

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia, kebutuhan energi semakin meningkat. PLTN sebagai solusi energi alternatif baru menawarkan biaya yang relatif murah dengan dihasilkan energi yang relatif lebih besar (1 gram plutonium menghasilkan jumlah listrik yang sama dengan yang dihasilkan pembakaran 1 - 2 ton minyak (Suzie Darmawati, 2000)). Tetapi dibutuhkan biaya yang sangat tinggi untuk menangani limbah nuklir (khususnya plutonium) sebagai hasil bahan bakar bekas reaktor nuklir (reaktor nuklir yang ada di dunia saat ini menghasilkan sekitar 70.000 kg plutonium per tahun (Degueldre, 2000)).

Dalam reaktor nuklir konvensional terdapat bahan bakar nuklir yang terdiri dari 97%  $^{238}\text{U}$  sebagai bahan fertil dan 3%  $^{235}\text{U}$  sebagai bahan fisil (Dani, 2009). Pada saat pengoperasiannya di dalam reaktor nuklir, ketika  $^{238}\text{U}$  dan  $^{235}\text{U}$  dibombardir oleh neutron,  $^{238}\text{U}$  berubah menjadi bahan fisil dan  $^{235}\text{U}$  membelah menjadi inti lain dengan waktu paruh yang sangat panjang. Bahan fisil  $^{238}\text{U}$  tersebut mengalami reaksi fisi berantai hingga terjadi transmudasi menjadi inti lain. Inti yang dihasilkan dari kedua bahan tersebut adalah berupa plutonium dan aktinida lain yang memiliki waktu paruh panjang dengan radiasi tinggi (plutonium bisa memancarkan partikel beta ( $\beta$ ) yang

sangat berbahaya karena memiliki daya tembus yang besar (9 cm) apabila mengenai makhluk hidup (Yudi, 2008)).

Untuk mengatasi peningkatan jumlah plutonium sebagai bahan bakar bekas reaktor nuklir ini, diperlukan adanya inovasi bahan bakar reaktor nuklir jenis baru yang disebut bahan bakar matriks inert atau *Inert Matriks Fuel* (IMF). Konsep matriks inert pada dasarnya menggantikan  $^{238}\text{U}$  (bahan fertil) sebagai matriks dengan matriks lain yang sifatnya nonfertil, sehingga pada saat pengoperasiannya dalam reaktor nuklir, bahan matriks inert ini tidak berubah menjadi bahan fisil setelah diradiasi. Dengan adanya matriks inert ini, jumlah plutonium dan aktinida berbahaya lainnya dapat dikurangi.

Salah satu kriteria untuk bahan bakar matriks inert adalah kerapatan tinggi (95% dari rapat massa teoritisnya). Untuk menghasilkan matriks inert dengan kerapatan tinggi, dibutuhkan penyinteran dengan suhu tinggi. Ini sulit dilakukan karena membutuhkan energi yang cukup besar. Maka harus ada cara agar matriks inert tersebut bisa dibuat pada suhu yang relatif rendah. Salah satunya yaitu menggunakan teknologi nano dan metode metalurgi serbuk. Dengan menggunakan metode ini, serbuk awal yang digunakannya sudah cukup kecil (dalam skala mikro) dan menggunakan bahan dasar keramik  $\text{ZrO}_2$ .

Pemilihan bahan keramik  $\text{ZrO}_2$  adalah didasarkan pada sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh  $\text{ZrO}_2$ . Secara teoritis  $\text{ZrO}_2$  memiliki kerapatan tinggi ( $6 \text{ kg/cm}^3$  dalam keadaan murni (Lehman, 1999)), titik lelehnya tinggi

(2680<sup>0</sup>C (Smallman, 2000)), juga memiliki kekerasan tinggi (1200-1500 Hv (Lehman, 1999)).

Penelitian ini difokuskan bahan keramik ZrO<sub>2</sub> yang distabilkan CaO dengan penambahan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penambahan CaO diharapkan dapat mempertahankan fase kubik pada suhu rendah (800-1500<sup>0</sup>C), karena fase kubik ini termasuk fase yang stabil dan hanya bisa diperoleh pada suhu yang sangat tinggi (di atas 2370<sup>0</sup>C) (V. G Zavodinsky and A. N. Chibisov, 2006; Muljadi dan Thosin, 2008). Pada fase kubik ZrO<sub>2</sub> yang distabilkan CaO terjadi penggantian ion Zr<sup>4+</sup> oleh Ca<sup>2+</sup>. Masing-masing Ca<sup>2+</sup> menggandeng O<sup>2-</sup> untuk mempertahankan kenetralan muatannya sehingga terbentuk fase kubik. Sedangkan penambahan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (nano dan mikro) diharapkan dapat memperkecil ukuran butir ZrO<sub>2</sub>, tanpa mempengaruhi struktur kristal ZrO<sub>2</sub> yang terbentuk. Sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan ketangguhan patahnya. Dengan demikian bahan ini bisa dimanfaatkan sebagai matriks inert.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan aditif CaO terhadap pembentukan kristal ZrO<sub>2</sub> kubik?
2. Bagaimanakah pengaruh ukuran partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap kekerasan ZrO<sub>2</sub>?

3. Bagaimanakah pengaruh variasi komposisi CaO dan penambahan variasi jenis serbuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terhadap sifat inert terhadap air?
4. Apakah keramik  $\text{ZrO}_2$  yang telah dibuat, memenuhi kriteria sebagai matriks inert untuk bahan bakar reaktor nuklir?

### 1.3 Batasan Masalah

1. Untuk menghasilkan keramik matriks inert yang baik, secara teoritis harus memenuhi beberapa persyaratan. Salah satunya yaitu kerapatannya ( $\rho$ ) tinggi, sifat mekanik yang baik (kekerasan ( $Hv$ ) dan ketangguhan patah ( $K_{IC}$ ) besar, masing-masing besarnya 1200 HV dan lebih dari 13 MPa  $\text{m}^{0,5}$ ), tidak bereaksi dengan neutron dan air, tidak mengalami perubahan fase selama proses penggunaannya di dalam reaktor, serta konduktivitas termalnya tinggi (Dani G. S, 2009; Anonim, 2006). Namun dalam penelitian ini hanya dibatasi pada beberapa variabel saja yaitu kerapatan ( $\rho$ ), sifat mekanik (kekerasan ( $Hv$ ) dan ketangguhan patah ( $K_{IC}$ )), tidak bereaksi dengan air dilihat dari sifat inert terhadap air (artinya tidak terjadi perubahan kerapatan ( $\Delta\rho$ ) sebelum dan setelah proses uji inert), serta tidak membahas konduktivitas termalnya.
2. Pada penelitian ini dibuat dengan suhu sintering tetap  $1600^\circ\text{C}$  dan variasi komposisi CaO dan variasi jenis serbuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (variabel terikatnya yaitu kerapatannya ( $\rho$ ), kekerasan ( $Hv$ ) dan ketangguhan patah ( $K_{IC}$ ), dan variabel bebasnya komposisi) seperti terlihat pada tabel 1.1 dan 1.2.

**Tabel 1.1 Variasi komposisi dengan menggunakan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano**

| No | Komposisi (% mol)                   |                                 |                              |
|----|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nano | 92.5 ZrO <sub>2</sub> – 7.5 CaO | 85 ZrO <sub>2</sub> - 15 CaO |
| 1  | 4                                   | 96                              | -                            |
| 2  | 4                                   | -                               | 96                           |

**Tabel 1.2 Variasi komposisi dengan menggunakan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mikro**

| No | Komposisi (% mol)                    |                                 |                              |
|----|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mikro | 92.5 ZrO <sub>2</sub> – 7.5 CaO | 85 ZrO <sub>2</sub> - 15 CaO |
| 1  | 4                                    | 96                              | -                            |
| 2  | 4                                    | -                               | 96                           |

#### 1.4 Tujuan Penelitian

##### Tujuan umum

Menghasilkan pelet keramik ZrO<sub>2</sub> yang memenuhi kriteria sebagai matriks inert.

##### Tujuan Khusus

Mempelajari pengaruh komposisi CaO dan penambahan variasi jenis serbuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap struktur kristal, sifat mekanik (kekerasan (*H<sub>v</sub>*) dan ketangguhan patah (*K<sub>IC</sub>*), serta sifat inert terhadap air, dan kerapatan ( $\rho$ ) ZrO<sub>2</sub>.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini dapat diperoleh kemampuan dalam pembuatan keramik dengan teknik metalurgi serbuk. Hasil penelitian berupa data-data dan contoh sampel yang diperoleh, dapat menjadi informasi dan referensi bagi para

peneliti yang dapat digunakan dalam proses penelitian matriks inert selanjutnya.

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen.

### **1.7 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di kelompok Fisika Bahan Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri (PTNBR-BATAN) Bandung 40132. Waktu mulai bulan April 2009 sampai dengan Juli 2009.

