

ABSTRAK

Pengembangan *dry cask* diperlukan untuk mendukung strategi nasional pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas (BBNB). Salah satu syarat untuk dry cask adalah kinerja shielding radiasi neutron yang dipancarkan oleh BBNB yang akan disimpan di *dry cask*. Oleh karena itu, material yang mampu menyerap netron dibutuhkan sebagai material untuk membuat *dry cask*. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan material paduan untuk penahan radiasi netron dengan SS 316L sebagai material utama dan cadmium sebagai material tambahan. SS 316L dipilih karena memiliki ketahanan terhadap korosi, sedangkan cadmium (Cd) dipilih karena memiliki penampang lintang serapan netron yang tinggi. Tujuan penelitian adalah mensintesis paduan SS316L-Cd dan memperoleh karakteristik material paduan tersebut yang meliputi: struktur mikro dan daya serap radiasi neutron. Paduan SS316L-Cd dengan variasi kandungan Cd dari 0 sampai 10% disintesis dengan metode metalurgi serbuk yang terdiri dari *High Energy Milling*, *press machine*, dan *Arch Plasma Sintering (APS)*. Analisis hasil paduan SS 316L-Cd dilakukan menggunakan *XRD*, *XRF* dan *SEM* untuk mengetahui struktur mikro, serta metode radiografi untuk mengetahui kemampuan SS 316L-Cd dalam menahan radiasi neutron. Kemampuan menahan radiasi netron juga dipelajari dengan simulasi menggunakan *software Monte Carlo N-Particle-5 (MCNP5)*. Hasil *SEM-EDS* menunjukkan bahwa Cd di dalam paduan SS316L-Cd yang dipreparasi dengan APS pada 45 maupun 70 A terdistribusi merata. Akan tetapi, hasil *XRD* menunjukkan bahwa kandungan Cd di dalam paduan SS316L-Cd yang dipreparasi dengan sintering pada kuat arus 70 A lebih rendah dibandingkan dengan yang dipreparasi pada 45 A. Cd memiliki titik didih sekitar 767°C, sedangkan temperatur sintering dengan arus 70 A adalah sekitar 700-850°C. Hal ini menunjukkan bahwa preparasi paduan SS316L-Cd lebih optimal dilakukan dengan sintering dengan temperatur di bawah titik didih Cd untuk menghindari kekurangnya Cd pada hasil akhir paduan karena penguapan. Hasil XRD menunjukkan fasa *austenitic* teridentifikasi pada sampel paduan SS316L-Cd sebelum dan setelah sintering yang mengindikasikan tidak terjadinya perubahan fasa. Hasil uji radiografi dan simulasi dengan *MCNP* menunjukkan penambahan Cd pada material SS 316L meningkatkan kemampuannya dalam menahan radiasi neutron. Penambahan 10% Cd pada material paduan dapat meningkatkan kemampuan menahan radiasi netron mencapai 53%. Hasil riset ini menunjukkan bahwa penambahan Cd dapat meningkatkan kemampuan SS316L dalam menahan radiasi, sehingga paduan SS316L-Cd dapat digunakan sebagai material untuk dry cask BBNB.

Kata kunci: BBNB, *dry cask*, penahan radiasi neutron, cadmium, *stainless steel*, *arc plasma sintering*, radiografi netron.

ABSTRACT

Development of dry cask is necessary for strategy of long-term storage for spent nuclear fuel. One of the safety requirements that must be complied is the ability of the dry cask to shield neutron radiation emitted from the nuclear spent fuel. Therefore, dry cask shall comprise neutron absorber material, of which the properties play important role in neutron shielding performance. In this study, novel material based on SS316L with addition of Cd was developed. The former was chosen because of its corrosion resistance, whereas the latter was chosen because of its very high neutron cross section. The objectives of this study are to synthesize SS316L-Cd alloy and characterize the microstructure and neutron shielding performance of the alloy. SS316L-Cd alloy with various Cd content from 0 to 10 % w/w were prepared by powder metallurgy using High Energy Milling, press machine, and Arch Plasma Sintering (APS) in sequential order. The microstructures of the obtained alloys were characterized using XRD, XRF and SEM-EDS. On the other hand, the neutron shielding performance was determined using neutron radiography facility in RSG GAS. The neutron shielding performance was also calculated using Monte Carlo N-Particle-5 (MCNP5) code. The results from SEM-EDS analyses show that the Cd in the SS316L-Cd alloys prepared by sintering at 45 and 70 A were evenly distributed across the sample. However, the XRF results shows Cd content in the SS316L-Cd alloys prepared by sintering at 70 A were smaller than that of which prepared at 45 A. Cd has boiling point of 767°C whereas temperature of APS at 70 A is approximately 700-850°C. It indicates sintering at lower temperature than that of boiling point of Cd is more favorable to synthesize this alloy to prevent loss of Cd through evaporation. The results from XRD show that austenitic stainless steel was preserved before and after sintering process which indicate no phase transformation occurred. The results from neutron radiography and MCNP simulation show that addition of Cd to SS316L increase the neutron shielding performance of the alloy. Addition of 10% Cd to SS316L increase the neutron shielding performance by 53%. This study show that addition of Cd increases the neutron shielding performance of SS316L, and the alloy can be used as a candidate material for dry cask of spent nuclear fuel storage.

Key words: spent nuclear fuel, dry cask, neutron shielding, cadmium, stainless steel, arc plasma sintering, neutron radiography.