

## PENENTUAN RASIO O/U SERBUK SIMULASI BAHAN BAKAR DUPIC SECARA GRAVIMETRI

Lilis Windaryati, Ngatijo dan Agus Sartono  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

### ABSTRAK

#### **PENENTUAN RASIO O/U SERBUK SIMULASI BAHAN BAKAR DUPIC SECARA GRAVIMETRI.**

Telah dilakukan penentuan rasio O/U serbuk simulasi bahan bakar DUPIC. DUPIC (*Direct Use of Spent PWR fuel In Candu reactor*) adalah daur ulang cara kering (*recycle*) dari bahan fisil yang berasal dari reaktor PWR untuk diolah ulang menjadi bahan bakar PHWR/CANDU. Berbagai kegiatan dan penelitian telah dilakukan di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, untuk mempelajari metode DUPIC ini dari proses pembuatan, keselamatan maupun seifgardnya. Salah satu proses pembuatan bahan bakar DUPIC adalah proses oksidasi-reduksi. Pada tahap ini perlu dilakukan karakterisasi terhadap serbuk yang dihasilkan dengan tujuan untuk mengetahui kualitasnya. Karakterisasi tersebut diantaranya adalah penentuan kadar uranium, densitas, rasio O/U dan kadar pengotor. Pada kegiatan ini dilakukan penentuan rasio O/U terhadap serbuk bahan bakar DUPIC awal dan pelet sinter. Dengan dilakukan penentuan rasio O/U ini dapat diketahui kualitas dari serbuk yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah gravimetri yaitu didasarkan atas pengukuran perubahan berat setelah proses kalsinasi pada suhu 900 °C selama 4 jam. Dari hasil analisis diperoleh rasio O/U pada serbuk DUPIC awal masing-masing dengan burn-up 40 MWD/kg dan 60 MWD/kg sebesar 2,0319 dan 2,0381 dan hasil rasio O/U pelet sinter sebesar 1,9837 dan 1,9814. Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa rasio O/U serbuk simulasi bahan bakar DUPIC awal telah memenuhi batasan yang diijinkan yaitu 2,00 sampai 2,13 sedangkan untuk pelet sinter masih sedikit diluar batasan yang diijinkan.

Kata kunci : DUPIC, rasio O/U, gravimetri

### PENDAHULUAN

DUPIC (*Direct Use of Spent PWR fuel In Candu reactor*) adalah daur ulang cara kering (*recycle*) dari bahan fisil yang berasal dari reaktor PWR untuk reaktor PHWR/CANDU. Konsep DUPIC adalah memanfaatkan bahan bakar bekas PWR untuk PHWR/CANDU dalam mengoptimalkan penggunaan uranium dan mengurangi limbah nuklir umur panjang. Metode ini merupakan pilihan yang sederhana, murah dan aman dari sisi seifgardnya, karena tidak ada proses pemisahan bahan fisil dalam proses DUPIC tersebut. Negara yang telah mengembangkan penggunaan bahan bakar DUPIC adalah Canada bekerja sama dengan Korea, yang mempunyai banyak reaktor jenis PWR dan Candu. Aplikasi secara komersial bahan bakar DUPIC telah digunakan di Canada untuk

reaktor CANDU, sedangkan penelitian dan pengembangan dilakukan di Korea yang telah membuat elemen bakar DUPIC dari bahan bakar bekas PWR yang ada di negara tersebut dengan spesifikasi yang baik tetapi belum dibuat bundelnya<sup>(1,2)</sup>.

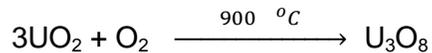
Metode DUPIC mempunyai keuntungan yaitu dapat menghemat uranium sampai 25% pada *burn-up* tertentu, mengurangi bahan bakar bekas sampai 70%, proses kering dan sederhana, mekanik dan thermal, serta mempunyai sifat *Non Proliferation Resistance*. Kesulitan pada proses DUPIC adalah pada tahap penanganan bundel elemen bakar bekas karena aktivitasnya sangat tinggi sehingga harus dilakukan di dalam *hot cell*. Kegiatan ini telah dilakukan di BATAN khususnya di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, untuk mempelajari bahan bakar DUPIC dari proses pembuatan, keselamatan dan seifgards. Proses pembuatan bahan bakar DUPIC dimulai dari pembongkaran bundel elemen bakar reaktor PWR sampai didapat rod lalu dipotong-potong, dipisahkan pelet bahan bakar  $UO_2$  dari kelongsongnya. Pelet  $UO_2$  dioksidasi menjadi serbuk  $U_3O_8$ , kemudian direduksi menjadi  $UO_2$  kembali. Proses ini dilakukan beberapa kali sampai diperoleh serbuk  $UO_2$  dapat sinter. Selanjutnya dilakukan proses peletisasi sampai perakitan dan pembuatan bundel elemen bakar DUPIC. Untuk mengetahui serbuk  $UO_2$  yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang diijinkan sebagai bahan bakar nuklir yaitu dengan melakukan karakterisasi yang meliputi uji densitas, analisis kadar U, rasio O/U, dan lain-lain. Dalam kegiatan ini dilakukan karakterisasi rasio O/U terhadap serbuk awal bahan DUPIC dan pelet sinter. Metode yang digunakan adalah gravimetri yaitu didasarkan atas pengukuran perubahan berat setelah proses kalsinasi pada suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$  selama 4 jam<sup>(3)</sup>.

## TEORI

Rasio O/U adalah perbandingan masa atom oksigen dengan uranium. Ada beberapa metode yang digunakan untuk penentuan rasio O/U diantaranya metode titrimetri potensiometri dan gravimetri. Titrimetri potensiometri menggunakan metode *Davies-Gray* yang didasarkan pada oksidasi-reduksi. Metode gravimetri didasarkan atas pengukuran perubahan berat setelah proses kalsinasi pada temperature  $900\text{ }^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Validasi kedua metode telah dilakukan, hasilnya bahwa kedua metode tersebut dapat dipakai untuk penentuan rasio O/U tergantung dari berat uranium yang akan dianalisis. Untuk berat sampel diatas 5 gram dapat menggunakan metode gravimetri sedangkan

untuk berat sampel 10 – 200 mgr menggunakan metode titrimetri potensiometri. Dalam kegiatan ini menggunakan metode gravimetri<sup>(4)</sup>.

Pada metoda gravimetri berat serbuk  $UO_2$  antara 5 – 10 gr dengan cara kalsinasi pada suhu 900 °C selama 4 jam. Prinsip analisis gravimetri adalah oksidasi  $UO_2$  menjadi  $U_3O_8$ . Diharapkan pemanasan pada suhu dan waktu tersebut serbuk  $UO_2$  membentuk senyawa  $U_3O_8$  keseluruhan. Reaksi yang terjadi :



Dari koefisien reaksi tersebut dapat ditentukan %U di dalam serbuk/pelet sinter  $UO_2$  dengan persamaan sebagai berikut <sup>(3)</sup>:

$$\text{Kadar \% U} = \frac{F[W_2 - (W_2 \cdot I_m \cdot 10^{-6})]}{W_1} 100\%$$

dengan :

$$F = \frac{\text{Berat Atom U}}{\text{Berat molekul } U_3O_8}$$

$W_1$  = berat  $U_3O_8$  sebelum pemanggangan

$W_2$  = berat  $U_3O_8$  setelah pemanggangan

$I_m$  = oksida pengotor yang tidak menguap, dalam ppm.

Rumus penentuan O/U untuk serbuk dan pelet sinter dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Rasio O/U} = \frac{WO/BAO}{WU/BAU}$$

dengan :

$$WU = \frac{3\text{ }BAU}{MB\text{ }U_3O_8} \times Ws\text{ akhir}$$

$$WO = Ws\text{ awal} - WU$$

$Ws\text{ awal}$  = berat sampel mula - mula

$Ws\text{ akhir}$  = berat sampel hasil akhir

## METODA

Bahan yang digunakan adalah sampel serbuk awal bahan DUPIC, yang merupakan campuran serbuk  $UO_2$  ditambah dengan bahan kimia oksida yang dipersiapkan sesuai dengan komposisi simulasi hasil fisi. Ada 2 macam serbuk hasil perhitungan computer menggunakan program *Origen-2* yaitu serbuk simulasi hasil fisi

*burn-up* 40 MWD/kg dan 60 MWD/kg. Selain itu menggunakan sampel pelet bahan bakar DUPIC sinter yang merupakan hasil fisi pengepresan serbuk yang telah dilakukan proses sintering pada suhu 1700 °C selama 3 jam. Sampel-sampel tersebut merupakan hasil siklus pertama pada proses DUPIC.

Peralatan yang digunakan yaitu cawan porselin, timbangan analitik, tungku anealing, desikator, sendok sampel dan penjepit cawan

Cara kerja :

Sampel serbuk awal bahan DUPIC dengan berat  $\pm 5$  g dimasukkan kedalam cawan porselin kemudian dimasukkan ke dalam tungku. Sampel dikalsinasi pada suhu 900 °C selama 4 jam. Setelah waktu pemanasan selesai, cawan dimasukkan ke dalam desikator sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditimbang. Pemanasan diulangi sampai diperoleh berat konstan. Perlakuan yang sama dilakukan pada pelet sinter DUPIC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penentuan rasio O/U merupakan bagian kendali kualitas dari pembuatan bahan DUPIC siklus pertama yang prosesnya adalah oksidasi-reduksi beberapa siklus. Hasil analisis ini akan memberikan gambaran dari karakteristik serbuk yang diperoleh.

Hasil penentuan rasio O/U serbuk DUPIC awal disajikan pada Tabel 1 dan hasil analisis rasio O/U pelet sinter disajikan pada Tabel 2, masing-masing dengan *burn-up* 40 MWD/kg dan 60 MWD/kg.

Tabel 1. Hasil analisis serbuk awal DUPIC

No	Nama Bahan	Rasio O/U	Keterangan
1.	Serbuk DUPIC awal (40 MWD/kg)	2,0308	Rerata = 2,0319 SD = 0,0005
		2,0315	
		2,0334	
2.	Serbuk DUPIC awal (60 MWD/kg)	2,0367	Rerata = 2,0381 SD = 0,0013
		2,0385	
		2,0391	

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa rasio O/U serbuk awal bahan bakar DUPIC untuk *burn-up* 40 MWD/kg berkisar antara 2,0308 sampai 2,0334 atau rerata 2,0319. Untuk *burn-up* 60 MWD/kg rasio O/U berkisar antara 2,0367 sampai 2,0391 atau rerata 2,0381.

Tabel 2. Hasil analisis rasio O/U dalam pelet sinter DUPIC

No	Nama Bahan	Rasio O/U	Keterangan
1.	Pelet sinter DUPIC (40 MWD/kg)	1,9835	Rerata = 1,9837 SD = 0,0040
		1,9850	
		1,9825	
2.	Pelet sinter DUPIC (60 MWD/kg)	1,9814	Rerata = 1,9814 SD = 0,0038
		1,9812	
		1,9815	

Dari Tabel 2 dapat diamati bahwa rasio O/U rerata pelet sinter untuk DUPIC untuk *burn-up* 40 MWD/kg sebesar  $1,9825 \pm 0,0040$ . Untuk *burn-up* 60 MWD/kg rasio O/U rerata  $1,9814 \pm 0,0038$ .

Batasan rasio O/U yang diijinkan untuk serbuk  $UO_2$  sebagai bahan bakar nuklir untuk pembuatan pelet adalah 2,00 sampai 2,13 sedangkan batasan rasio O/U untuk pelet sinter 2,00 sampai 2,015<sup>(5)</sup>. Jika dilihat dari batasan besarnya rasio O/U, maka rasio O/U serbuk bahan awal DUPIC yang diperoleh pada percobaan ini telah memenuhi batasan yang diijinkan sedangkan rasio O/U pelet DUPIC hasil sinter masih sedikit berada diluar batasan yang diijinkan. Hal ini dimungkinkan karena bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk  $UO_2$  mengandung sejumlah hasil fisi yang berbentuk oksida sehingga akan mempengaruhi hasil analisis. Adanya hasil fisi memang tidak bisa dihindari karena pada bahan bakar bekas yang sesungguhnya terkandung hasil fisi yang jumlah dan jenisnya sangat banyak.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis rasio O/U diperoleh hasil bahwa rasio O/U serbuk bahan DUPIC awal untuk *burn-up* 40 MWD/kg dan 60 MWD/kg masing-masing adalah 2,0319 dan 2,0381, sedangkan pelet DUPIC hasil sinter rasio O/U sebesar 1,9837 dan 1,9814. Hasil rasio O/U serbuk bahan DUPIC awal yang diperoleh telah memenuhi batasan yang

dijijinkan sedangkan rasio O/U pelet DUPIC hasil sinter masih sedikit diluar batasan yang diijinkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. COCHRAN,R.G.,TSOULFANIDIS,N., "The Nuclear Fuel Cycle: Analysis And Management", American Nuclear Society, Illinois, 1990.
- [2]. Sigit, "Kajian Pembuatan Bahan Bakar DUPIC", Hasil-Hasil Penelitian EBN, PTBN Serpong, 2008.
- [3]. ASTM STANDARD, Designation C 1453-00, "Standard Test Method for The Determination of Uranium by Ignition and Oxygen to Uranium (O/U) Atomic Ratio of Nuclear Grade Uranium Dioxide Powder & Pellets", America Standard Institute, 2011.
- [4]. Noor Yudhi, "Validasi Metode Analisis Penentuan Kadar Air dan O/U Rasio dari Serbuk UO<sub>2</sub> dan Pelet Sinter Murni", P2TBDU, 2010.
- [5]. Heru Sasongko, "Petunjuk Pelaksanaan Kendali Mutu Laboratorium Fabrikasi Bahan Bakar", PEBN, Serpong.