

# PENGUASAAN KARAKTERISASI FABRIKASI PELAPISAN BUFFER KERNEL $UO_2$ (*BUFFER LAYER*) MENGGUNAKAN MATERIAL *SURROGATE* KERNEL $UO_2$

Erilia Yusnitha, Sri Rinanti Susilowati, Sarjono, Sugeng Rianto, Sukarsono  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

## ABSTRAK

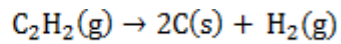
Tujuan kegiatan ini untuk mengetahui lapisan buffer yang terdeposisi pada permukaan kernel *Ceria-stabilized Zirconia*(CSZ). Pengukuran kernel CSZ tersinter dengan mikroskop digital menunjukkan diameter rerata kernel CSZ sebesar 615micron dan sferisitas sebesar 1,103. Proses deposisi lapisan buffer pada kernel CSZ tersinter dilakukan dengan menggunakan peralatan pelapisan buatan sendiri yang berada di Gd.07 PTBBN BATAN Yogyakarta. Pengamatan hasil pelapisan buffer kernel CSZ dengan menggunakan mikroskop digital menunjukkan bahwa lapisan buffer pada permukaan kernel CSZ tidak merata. Pengamatan lapisan buffer dengan menggunakan mikroskop optik menunjukkan ketebalan lapisan buffer rerata sebesar 17,08 micron.

**Kata kunci** : lapisan buffer, kernel CSZ, mikroskop digital, mikroskop optik

## PENDAHULUAN

Salah satu program PTBBN (Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir) yang tertuang dalam renstra PTBBN tahun 2015 – 2019 adalah pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar Reaktor Daya Eksperimental (RDE). RDE merupakan jenis reaktor temperatur tinggi berpendingin gas (*High Temperature Gas-Cooled Reactor*, HTGR) dan termasuk reaktor nuklir generasi ke-4. HTGR memiliki dua tipe desain bahan bakar yaitu tipe *pebble bed* dan prismatic. Bahan bakar tipe *pebble bed* maupun prismatic terdiri dari kernel yang berlapis membentuk *tri-structural isotropic* (TRISO)<sup>[1]</sup>. Sejumlah TRISO dicampur dengan matriks grafit kemudian dikompakkan untuk membentuk bahan bakar tipe *pebble bed* atau tipe prismatic. Lapisan buffer merupakan lapisan pertama dari empat lapisan, dimana lapisan selanjutnya adalah *pyrolytic carbon* (IPyC), *silicon carbide* (SiC) dan *outer pyrolytic carbon* (OPyC)<sup>[1,2]</sup>. Proses pelapisan yang dilakukan di luar negeri menggunakan alat *fluidized bed - chemical vapor deposition* (FB-CVD)<sup>[3,4]</sup>. Lapisan buffer mempunyai fungsi untuk menampung produk fisi yang keluar dari kernel, mengakomodasi *swelling* dari kernel, melindungi lapisan PyC dan SiC dari kerusakan diakibatkan oleh pelepasan produk fisi<sup>[5,8]</sup>.

Berdasarkan referensi<sup>[9]</sup>, pelapisan buffer dilakukan pada temperatur antara 1250°C hingga 1450°C dengan menggunakan gas asetilen ( $C_2H_2$ ) sebagai gas reaktan dan gas argon sebagai gas pembawa. Pada referensi<sup>[10]</sup>, proses deposisi lapisan buffer pada kernel dilakukan dengan kecepatan deposisi buffer 6-10  $\mu\text{m}/\text{menit}$  pada temperatur 1250°C. Reaksi yang terjadi pada pelapisan buffer sebagai berikut<sup>[9]</sup>:



Pada tahun 2018 dilakukan karakterisasi fabrikasi pelapisan buffer kernel  $\text{UO}_2$  (*buffer layer*) menggunakan material *surrogate* kernel  $\text{UO}_2$ . Penggunaan material *surrogate*  $\text{UO}_2$  dalam kegiatan penelitian dengan pertimbangan kondisi laboratorium di Gd.07 PTBBN Yogyakarta yang belum memenuhi persyaratan keselamatan. Kegiatan ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi sampel hasil uji fungsi peralatan pelapisan buatan sendiri. Dari kegiatan karakterisasi ini diharapkan dapat mengetahui performa peralatan pelapisan hasil karya anak bangsa Indonesia sehingga mampu memberikan hasil lapisan yang sesuai dengan persyaratan seperti yang dihasilkan oleh alat FB-CVD buatan fabrikasi luar negeri.

## METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kernel *Ceria-stabilized Zirconia* (CSZ) tersinter, gas Argon, gas Asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), sedangkan peralatan yang digunakan adalah alat pelapisan buatan sendiri yang berada di Gd.07 PTBBN BATAN Yogyakarta dan peralatan karakterisasi lapisan buffer (mikroskop digital dan mikroskop optik) di Gd.65 PTBBN BATAN Serpong.



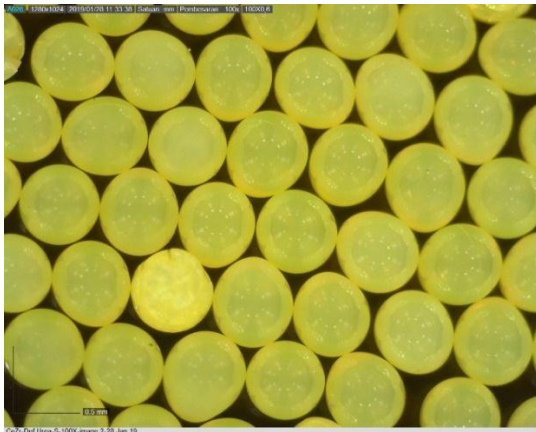
Gambar 1. Peralatan pelapisan di Gd.07 PTBBN BATAN Yogyakarta

Peralatan pelapisan dioperasikan dengan temperatur  $1250^\circ\text{C}$  dengan kecepatan aliran gas asetilen 2,5 liter/menit dan gas argon 1 liter/menit dengan komposisi 70% asetilen dan 30% argon. Sampel kernel dimasukkan ke peralatan pelapisan pada kondisi

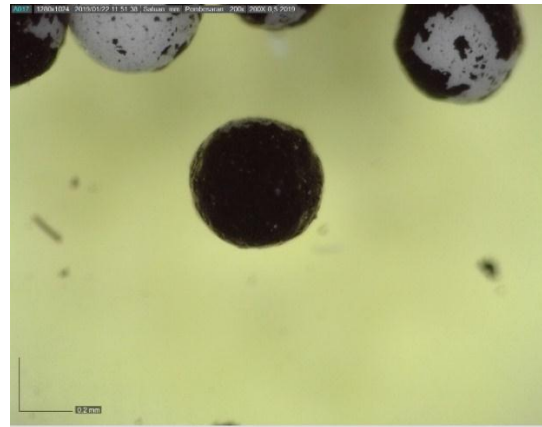
temperatur reaktor pelapisan 1250°C. Proses deposisi lapisan buffer dilaksanakan selama 30 menit. Karakteristik lapisan buffer pada kernel CSZ dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Sebelum difoto dengan mikroskop optik, dilakukan preparasi berupa proses mounting dan penggerindaan sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses deposisi lapisan buffer pada permukaan kernel CSZ kemudian dikarakterisasi menggunakan mikroskop digital dan mikroskop optik. Karakterisasi kernel tersinter dilakukan menggunakan mikroskop digital untuk mengetahui diameter kernel tersinter sebelum dilakukan deposisi lapisan buffer seperti terlihat pada Gambar 2. Hasil pengukuran diameter kernel CSZ tersinter dengan menggunakan mikroskop digital diperoleh diameter rerata 615 micron dan sferisitas 1,103.



Gambar 2. Kernel CSZ sebelum terlapisasi lapisan buffer menggunakan mikroskop digital perbesaran 100 kali

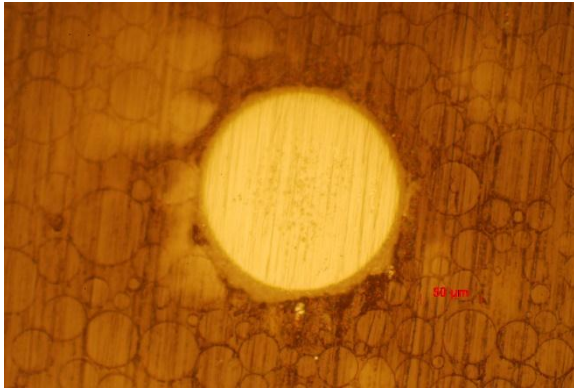


Gambar 3. Kernel CSZ setelah terlapisasi lapisan buffer menggunakan mikroskop digital perbesaran 200 kali

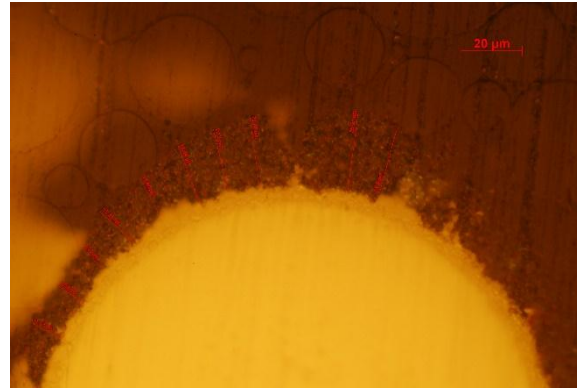
Hasil pengamatan visual dengan menggunakan mikroskop digital terlihat bahwa lapisan buffer belum terdeposisi secara sempurna pada permukaan kernel CSZ. Selain itu kernel CSZ yang telah terdeposisi lapisan buffer memiliki ketebalan lapisan buffer yang tidak seragam. Hal ini dapat dilihat secara visual dari hasil pengamatan mikroskop digital, dimana lapisan buffer berwarna gelap sedangkan kernel CSZ berwarna putih seperti terlihat pada Gambar 3. Sampel yang terlihat memiliki lapisan buffer yang merata dipilih untuk dilakukan karakterisasi lapisan buffer dengan menggunakan mikroskop optik.

Karakterisasi ketebalan lapisan buffer dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5. Ketebalan rerata lapisan buffer pada kernel

CSZ yang diperoleh sekitar 17,08 micron. Namun mikroskop optik yang dimiliki PTBBN hanya mampu maksimal perbesaran 500 kali seperti terlihat pada Gambar 5, sehingga mikrostruktur lapisan buffer maupun kernel CSZ setelah proses deposisi tidak bisa dibahas.



Gambar 4. Kernel CSZ terlapisi lapisan buffer menggunakan mikroskop optik perbesaran 200 kali



Gambar 5. Kernel CSZ terlapisi lapisan buffer menggunakan mikroskop optik perbesaran 500 kali

## KESIMPULAN

Kernel CSZ yang telah terdeposisi lapisan buffer memiliki ketebalan lapisan buffer yang tidak seragam. Pengamatan lapisan buffer dengan menggunakan mikroskop optik menunjukkan ketebalan rerata 17,08 micron.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ngoepe, N.N. and J.P.R. de Villiers, *The thermal expansion of 3C-SiC in TRISO particles by high temperature X-ray diffraction*. Journal of Nuclear Materials, 2013. **438**(1): p. 88-93.
2. Brähler, G., et al., *Improvements in the fabrication of HTR fuel elements*. Nuclear Engineering and Design, 2012. **251**(Supplement C): p. 239-243.
3. Gerczak, T.J., et al., *SiC layer microstructure in AGR-1 and AGR-2 TRISO fuel particles and the influence of its variation on the effective diffusion of key fission products*. Journal of Nuclear Materials, 2016. **480**(Supplement C): p. 257-270.
4. López-Honorato, E., P.J. Meadows, and P. Xiao, *Fluidized bed chemical vapor deposition of pyrolytic carbon – I. Effect of deposition conditions on microstructure*. Carbon, 2009. **47**(2): p. 396-410.

5. Commission, U.S.N.R., *TRISO-Coated Particle Fuel Phenomenon Identification and Ranking Tables (PIRTs) for Fission Product Transport Due to Manufacturing, Operations, and Accidents Vol.1.*
6. J. Kania, M., H. Nabielek, and H. Nickel, "Coated Particle Fuels for High Temperature Reactors". 2015.
7. Baker, M.P., et al., *Selection and properties of alternative forming fluids for TRISO fuel kernel production.* Journal of Nuclear Materials, 2013. 432(1): p. 395-406.
8. Rochais, D., et al., *Microscopic thermal characterization of HTR particle layers.* Nuclear Engineering and Design, 2008. 238(11): p. 3047-3059.
9. Liu, B., *HTGR Fuel Fabrication and quality control.* 2012.
10. David A. Petti, et al., *Key Differences in the Fabrication, Irradiation and safety Testing of U.S. and German TRISO-coated Particle Fuel and Their Implications on Fuel Performance.* 2002.