

BAB I

PENDAHULUAN

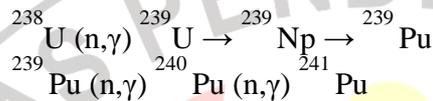
1.1 Latar Belakang Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) telah banyak dibangun di beberapa negara di dunia, yang menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang besar. PLTN sangat bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia, karena menghasilkan bahan bakar yang ramah lingkungan (hampir tidak ada polusi suara, polusi udara) dan juga ekonomis jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Namun disamping manfaatnya PLTN juga memiliki dampak negatif, yaitu menyangkut sampah nuklir bahan radioaktif berupa plutonium dan aktinida lainnya yang berwaktu paruh panjang. Walaupun dalam reaktor nuklir bahan bakar uranium dan plutonium yang berharga dapat dipisahkan, tetapi sisanya masih berupa radioaktif yang sebagian besar aktivitasnya akan hilang dalam beberapa bulan dan sisanya dalam beberapa ratus tahun bahkan sebagian radio nuklida memiliki waktu-paruh jutaan tahun (Arthur Beiser, 1999:503).

Plutonium merupakan produk sampingan yang dihasilkan oleh reaktor daya dan senjata nuklir, memiliki radiasi yang tinggi dan waktu paruh yang panjang (*Private of Communication Dani Gustaman, 2009*). Apabila plutonium terlepas ke lingkungan dan memapari manusia dapat menyebabkan kanker, dan cacat kelahiran. Kemudian bagi sebagian orang yang tidak bertanggung jawab plutonium dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bom atom. Energi fisi yang mula-mula dipakai pada tahun 1945, ketika dua buah bom atom, satu dibuat dari ^{235}U dan yang lain dari plutonium diledakan di Hiroshima dan Nagasaki untuk mengakhiri perang dengan Jepang (Arthur Beiser, 1999:501).

Kandungan plutonium di alam sangat kecil, sebagian besar merupakan isotop buatan yang dihasilkan dari iradiasi neutron (neutron cepat, lambat, maupun neutron sedang) pada U-238 (Dewita dan Bastori, 2009:45).

Reaksi tangkapan neutron oleh U-238 adalah sebagai berikut (Dewita dan Bastori, 2009:46):



Peningkatan jumlah plutonium dapat mengakibatkan banyak masalah, yang disebabkan oleh partikel alpha yang merupakan radiasi utama yang dipancarkan oleh plutonium. Sementara sinar beta, gamma dan juga neutron yang menjadi bahaya radiasi eksternal namun intensitasnya rendah (Dewita dan Bastori, 2009:48). Oleh karena itu untuk mengurangi resiko dari perkembangbiakan plutonium, maka harus dilakukan berbagai usaha. Banyak organisasi nasional dan multi nasional telah melakukan usaha dan salah satunya dengan membuat bahan bakar matriks *inert*. Bahan bakar matriks *inert* berfungsi sebagai tempat pembakaran plutonium yang dipisahkan, di dalamnya terjadi reaksi Transmutasi/fisi berantai sehingga plutonium yang dihasilkan, ditembaki oleh neutron kemudian membelah menghasilkan inti baru, pembelahan berlangsung terus sampai akhirnya tidak ada lagi plutonium yang dikeluarkan (berubah menjadi unsur lain) (*Private of Comunication* Dani Gustaman, 2009). Selain itu bahan bakar matriks *inert* berfungsi untuk multi *recycle* plutonium atau multi daur ulang plutonium (Anonim, dalam IAEA, 2007:10).

Bahan bakar matriks *inert* adalah jenis bahan reaktor nuklir yang terdiri dari matriks transparan neutron dan bahan fisil, yang dapat digunakan sebagai tempat pembakaran plutonium dan aktinida lain yang berwaktu paruh panjang. Bahan bakar matriks *inert* memiliki sifat-sifat tertentu, beberapa diantaranya (Anonim dalam IAEA, 2007:1-4; Dani Gustaman, 2009:2):

1. *Inert* terhadap neutron.
2. Memiliki titik leleh yang tinggi.
3. Memiliki rapat massa yang tinggi.
4. Tidak boleh bereaksi dengan air.
5. Memiliki sifat mekanik yang baik.
6. Memiliki konduktivitas panas yang besar.

Matriks *inert* merupakan bagian yang penting dari bahan bakar matriks *inert*, maka perlu dilakukan pengkajian yang lebih mendalam, salah satu kegiatan pengkajiannya adalah dengan melakukan penelitian terhadap bahan-bahan yang dapat dijadikan matriks *inert*. Beberapa diantara bahan-bahan yang di pelajari di dunia yang digunakan sebagai bahan bakar matriks *inert* adalah: Al_2O_3 , MgO , MgAl_2O_4 , CeO_2 , Ce_2O_3 , Y_2O_3 , ZrO_2 , CePO_4 , ZrSiO_4 , B_4C , SiC , AlN , Mg_3N_2 , Si_3N_4 , CeN , YN , dan ZrN (Anonim, dalam IAEA, 2007:4). Dalam penelitian ini lebih difokuskan pada MgAl_2O_4 yang diusulkan sebagai bahan bakar matriks *inert*, karena MgAl_2O_4 memiliki konduktivitas panas yang besar, dan kekerasan yang tinggi, tetapi ketangguhan patahnya rendah (Dani Gustaman, 2009:1-2). Oleh karena itu keramik MgAl_2O_4 ini masih perlu ditingkatkan ketangguhan patahnya (K_{IC}). Untuk meningkatkan ketangguhan patah keramik MgAl_2O_4 diperlukan penelitian lanjutan. Penelitian ini dilakukan untuk mencari konsentrasi yang tepat dan optimal dari penambahan ZrO_2 agar dapat meningkatkan kekerasan dan ketangguhan patah MgAl_2O_4 . Material yang dicampur atau ditambahkan dengan ZrO_2 mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan material lainnya, yaitu memiliki sifat mekanik yang baik (ketangguhan patah yang tinggi $15\text{-}20 \text{ MNm}^{-3/2}$ atau $15\text{-}20 \text{ MPa m}^{1/2}$), memiliki rapat massa yang tinggi $5,89 \text{ g Cm}^{-3}$, memiliki titik leleh yang sangat tinggi (2680°C), dan memiliki sifat kimia yang tahan korosi (R. E. Smallman dan R. J. Bishop, 2000:363). Disini ZrO_2 akan bertindak sebagai fase

kedua, yang berada di antara butir-butir $MgAl_2O_4$ dan akan membentuk struktur mikro yang sedemikian sehingga akan lebih keras dan tangguh. Peningkatan ketangguhan hampir selalu melibatkan penggunaan partikel-partikel ZrO_2 dalam suatu matriks keramik (Van Vlack, 2002:341).

Berdasarkan uraian di atas judul penelitian ini adalah **"Pengaruh Penambahan ZrO_2 terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Patah $MgAl_2O_4$ untuk Matriks *Inert* Bahan Bakar Reaktor Nuklir"**. Berkaitan dengan itu, di dalam pelaksanaannya akan dilakukan pengujian kekerasan dan ketangguhan patah, analisis difraksi Sinar-X (XRD), dan analisis struktur mikro menggunakan *Scanning Mikroskop Electron* (SEM). Sebelum pengujian-pengujian tersebut terlebih dahulu dilakukan pengukuran rapat massa keramik $MgAl_2O_4-ZrO_2$ yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut: "Bagaimanakah pengaruh penambahan ZrO_2 terhadap kekerasan dan ketangguhan patah keramik $MgAl_2O_4$ sebagai matriks *inert* bahan bakar reaktor nuklir ?"

Rumusan masalah di atas, dapat diuraikan dengan pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi ZrO_2 terhadap ukuran butir dari keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk ?

2. Bagaimanakah pengaruh ukuran butir yang terbentuk terhadap kekerasan dan ketangguhan patah keramik MgAl_2O_4 ?

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah penambahan ZrO_2 . Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekerasan dan ketangguhan patah keramik MgAl_2O_4 , dan yang menjadi variabel tetap dalam penelitian ini adalah suhu sinter, waktu sinter, tekanan, dan jenis dopan.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan penambahan ZrO_2 dengan konsentrasi bervariasi yaitu: (0%, 1%, 3%, 5%) mol. Pemilihan konsentrasi ini didasarkan pada teori (*Private of Comunication* Dani Gustaman, 2009) bahwa konsentrasi sebesar itu memadai untuk membatasi pertumbuhan butir. Dengan konsentrasi sebesar itu pula, dapat meningkatkan ketangguhan melalui transformasi fasa dan intensitas tegangan kritis MgAl_2O_4 - ZrO_2 tidak dilampaui yang dapat menghambat perkembangan retak keramik MgAl_2O_4 yang terbentuk (Van Vlack, 2002:337-341). Suhu sintering akan dibuat tetap pada 1600°C selama dua jam.

Pengujian kekerasan akan dilakukan dengan metode indentasi dengan beban tertentu, sedemikian sehingga menghasilkan retakan di empat ujung indentasi. Kemudian *fracture toughness* dihitung berdasarkan panjang diagonal indentasi dan panjang retakannya (Matsumoto, 1987:1; dan Mubarok, 2008:4-5).

Struktur mikro diamati melalui citra SEM, untuk mengetahui ukuran butir rata-rata secara kualitatif. Struktur kristal dianalisis dengan menggunakan XRD. Rapat massa ditentukan dengan pengukuran dimensi dan massa pelet.

Pengujian *inertness* terhadap air dilakukan dengan merendam pelet-pelet yang dihasilkan di dalam air mendidih selama empat jam. Perubahan rapat massa dan visual akan diamati untuk mengetahui apakah keramik yang dihasilkan *inert* terhadap air atau tidak.

1.4 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan gambaran tentang pengaruh penambahan konsentrasi ZrO_2 terhadap struktur mikro $MgAl_2O_4$, kekerasan dan ketangguhan patah, serta *inertness* keramik yang dihasilkan terhadap air.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat diperoleh kemampuan dalam pembuatan keramik, khususnya yang berbasis $MgAl_2O_4$ dengan cara *pressing* dan sintering, serta kemampuan dalam pembuatan serbuk berukuran nanometer dengan metode presipitasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi data *base* bagi penelitian-penelitian yang lain, yang berkaitan dengan pembuatan bahan bakar matriks *inert*. Jika keramik ini memenuhi kriteria-kriteria untuk matriks *inert* bahan bakar reaktor nuklir, maka keramik ini memiliki potensi untuk diaplikasikan.

1.6 Asumsi

Asumsi-asumsi di dalam penelitian ini yaitu:

1. Pada rentang konsentrasi aditif tertentu akan diperoleh keramik yang lebih tangguh.
2. Fase kedua yang berada di dalam keramik matriks *inert* dan tidak larut padat akan membuat keramik secara keseluruhan menjadi lebih tangguh.

1.7 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah dengan adanya penambahan ZrO_2 maka akan menambah kekerasan dan ketangguhan patah dari keramik $MgAl_2O_4$ yang terbentuk. Hipotesis yang akan diuji kebenarannya melalui penelitian ini adalah keramik $MgAl_2O_4$ yang memiliki kekerasan tertentu masih dapat ditingkatkan ketangguhan patahnya, yaitu dengan cara menambahkan konsentrasi ZrO_2 yang membuat keramik $MgAl_2O_4$ ini memiliki butir lebih kecil dan memiliki fase kedua yang tersebar di batas-batas butir $MgAl_2O_4$.

