

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Teknologi penyimpanan hidrogen memainkan peran penting dalam konsep yang disebut “*hydrogen economy*.” Teknologi ini digunakan untuk menyimpan sumber energi utama yang akan digunakan pada penggunaan akhir dengan penundaan waktu (Millet *et al.*, 2014). Hidrogen dianggap sebagai energi alternatif untuk material bakar fosil. Sebagai energi, hidrogen memiliki tiga komponen utama, yaitu, produksi, penyimpanan, dan distribusi. Ketiga komponen tersebut diperlukan untuk mewujudkan ekonomi berbasis hidrogen (Viswanathan, 2017). Hidrogen biasanya disimpan dalam berbagai material atau sistem untuk memfasilitasi penyimpanan hidrogen yang aman, diantaranya penyimpanan hidrogen gas, penyimpanan hidrogen cair, dan penyimpanan hidrogen padat. Namun, satu dari beberapa tantangan utama dalam penerapan hidrogen sebagai sumber energi adalah cara efisien dan aman untuk menyimpannya.

Selain masalah keamanan, penyimpanan hidrogen dalam bentuk gas dan cair memiliki kerugian energi dan berat yang signifikan. Dua bentuk penyimpanan ini telah digunakan dalam praktik untuk waktu yang cukup lama. Dari berbagai sudut pandang, penyimpanan hidrogen dalam bentuk padat tampaknya memiliki keunggulan dan mungkin menjadi pilihan yang dapat dijalankan. (Viswanathan, 2017).

Ada berbagai upaya untuk mengembangkan material atau proses penyimpanan hidrogen padat. Salah satu pendekatannya adalah penggunaan metode mekanokimia, seperti *ball milling*, untuk mensintesis material penyimpan hidrogen. Pada penelitian Herbirowo *et al.*, (2023) proses mekanokimia digunakan untuk mensintesis LaH_2 dan La_2O_3 , yang sebelumnya belum pernah dicapai melalui metode ini. Pengembangan material penyimpan hidrogen melalui proses mekanokimia biasanya melibatkan penggilingan bola yang diikuti dengan sintering. Metode baru ini menggunakan gas hidrogen dalam proses *ball milling* untuk memisahkan $\text{La}(\text{OH})_3$, yang kemudian disinter untuk menghasilkan LaH_2 dan La_2O_3 (Herbirowo *et al.*, 2023).

Metode lain yang menarik untuk penyimpanan hidrogen adalah melalui penggunaan hidrida logam, yang dapat menyerap dan melepaskan hidrogen dalam kondisi yang terkendali. Hidrida logam mengacu pada keadaan hidrogen yang ada sebagai logam karena tekanan tinggi. Hidrida logam merupakan bentuk hidrogen yang sangat terkompresi yang menunjukkan sifat logam (Eremets & Troyan, 2011). Penyimpanan hidrogen biasanya melibatkan penyimpanan dalam berbagai material atau sistem untuk memfasilitasi penggunaannya yang aman dan efisien sebagai pembawa energi. Hal ini dapat mencakup metode seperti penyimpanan terkompresi, penyimpanan hidrogen cair, dan penyimpanan hidrida logam. Hidrida logam dapat menyerap dan melepaskan hidrogen melalui reaksi *reversible*, sehingga cocok untuk aplikasi penyimpanan hidrogen (Züttel *et al.*, 2003).

Modi dan Zinsou (2021) dalam penelitiannya membahas tentang penggunaan hidrida logam pada penyimpanan hidrogen untuk

aplikasi *stationary* dan penyimpanan termal. Hidrida logam adalah senyawa yang terdiri dari logam dan hidrogen, dan dapat menyerap hidrogen dalam jumlah besar. Penyimpanan hidrogen dalam bentuk hidrida logam dapat dilakukan pada suhu kamar, sehingga tidak memerlukan tambahan material energi untuk memfasilitasi penyerapan atau pelepasan hidrogen. Penelitian ini menyebutkan bahwa hidrida logam dapat digunakan sebagai alternatif penyimpanan hidrogen yang aman dan efisien. Namun, pemilihan hidrida logam yang tepat harus disesuaikan dengan persyaratan aplikasi yang berbeda, seperti kecepatan pelepasan/penyerapan hidrogen, tekanan dan suhu operasi tangki hidrida logam, dan stabilitas siklus hidrogen (Modi & Zinsou, 2021).

Diantara hidrida logam lainnya, LaH_2 atau lantanum hidrida adalah senyawa yang telah dipelajari potensinya dalam aplikasi penyimpanan hidrogen. LaH_2 adalah senyawa yang memiliki fluorit struktur LnHO (Ln = tanah jarang) dan grup ruang $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$ kubik dengan rata-rata La-H sebesar 2,45 Atmosphere. LaH_2 memiliki standar redoks yang tinggi potensial (-2,3 V) dan konduktivitas H^- , senyawa hidridanya adalah potensi untuk aplikasi dalam perangkat elektrokimia canggih, sistem katalis, konversi energi, dan penyimpanan hidrogen (Ubukata *et al.*, 2019; Iskandarov *et al.*, 2022). LaH_2 merupakan hidrida logam biner yang telah diidentifikasi sebagai material potensial untuk penyimpanan hidrogen. LaH_2 stabil dalam melepaskan hidrogen saat dipanaskan hingga beberapa ratus derajat Celcius (Hirscher *et al.*, 2020). Hidrida berbasis lantanum, termasuk LaH_2 , telah menarik perhatian karena kapasitas penyimpanan hidrogennya yang tinggi dan sifat termodinamikanya yang baik (Herbirowo *et al.*, 2023). Namun,

untuk mengoptimalkan penggunaan LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen, penting untuk memahami karakteristik ukuran partikel dan sifat serbuk LaH_2 .

Penelitian Zhu *et al.*, (2014) menginvestigasi efek lantanum hidrida (LaH_3) pada mikrostruktur dan kinerja penyimpanan hidrogen dari sistem $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2$. Peneliti menyiapkan $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2\text{-xLaH}_3$ ($x=0$ dan $0,05$) melalui proses *ball milling* dan mengukur struktur fasa, kinerja penyimpanan hidrogen, dan reaksi terkait penyimpanan hidrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material LaH_3 mengurangi suhu onset dehidrogenasi/hidrogenasi dari sistem $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2$ sekitar 15 K. Kapasitas penyerapan hidrogen meningkat dari 1,62% berat menjadi 2,12% berat dalam waktu 200 menit dengan penambahan material LaH_3 ke dalam sistem $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2$ pada 383 K. Dehidrogenasi dari komposit $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2\text{-0,05LaH}_3$ terbukti lebih cepat dibandingkan dengan sistem $2\text{LiNH}_2\text{-MgH}_2$. Para peneliti menyimpulkan bahwa reaksi reversibel dari LaH_2 secara efektif meningkatkan penyerapan hidrogen dari sistem Li-Mg-N-H, dan distribusi homogen dari La hidrida yang halus bermanfaat untuk meningkatkan efek hidrida lantanum (Zhu *et al.*, 2014).

Penelitian Zeng *et al.*, (2024) yang berjudul *Effects of lanthanum addition on hydrogen storage properties in Li-Mg-N-H system*, menjelaskan analisis termal komposit $2\text{LiNH}_2\text{-Mg}_{1-x}\text{La}_x\text{H}_{2+x}$ yang disintesis dengan metode *ball milling* menggunakan hidrida paduan Mg-La dan LiNH_2 sebagai bahan baku menunjukkan bahwa komposit yang mengandung 1 at% lantanum menunjukkan kinerja penyimpanan hidrogen terbaik (Zeng *et al.*, 2024).

Adapun untuk memahami lebih dalam potensi LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu, memahami karakteristik ukuran partikel dan sifat serbuk LaH_2 serta pengaruh keduanya terhadap kapasitas penyimpanan dan stabilitas hidrogen.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis akan melakukan analisis mendalam tentang ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 , penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang karakteristik material LaH_2 . Informasi ini digunakan untuk mengoptimalkan kinerja LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen yang lebih efisien, dengan demikian judul penelitian ini adalah **“Karakterisasi Ukuran Partikel dan Struktur Serbuk Lantanum Hidrida (LaH_2) sebagai Potensi Material Penyimpanan Hidrogen.”**

B. Batasan Masalah

Demi ketepatan dan kelancaran penyelesaian permasalahan pada penelitian ini, perlu dilakukan batasan masalah sebagai pedoman dalam mengarahkan permasalahan dengan baik sebagai berikut:

1. Penelitian ini akan berfokus pada analisis ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 sebagai potensi material penyimpanan hidrogen.
2. Metode karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk menganalisis struktur kristal, *Scanning Electron Microscopy (SEM)* untuk mengamati struktur mikro material LaH_2 , *Particle Size Analysis (PSA)* untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel, serta *Density of State*

(DoS) dan *Band Structure* untuk memahami lebih lanjut mengenai potensi penyimpanan hidrogen LaH_2 .

3. Penelitian ini akan mengeksplorasi potensi material penyimpanan hidrogen dari serbuk lantanum LaH_2 .

C. Rumusan Masalah

Mempertimbangkan batasan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut adalah rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana analisis ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 menggunakan metode karakterisasi XRD, SEM, dan PSA?
2. Bagaimana karakteristik ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 dan kaitannya dengan potensi material penyimpanan hidrogen?

D. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 menggunakan metode XRD, SEM, dan PSA.
2. Untuk mengetahui karakteristik ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 dan kaitannya dengan kemampuan material LaH_2 dalam menyimpan hidrogen.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk memberikan manfaat baik dalam aspek teoritis maupun praktis. Berikut adalah manfaat dari penelitian ini:

1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang penelitian material penyimpanan hidrogen.
- b. Menjadi referensi pada penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan karakterisasi serbuk LaH_2 dan pengembangan material penyimpanan hidrogen.
- c. Meningkatkan pemahaman tentang karakteristik ukuran partikel dan struktur serbuk LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan informasi tentang potensi serbuk LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen yang dapat digunakan dalam industri energi.
- b. Memberikan informasi tentang karakteristik serbuk LaH_2 sebagai material penyimpanan hidrogen yang dapat digunakan untuk pengembangan teknologi penyimpanan hidrogen yang lebih baik.
- c. Menjadi referensi dalam pengembangan material penyimpanan hidrogen yang ramah lingkungan.