambilan senyawa magnesium dari *bittern*. Proses yang terjadi dalam presipitasi relatif lebih sederhana jika dibandingkan dengan metode elektrokimia. Selain itu, *yield* yang dihasilkan juga cukup tinggi, yaitu sekitar 90-99,5% dari total magnesium dalam *bittern* (Rohmania dkk., 2024).

Proses dalam metode presipitasi membutuhkan adanya reagen presipitasi untuk mengendapkan zat terlarut dalam larutan sehingga membentuk senyawa yang tidak larut (padatan) ketika reagen ditambahkan. Natrium hidroksida (NaOH) umum digunakan sebagai presipitan untuk mengambil sumber magnesium dari *bittern* dalam aplikasi industrinya. Penelitian oleh Battaglia dkk, (2023) berhasil mensintesis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menggunakan hasil samping produksi garam laut sebagai bahan baku (konsentrasi Mg^{2+} 80 g L^{-1}) dan larutan NaOH (2 mol L^{-1}) sebagai presipitan dengan tingkat pemulihan 93-95% untuk ion magnesium yang menghasilkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan kemurnian tinggi. NaOH memiliki kelarutan yang sangat tinggi dalam air sehingga sulit untuk mengontrol konsentrasi ion OH^- selama proses presipitasi. Kelebihan ion OH^- dapat menyebabkan terbentuknya partikel

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ yang sangat kecil atau bahkan amorf sehingga sulit untuk dipisahkan. Selain itu, saat NaOH digunakan, ion Na^+ dapat tetap berada dalam larutan dan menyebabkan kontaminasi produk akhir $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Pada beberapa kasus, NaCl yang dihasilkan dari reaksi samping dapat ikut mengendap atau teradsorpsi pada permukaan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ sehingga mengurangi kemurnian.

Selain NaOH, kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) juga dapat digunakan sebagai presipitan, bahan alkalinitas, dan penyesuai pH (*pH adjustment*) (Sutiyono, 2006). Kalsium hidroksida dapat menghasilkan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan kemurnian yang cukup tinggi dengan kondisi reaksi yang optimal. Kalsium hidroksida juga memiliki dampak lingkungan yang rendah sehingga prosesnya akan cenderung lebih berkelanjutan dan menghasilkan produk sampingan yang mudah dikelola. Penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat menghasilkan reaksi samping berupa kalsium klorida (CaCl_2) yang dapat digunakan kembali dalam reaksi sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku dan mengurangi limbah. Kalsium hidroksida memiliki kelarutan yang lebih rendah dibandingkan NaOH sehingga bertindak sebagai *buffer* alami yang menjaga konsentrasi ion OH^- tetap stabil selama reaksi. Pendekatan ini tidak hanya menyediakan metode pengambilan sumber daya yang berharga tetapi juga berkontribusi untuk mengurangi limbah lingkungan.

Penelitian oleh Shaddel dkk. (2020) menunjukkan bahwa air laut adalah sumber magnesium alternatif yang menjanjikan dan kontrol regulator supersaturasi adalah strategi yang efektif untuk mengontrol kinetika reaksi dan sifat-sifat produk. Shaddel dkk. (2020) mengatakan bahwa di antara pengatur kejenuhan, pH memiliki efek paling dominan pada kinetika pertumbuhan kristal. Menurut Alamdari dkk.

(2008), informasi kinetik untuk meningkatkan distribusi ukuran partikel produk sangat penting karena memengaruhi kemudahan proses penyaringan dan pengeringan. Alamdari dkk. (2008) telah mengembangkan model kinetika untuk pengendapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dari *sea bittern* menggunakan NaOH . Parameter persamaan model kinetika telah ditentukan dengan data eksperimental pengendapan dari larutan sintesis murni yang mengandung 3% Mg^{2+} dan *sea bittern* dari unit produksi garam. Model tersebut menunjukkan koefisien laju nukleasi yang lebih tinggi dan koefisien laju pertumbuhan yang lebih rendah untuk presipitasi dari *sea bittern* dibandingkan dengan larutan sintesis. Peningkatan nukleasi dan penurunan pertumbuhan yang disebabkan oleh pengotor dalam *bittern* akan menurunkan kecepatan pengendapan partikel $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Meskipun pengambilan magnesium dari *bittern* telah banyak diteliti, kinetika reaksi presipitasi $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dari *bittern* menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai agen presipitasi perlu dipahami lebih lanjut. Fokus utama penelitian akan diberikan pada pemahaman terhadap laju reaksi, waktu kontak optimal, dan parameter kinetika lainnya yang relevan untuk meningkatkan efisiensi proses pengambilan magnesium.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Menghasilkan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) dari limbah industri garam (*bittern*) menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai reagen presipitasi.
2. Menentukan kinetika produksi $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dari *bittern* yang meliputi orde reaksi, konstanta laju reaksi, dan energi aktivasi.