

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Mullite ditemukan sebagai mineral langka yang berada di Pulau Mull, Skotlandia. Karena itu, mineral ini sering dibuat menggunakan senyawa kimia atau bahan baku alami agar dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi (Zawrah *et al.*, 2022). Pembentukan *mullite* di Pulau Mull disebabkan oleh aktivitas vulkanik yang berkontak langsung dengan lava super panas sehingga menghasilkan fase *mullite* bersuhu tinggi. Mineral *mullite* merupakan senyawa alumina (Al_2O_3) dan silika (SiO_2) yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi tradisional dan teknis (Roy *et al.*, 2022). *Mullite* banyak diteliti karena memiliki sifat yang sangat unggul seperti densitas yang rendah, kekuatan mekanik yang tinggi, konduktivitas termal yang baik, sehingga *mullite* cocok digunakan sebagai isolator panas suhu tinggi dan isolator tegangan tinggi. Berdasarkan sifatnya tersebut *mullite* telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti dalam aplikasi elektronik, optik, dan komponen struktur suhu tinggi (Arief Setiadi *et al.*, 2018). Berbagai cara telah dilakukan untuk memproduksi keramik *mullite* dengan memanfaatkan berbagai bahan baku, baik dari bahan kimia industri atau laboratorium. Namun, harga bahan baku tersebut relatif tinggi karena sudah melalui proses produksi atau penambangan, kondisi seperti ini mendorong peneliti untuk mencari sumber alternatif yang lebih ekonomis untuk dapat mensintesis keramik *mullite* (Zawrah *et al.*, 2022).

Sejalan dengan hal tersebut, pemanfaatan limbah industri seperti limbah aluminium sebagai bahan baku *mullite* dapat membantu mengurangi limbah industri dan mengurangi dampak lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh aktivitas industri perlu dikelola dengan baik dan didaur ulang menjadi produk

yang baru. Berbagai industri, seperti industri aluminium dan silika/ferosilikon, menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar yang dapat menimbulkan dampak lingkungan. Limbah padat dari industri aluminium dikenal sebagai *aluminium dross* yang terdiri dari Al dan Al_2O_3 , sebagai komponen utamanya keberadaan Al dan Al_2O_3 menjadikan limbah ini bahan baku yang penting untuk pembuatan material inovatif (Zawrah *et al.*, 2022). Aluminium dross merupakan limbah padat berbentuk terak cair yang dihasilkan selama proses produksi, daur ulang aluminium elektrolitik, pengecoran aluminium serta berbagai aktivitas industri aluminium lainnya. Komposisi limbah aluminium cukup kompleks, komponen utamanya berupa aluminium oksida (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), silikon oksida (SiO_2), dan spinel ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) (Zhang *et al.*, 2019).

Rasio yang diperlukan untuk sintesis *mullite*, kaolin yang memiliki kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 dengan presentase yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku *mullite*. Di Indonesia tepatnya di Pulau Bangka dikenal memiliki cadangan sumber daya alam kaolin yang melimpah. Tanah liat kaolin adalah mineral industri serbaguna dengan penggunaan lempungan paling tua yang diketahui sebagai bahan awal untuk memproduksi bahan berpori (Okada *et al.*, 1998). Pada awalnya, lempungan hanya dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembentukan keramik tradisional. Namun, dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang, penggunaan mineral lempungan telah meluas, sehingga kini mineral lempungan memiliki potensi aplikasi di hampir semua sektor industri (V. J. da Silva *et al.*, 2016). Mineral lempung, seperti kaolin terbentuk melalui dekomposisi batuan feldspar melalui proses geologi. Di sisi lain, feldspar merupakan kelompok mineral yang paling tersebar luas di dunia yang membentuk sekitaran 60% di kerak bumi (Sánchez-Soto *et al.*, 2022). Secara kimia kaolin merupakan aluminium silikat terhidrasi berstruktur lebaran 1:1 dengan ukuran partikel yang sangat halus

dengan satu lapisan tetrahedral silikon oksigen (SiO_4) dan satu lapisan oktahedral alumina $[\text{Al}_2(\text{OH})_4]_2$ (Fortune *et al.*, 2019).

Melalui pemanfaatan bahan baku yang bersumber dari alam seperti kaolin dan limbah aluminium untuk pembentukan *mullite*, diperlukan proses pemurnian pada limbah aluminium agar kandungan pengotornya berkurang dan dapat digunakan secara optimal. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengolah limbah aluminium adalah pelindian, yaitu proses yang telah diterapkan sejak lama dalam berbagai aplikasi pembentukan material. Berbagai keuntungan yang membuatnya sering digunakan dalam pembentukan material seperti lebih hemat biaya, tidak memerlukan banyak energi, mudah dikelola dan mudah dikontrol (Ghorbani *et al.*, 2016). Pada limbah aluminium yang mengandung banyak pengotor seperti oksida besi, klorida, dan senyawa lainnya dapat di olah untuk mendapatkan aluminium dengan kemurnian tinggi salah satunya dengan metode pelindian. Metode pelindian membantu menghilangkan pengotor tersebut dan meningkatkan kualitas aluminium yang diperoleh, sehingga menghasilkan aluminium dengan kemurnian tinggi (F. J. G. Silva, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Yadav *et al.*, (2020) sebuah langkah baru dan sederhana untuk memulihkan semua elemen utama dalam abu terbang, termasuk *mullite*, dengan menggunakan asam hidrofluorat. Prosesnya melibatkan pengolahan abu terbang dengan asam hidrofluorat encer yang diaduk selama 12 jam dan menghasilkan bubuk *mullite* putih. *Mullite* yang diekstraksi dianalisis dengan instrumen TEM yang menunjukkan bentuk spindel dengan panjang 1-3 mikro dengan lebar 0,1-0,3 mikro. Pemulihan *mullite* dari limbah industri ini dapat menjadi sumber yang berkelanjutan dan ekonomis. Selain itu, residu kering dapat digunakan lebih lanjut untuk mendapatkan mineral yang bernilai tinggi. Metode yang disarankan tidak hanya meminimalkan polusi, tetapi juga mendaur ulang abu terbang menjadi

mineral yang bernilai tinggi. Penelitian oleh V. J. da Silva *et al.*, (2016) untuk menghasilkan blok *mullite* berpori menggunakan komposisi yang mengandung kaolin dan limbah alumina. Komposisi diformulasikan berdasarkan stoikiometri *mullite* 3:2 dengan perlakuan panas menggunakan tungku konvensional pada suhu 1450 °C - 1500 °C, dengan laju pemanasan 5 °C/menit dan waktu tahan selama 1 jam. Hasil analisis XRD pada ketiga formulasi menunjukkan *mullite* sebagai fase utama. Meskipun korundum muncul sebagai residu alfase, jumlah fase residu ini meningkat secara signifikan dengan kenaikan suhu sintering sebesar 50 °C. Analisis morfologi SEM memperlihatkan jarum *mullite* yang khas, dan ukuran jarum *mullite* dihitung menggunakan TEM menunjukkan diameter kurang dari 400 nm. Uji kekuatan lentur menunjukkan bahwa parameter ini cenderung meningkat dengan kenaikan suhu yang diberikan.

Pelindian pada limbah aluminium dan kaolin penting dilakukan untuk mengurangi kandungan pengotor yang dapat menghambat sintesis *mullite* secara optimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini penulis melakukan pendekatan baru dengan mempelajari pengaruh pelindian terhadap kedua bahan tersebut dalam proses sintesis *mullite*. Selanjutnya, *mullite* akan dibentuk melalui beberapa variasi kombinasi bahan yang telah mengalami pelindian dan belum mengalami pelindian, yaitu *mullite Al dross* dan kaolin (AD+K), *mullite Al dross leaching* dan kaolin (ADL+K), *mullite Al dross* dan kaolin *leaching* (AD+KL), *mullite Al dross leaching* dan kaolin *leaching* (ADL+KL). Melalui variasi proses ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran menyeluruh mengenai pembentukan *mullite* dari berbagai kondisi awal bahan, sehingga dapat menjadi acuan dalam penelitian lanjutan dan menghasilkan material dengan ketahanan suhu tinggi yang lebih baik.

B. Batasan Masalah

Batas masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah aluminium dari Jombang, Jawa timur dan kaolin dari Bangka Belitung
2. Metode yang digunakan untuk preparasi limbah aluminium dan kaolin yaitu metode pelindian
3. Larutan yang digunakan untuk pelindian limbah aluminium adalah H_2SO_4 (Asam Sulfat) 1,6 M dan NaOH (Natrium Hidroksida) 5 N
4. Serbuk BaCl_2 (Barium Klorida) digunakan sebagai indikator untuk memeriksa Na_2SO_4
5. Larutan yang digunakan untuk pelindian kaolin adalah Asam Oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
6. Perbandingan pembuatan *mullite* pada penelitian ini antara alumina (Al_2O_3) dan silika (SiO_2) adalah 3:2
7. Sampel dicetak dengan metode *dry pressing* dengan tekanan 4,5 ton.
8. Suhu sintering yang digunakan 800 °C selama 3 jam untuk mengeringkan bahan baku limbah aluminium dan suhu 1300 °C selama 2 jam untuk pembentukan *mullite* menggunakan *furnace*
9. Uji karakterisasi menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence*), XRD (*X-Ray Diffraction*), dan SEM (*Scanning Electron Microscope*)
10. Uji sifat fisik yang dilakukan adalah uji densitas dan uji porositas

C. Rumusan Masalah

Fokus permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pelindian menggunakan asam sulfat pada limbah aluminium dan asam oksalat pada kaolin?
2. Bagaimana pembentukan *mullite* dengan variasi pelindian dan tanpa pelindian menggunakan limbah aluminium dan kaolin?

3. Bagaimana karakteristik *mullite* yang didapat dari variasi pelindian dan tanpa pelindian?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan poin-poin permasalahan yang ada maka berikut tujuan penelitiannya:

1. Mengetahui pengaruh pelindian menggunakan asam sulfat pada limbah aluminium dan asam oksalat pada kaolin.
2. Mengetahui pembentukan *mullite* dengan variasi pelindian dan tanpa pelindian menggunakan limbah aluminium dan kaolin
3. Mengetahui karakteristik dari *mullite* yang didapat dari variasi pelindian dan tanpa pelindian

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini dapat memberikan referensi pemahaman tentang mekanisme pelindian terkait limbah aluminium dan kaolin untuk sintesis *mullite*, serta mempelajari sifat mekanik dan fisik dari material yang dihasilkan.

2. Manfaat Praktis

Dari hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi pengolahan limbah yang lebih efektif, mengurangi dampak lingkungan dan dapat mensintesis *mullite* dengan sumber daya yang terjangkau sehingga dapat digunakan dalam industri refraktori dan material tahan panas