

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi di dunia akan terus meningkat. Hal ini berarti bahwa negara-negara di dunia selalu membutuhkan dan harus memproduksi energi dalam jumlah yang besar sampai dua dekade mendatang. Minyak bumi sebagai sumber energi utama dunia diprediksikan penggunaannya meningkat. Pertambahan penggunaan batu bara juga terus meningkat. Namun Kedua bahan bakar fosil tersebut masih menghadapi persaingan dan pengetatan aturan yang berhubungan dengan emisi karbon ke lingkungan (Hendri F. W, 1997:1). Sehingga terdapat kecenderungan pemanfaatan energi nuklir didunia akan berkembang pesat. Seiring dengan pemanfaatan energi nuklir didunia, terdapat kecenderungan di masa depan bahwa plutonium dan limbah lainnya yang berumur panjang berupa hasil samping dari reaktor nuklir akan menumpuk dan menjadi persoalan.

Plutonium merupakan hasil samping dari reaktor nuklir yang masih bisa dimanfaatkan. Pada bahan bakar jenis lama plutonium dipisahkan dari aktinida-aktinida hasil samping reaktor nuklir lainnya secara kimiawi. Namun teknik pemisahan ini sangat berbahaya karena sifat plutonium yang memiliki radiasi tinggi dan waktu paruh yang sangat panjang. Radiasi ini dapat menyebabkan berbagai macam penyakit pada makhluk hidup dan mencemari lingkungan (*Private of*

Communication, Dani G.S, 2009). Pemanfaatan plutonium sampai saat ini masih sangat kecil, sehingga ketersediaanya yang semakin hari semakin banyak menjadi masalah, terkait dengan sifat radiasi plutonium yang berbahaya. Selain bahaya radiasi, sifat plutonium yang memiliki nomor massa besar bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan bom (Arthur Beiser, 1999:501). Jika aset berharga ini dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab akan menimbulkan masalah seperti digunakan untuk senjata nuklir.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut diperlukan bahan bakar reaktor daya yang lebih efisien dengan jumlah limbah termasuk plutonium yang sangat sedikit (minimal). Salah satunya adalah bahan bakar yang dapat dibuang langsung (*disposal*) tanpa pengolahan kembali (*once through fuel*) (Dani G.S, 2009:2). Bahan bakar ini harus mempunyai kandungan plutonium dan limbah berumur panjang yang sedikit. Bahan bakar jenis baru ini diprediksikan dapat menahan laju pertumbuhan plutonium.

Salah satu bahan bakar jenis baru ini adalah bahan bakar matriks *inert*. Bahan bakar matriks *inert* merupakan bahan bakar yang terdiri atas matriks *inert* dan bahan fisil yang tersebar di dalamnya (Dani G.S, 2009:2). Bahan fisil berfungsi sebagai bahan yang mengalami reaksi fisi. Sedangkan bahan matriks *inert* berfungsi sebagai pengungkung produk fisi dari hasil reaksi uranium dengan neutron sekaligus sebagai tempat pembakaran plutonium yang dihasilkan. Karena fungsinya yang demikian itu maka bahan bakar matriks *inert* harus memenuhi persyaratan tertentu. Beberapa

syarat dari bahan bakar matriks *inert* adalah sebagai berikut (Sokolov, F dan Nawada H.P, 2005:4; Sudreau, 2006:5):

1. Memiliki titik lebur yang tinggi.
2. Memiliki konduktivitas panas yang baik.
3. Memiliki kesesuaian dengan dinding reaktor.
4. Memiliki sifat ketahanan terhadap air yang tinggi.
5. Memiliki sifat tidak mudah bereaksi dengan aktinida dan dinding reaktor.
6. Memiliki sifat mekanik yang baik.
7. Memiliki rapat massa yang tinggi.

Sehubungan dengan karakteristik tersebut, sekarang ini banyak metode yang dikembangkan untuk membuat bahan bakar matriks *inert*. Semua metode yang dikembangkan bertujuan agar karakteristik yang harus dimiliki bahan tersebut terpenuhi dan kualitas keramik yang dihasilkan baik, salah satunya adalah dengan metode sol gel. Tujuan digunakan metode sol gel adalah agar dihasilkan serbuk bahan keramik yang sangat kecil yaitu berukuran nanometer. Semakin kecil serbuk yang dihasilkan semakin mudah partikel halus tersebut untuk bereaksi dalam proses *solid state reaction*. Dengan serbuk yang berukuran nanometer ini keramik dengan rapat massa yang tinggi sekaligus sifat mekanik dan konduktivitas panas yang baik secara teoritis dapat diperoleh. Secara teoritis keramik yang mempunyai ukuran butir tertentu, dapat ditingkatkan kekerasannya dengan mengubah ukuran butir menjadi lebih kecil (Setiadi K.L, 2006:36). Pada umumnya proses *solid state reaction*

memerlukan suhu sinter yang tinggi namun karena butirnya kecil maka proses sintering dapat dilakukan pada suhu relatif rendah. Sehingga tujuan lain digunakan metode sol gel adalah untuk efisiensi energi pada proses sintering.

Metode preparasi serbuk sangat menentukan pemilihan suhu dalam proses sintering. Karena metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah metode sol gel yang dapat membentuk serbuk dengan ukuran nanometer maka pemilihan suhu sinter dapat dilakukan dari suhu sinter lebih rendah dari suhu sinter maksimalnya. Pemilihan variasi suhu sinter 1400°C, 1500°C, dan 1600°C didasarkan pada titik leleh dari keramik MgAl₂O₄. Titik leleh MgAl₂O₄ adalah 2135°C. Pada proses sintering suhu yang digunakan adalah 60% hingga 80% dari suhu titik leleh bahan yang akan disinter (Eli Y, 2004:21). Sehingga suhu sinter yang dipilih adalah pada rentang 60% hingga 80% dari suhu sinter MgAl₂O₄ yaitu 1400°C hingga 1700°C. Namun karena metode yang dipilih adalah sol gel yang menghasilkan serbuk berukuran nanometer sehingga dipilih suhu sinter yang lebih rendah dari suhu sinter maksimal MgAl₂O₄ yaitu 1400°C, 1500°C, dan 1600°C. Selain itu pemilihan suhu sinter tersebut didasarkan pada alasan efisiensi energi. Diharapkan dengan suhu sinter yang rendah dapat terbentuk keramik MgAl₂O₄ dengan sifat-sifat material yang terbentuk sesuai untuk aplikasinya sebagai bahan bakar reaktor nuklir.

Salah satu kandidat keramik matriks *inert* adalah keramik MgAl₂O₄ (Sokolov F dan Nawada H.P, 2005:4). Secara teoritis karakteristik keramik ini dipengaruhi oleh struktur mikronya yang dapat diatur dengan mengatur suhu sinternya, suhu sinter

yang semakin tinggi akan dapat memperbesar ukuran butir kristal (Dani G.S, 2007:3). Pemilihan material keramik $MgAl_2O_4$ sebagai objek yang diteliti dalam penelitian ini didasarkan pada sifat-sifat keramik $MgAl_2O_4$ seperti memiliki titik lebur yang tinggi yaitu $2135^\circ C$, memiliki rapat massa yang tinggi yaitu 92% dari rapat massa teoritis yaitu $3,28 \text{ g/cm}^3$, tahan terhadap radiasi, memiliki sifat mekanik yang baik dalam hal ini memiliki harga kekerasan dan ketangguhan retak yang tinggi secara berturut-turut harga kekerasan dan harga ketangguhan retak keramik $MgAl_2O_4$ adalah 14 GPa dan $1,8 \text{ MPa.m}^{1/2}$, tidak mudah bereaksi kimia dengan lingkungan sekitar dinding reaktor, memiliki stabilitas yang tinggi pada temperature tinggi, cocok dengan kelongsong, dan pendingin (Sudreau F, 2006:8; Anonim, 2009). Alasan lain pemilihan material keramik $MgAl_2O_4$ adalah ketersediaan bahan – bahan dasar pembentuk material keramik tersebut yang melimpah di Indonesia (*Private of Comunication*, Dani G.S, 2009; Deni S. Khaerudini, K.A. Zaini T., dan Muljadi, 2008:VII-162).

Pemilihan komposisi disesuaikan dengan diagram fase $MgO-Al_2O_3$ di mana pada suhu sinter $1400^\circ C$, $1500^\circ C$, dan $1600^\circ C$ dan pada komposisi $MgO-Al_2O_3$ 50-50 dalam % mol menunjukkan daerah fase. Sehingga pada penelitian ini diambil komposisi $MgO-Al_2O_3$ 50-50 dalam % mol. Pada kondisi suhu sinter $1400^\circ C$, $1500^\circ C$, dan $1600^\circ C$ dengan komposisi $MgO-Al_2O_3$ 50-50 dalam % mol keramik yang dibuat kemungkinan akan memiliki struktur mikro, struktur kristal, kekerasan, ketangguhan, dan sifat *inert* terhadap air yang berbeda. Pada penelitian ini pengaruh variasi suhu sinter tersebut terhadap struktur mikro, struktur kristal, kekerasan,

ketangguhan, dan sifat *inert* terhadap air akan dipelajari. Oleh karena itu judul skripsi ini adalah “KARAKTERISASI KERAMIK $MgAl_2O_4$ UNTUK MATRIKS BAHAN BAKAR NUKLIR MATRIKS *INERT* (IMF) DIBUAT DARI SERBUK HASIL SOL GEL DENGAN VARIASI SUHU SINTER”.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk lebih memperjelas arah permasalahan yang telah diuraikan di bagian sebelumnya, maka diperlukan rumusan terhadap permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap karakteristik keramik $MgAl_2O_4$ untuk matriks bahan bakar nuklir matriks *inert* (IMF) yang dibuat dari serbuk hasil sol gel?”. Rumusan masalah diatas, dapat diuraikan dengan pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap struktur kristal keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap ukuran butir keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk?
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap rapat massa keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk?
4. Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap sifat kekerasan dan ketangguhan retak keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk.

5. Bagaimana pengaruh variasi suhu sinter terhadap sifat *inertness* air keramik MgAl_2O_4 yang terbentuk?
6. Apakah kualitas semua pelet keramik MgAl_2O_4 dengan variasi suhu sinter 1400°C , 1500°C , dan 1600°C yang terbentuk memenuhi standar untuk aplikasi bahan bakar matriks *inert*?

1.3 Variabel penelitian

Terdapat beberapa variabel yang sangat berpengaruh pada penelitian keramik MgAl_2O_4 , variabel-variabel tersebut adalah:

1. Variabel bebas : Suhu sinter.
2. Variabel terikat : Struktur mikro, struktur kristal, kekerasan, ketangguhan, *inert* terhadap air.

1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini diberikan batasan penelitian yang dilakukan, karena luasnya permasalahan yang berkaitan dengan syarat material seperti yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang. Maka penelitian ini dibatasi hanya pada penelitian massa jenis bahan, struktur mikro, struktur kristal, sifat mekanik terutama kekerasan dan ketangguhan retak dan sifat *inert* terhadap air keramik matriks MgAl_2O_4 yang disebabkan oleh tiga variasi suhu sinter yaitu 1400°C , 1500°C , dan 1600°C .

Rapat masa dihitung dengan mengukur dimensi pelet yaitu dengan mengukur tinggi, diameter, dan massa pelet mentah maupun sinter. Struktur mikro dan harga ukuran butir rata-rata diketahui dari hasil analisis *scanning electron microscope* (SEM). Struktur kristal fase MgAl_2O_4 akan diamati dengan menggunakan analisis *X-Ray Diffractometer* (XRD). Kekerasan pada material keramik dapat diukur menggunakan uji kekerasan *Vickers* (Hv), dimana permukaan material ditekan indenter berbentuk *pyramidal diamond* dengan beban tertentu hingga meninggalkan jejak indenter, hubungan antara ukuran dimensi jejak indenter dengan besarnya beban yang digunakan merupakan nilai kekerasan *Vickers* dari material tersebut (Barsoum, 1985:393). Pengujian *inert* terhadap air dilakukan dengan merendam pelet-pelet yang dihasilkan didalam air mendidih selama empat jam.

1.5 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapat gambaran pengaruh variasi suhu sinter terhadap karakteristik keramik MgAl_2O_4 untuk matriks bahan bakar nuklir matriks *inert* (IMF) yang dibuat dari serbuk hasil sol gel.

1.6 Manfaat penelitian

Dari hasil penelitian ini didapatkan data-data pengaruh variasi suhu sinter terhadap karakteristik keramik MgAl_2O_4 untuk matriks bahan bakar nuklir matriks

inert (IMF) yang dibuat dari serbuk hasil sol gel. Data-data tersebut diharapkan dapat menjadi basis data untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Dasar, Pusat Teknologi Nukir Bahan, dan Radiometri-Badan Tenaga Atom Nasional (PTNBR-BATAN) di Jalan Tamansari 71 Bandung 40132.

