

p ISSN 0852 – 4777

e ISSN 2528 – 0473

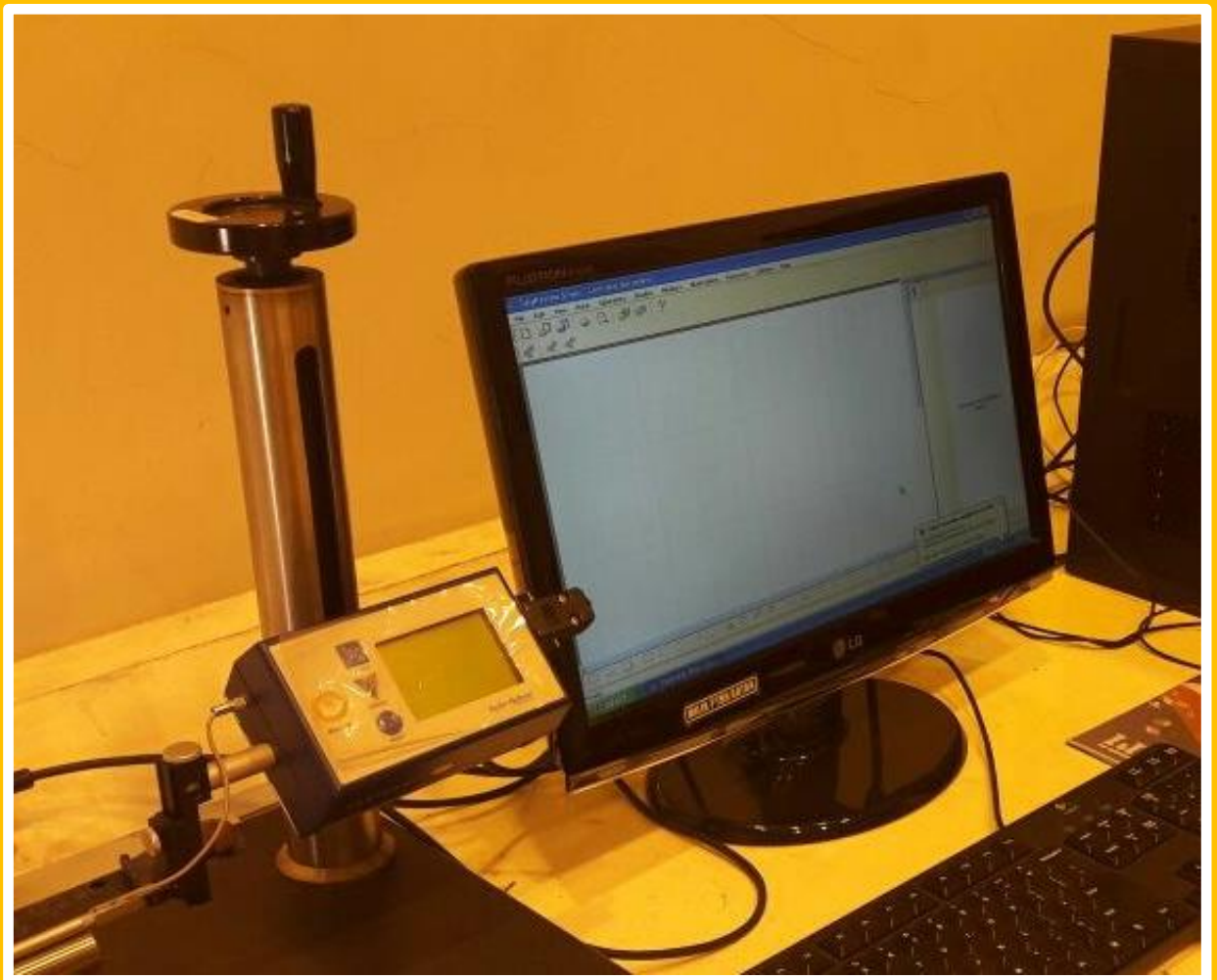
Keputusan Menristek/Ka. BRIN No: 200/M/KPT/2020

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 28 No. 3

Oktober 2022



Surface Roughness Tester

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
PUSAT RISET TEKNOLOGI DAUR BAHAN BAKAR NUKLIR
DAN LIMBAH RADIOAKTIF**

Urania	Vol. 28	No. 3	Hal:125 – 174	Tangerang Selatan Oktober 2022	p ISSN: 0852 – 4777 e ISSN: 2528 – 0473
--------	---------	-------	---------------	-----------------------------------	--

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

p ISSN 0852 – 4777; e ISSN 2528 – 0473
Keputusan Menristek/Ka. BRIN No: 200/M/KPT/2020
Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



Penanggung Jawab

Direktur Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah

Editor in Chief

Rohmad Sigit Eko Budi Prasetyo, S.T., M.Si (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Associate Editor

Ir. M. Husna Al Hasa, M.T (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Masrukan, MT (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Aslina Br. Ginting (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Supardjo, M.T (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Sarjono, M.Sc (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Deni Mustika, S.Si., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Sri Ismarwanti, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ganisa Kurniati Suryaman, S.T., M. Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Gagad Rahmadi, S.T., M. Sc. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Juan Carlos Sihotang, S.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Editorial Board

Prof. Dr. Ir. Budi Setiawan, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Prof. Dr. Ir. Djarot Sulistyono Wisnubroto, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Jan Setiawan, S.Si., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Dede Sutarya (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Ety Mutiara, M.Eng (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Sucipta, M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ir. Dadong Iskandar, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ratiko, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Aisyah, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Hendra Adhi Pratama, M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Anis Rohanda, S.T., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Jaka Rachmadetin (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Toto Sudiro (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ir. Sigit, DEA. (Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia)
Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency)
Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia)
Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma)
Pipit Fitriani, PhD (Institut Teknologi Bandung)

Penerbit

Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif (PRTDBBNLR)
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Alamat Redaksi

PRTDBBNLR ORTN – BRIN
Kawasan Sains dan Teknologi B.J. Habibie Gd.20, Tangerang Selatan, Banten 15314
HP. 081110646837
E-mail: urania@brin.go.id

PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT dan atas rahmat serta karuniaNya, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir “URANIA” volume 28 No.3 dapat hadir ke hadapan pembaca. Untuk meningkatkan kualitas Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir Urania ke depan, mulai tahun 2023 frekuensi terbitan yang semula tiga (3) kali akan berubah menjadi dua (2) kali dalam satu tahun. Adapun bulan terbit jurnal yaitu pada bulan April dan Oktober.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas ilmu bahan yang berkaitan reaktor riset yang ditulis dengan Judul *Characterization of AlMg2 Cladding Oxide Layer of Irradiated U₃Si₂/Al Fuel Density of 4,8 gU/cm³*. Untuk mengetahui unjuk kerja kelongsong AlMg2 pada bahan bakar dispersi U₃Si₂/Al, dilakukan karakterisasi lapisan oksida pada kelongsong AlMg2 dari pelat bahan bakar U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ pasca iradiasi. Lapisan oksida pada permukaan kelongsong AlMg2 merupakan salah satu perubahan yang terjadi pada kelongsong setelah pelat bahan bakar U₃Si₂/Al mengalami iradiasi di dalam reaktor RSG-GAS hingga fraksi bakar 40%. Karakterisasi dan pengamatan lapisan oksida dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy*). Makalah berikutnya ditulis dengan judul Uji Pasca Iradiasi Pelat Elemen Bakar U₃Si₂/Al Densitas 4,8 gU/cm³ Pada *Burnup* 60%: Pengamatan Visual, Radiografi Sinar-X dan Analisis Citra. Peningkatan densitas uranium dari 2,96 gU/cm³ menjadi 4,8 gU/cm³ memiliki dampak terhadap integritas mekanik kelongsong dan stabilitas geometri, sehingga diperlukan pengujian pasca iradiasi. Pengujian pasca iradiasi yang dilakukan meliputi pengamatan visual, uji radiografi sinar-X dan analisis citra pada Pelat Elemen Bakar (PEB). Pengamatan visual sepanjang permukaan PEB dilakukan menggunakan periskop yang terdedikasi di *operating area hot cell* 102 dan didokumentasikan dengan bantuan kamera melalui jendela *hot cell*. Pengujian radiografi sinar-X dilakukan pada tegangan 150 kV dan kuat arus 1500 μ A. Masih berkaitan dengan ilmu bahan dan reaktor riset, makalah selanjutnya ditulis dengan judul Simulasi Uji Tak Merusak Pelat Elemen Bakar Pasca Iradiasi Menggunakan Metode *Penetrant Test*. Pengujian PEB pasca iradiasi baik secara tidak merusak maupun merusak bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar nuklir selama iradiasi di reaktor. Saat ini, uji tak merusak dilakukan melalui pengamatan visual, radiografi sinar-X digital dan *ultrasonic test* dalam inspeksi potensi cacat atau anomali pada PEB. Keterbatasan untuk mendeteksi cacat permukaan membutuhkan metode uji tak merusak lainnya, sehingga perlu dilakukan simulasi penggunaan metode *penetrant test* pada PEB *dummy*. Tujuan simulasi ini adalah untuk mengetahui kemampuan metode *penetrant test* dan melengkapi data uji tak merusak yang telah dimiliki sebelumnya sekaligus mengkaji kapabilitas *hot cell* dalam penerapan metode tersebut.

Topik kedua membahas masalah ilmu kimia dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Radionuklida Cesium Sebagai Indikator Penentuan *Burnup* Bahan Bakar U₃Si₂/Al Secara Merusak. Penentuan *burn-up* secara merusak dilakukan dengan metode pemisahan ¹³⁷Cs dalam PEB U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ pasca iradiasi. Penentuan *burnup* secara merusak bertujuan untuk membuktikan kesesuaian besar *burnup* yang diperoleh dengan metode tak merusak maupun menggunakan *Origen Code*. Makalah terakhir dalam jurnal ini dan masih berkaitan ilmu kimia dan reaktor riset, makalah berikutnya ditulis dengan judul Pemisahan dan Analisis ¹³⁷Cs dalam Larutan Elemen Bakar Uji U₃Si₂/Al Densitas 4,8 gU/cm³ *Burnup* 60%. Telah dilakukan pemisahan dan analisis isotop cesium dalam PEB U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ kode CBBJ 250 *burnup* 60% dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung dan resin Dowex. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berat ¹³⁷Cs di dalam PEB U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ pada *burnup* 60%. Berdasarkan berat ¹³⁷Cs yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode pemisahan isotop ¹³⁷Cs dalam larutan bahan bakar U₃Si₂/Al menggunakan zeolit Lampung maupun resin Dowex tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Akhir kata, semoga jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir “URANIA” ini bermanfaat bagi masyarakat Indonesia umumnya dan khususnya bagi pengembangan IPTEK Daur Bahan Bakar Nuklir. Selamat menyimak.

Oktober, 2022
DEWAN REDAKSI

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengantar Redaksi	i
Daftar Isi	ii
<i>Characterization of AlMg₂ Cladding Oxide Layer of Irradiated U₃Si₂/Al Fuel Density of 4.8 gU/cm³</i>	125 - 134
(Juan Carlos Sihotang, Maman Kartaman Ajiriyanto, Ely Nurlaily, Junaedi, Aslina Br. Ginting)	
Uji Pasca Iradiasi Pelat Elemen Bakar U ₃ Si ₂ /Al Densitas 4,8 gU/cm ³ Pada <i>Burnup</i> 60%: Pengamatan Visual, Radiografi Sinar-X dan Analisis Citra	135 - 142
(Rohmad Sigit, Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Sri Ismarwanti, Aslina Br. Ginting, Supardjo)	
Simulasi Uji Tak Merusak Pelat Elemen Bakar Pasca Iradiasi Menggunakan Metode <i>Penetrant Test</i> .	143 - 152
(Yusuf Gigih Wicaksono, Helmi Fauzi Rahmatullah, Refa Artika, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit)	
Radionuklida Cesium Sebagai Indikator Penentuan <i>Burnup</i> Bahan Bakar U ₃ Si ₂ /Al Secara Merusak	153 - 162
(Aslina Br. Ginting, Yanlinastuti, Boybul, Supardjo, Sungkono)	
Pemisahan dan Analisis ¹³⁷ Cs dalam Larutan Elemen Bakar Uji U ₃ Si ₂ /Al Densitas 4,8 gU/cm ³ <i>Burnup</i> 60% Menggunakan Metode Penukar Kation	163 - 174
(Yanlinastuti, Arif Nugroho, Aslina Br. Ginting, Noviarty, Boybul, Iis Haryati, Agus Jamaludin, Erlina Noerpitasari, Rosika Kriswarini)	

ABSTRAK

Juan Carlos Sihotang, Maman Kartaman Ajiriyanto, Ely Nurlailly, Junaedi, Aslina Br. Ginting. Vol.28 No.3, hal.125–134

KARAKTERISASI LAPISAN OKSIDA KELONGSONG AlMg₂ BAHAN BAKAR U₃Si₂/Al PASCAIRADIASI DENSITAS 4,8 gU/cm³. Dalam rangka mengetahui unjuk kerja kelongsong AlMg₂ pada bahan bakar dispersi U₃Si₂/Al, dilakukan karakterisasi lapisan oksida pada kelongsong AlMg₂ pada pelat bahan bakar U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ pascairadiasi. Lapisan oksida pada permukaan kelongsong AlMg₂ merupakan salah satu perubahan yang terjadi pada kelongsong setelah pelat bahan bakar U₃Si₂-Al mengalami iradiasi di dalam reaktor RSG-GAS hingga fraksi bakar 40%. Karakterisasi dan pengamatan lapisan oksida dilakukan dengan menggunakan SEM (*scanning electron microscope*) dan EDS (*Energy-dispersive X-ray spectroscopy*). Sampel dengan ukuran 3x3 mm diambil dari bagian tengah pelat (posisi middle). Setelah pemotongan, preparasi metalografi dimulai dari *mounting*, pengamplasan, pemolesan, hingga pencucian. Preparasi SEM dilakukan dengan *sputter coating* menggunakan lapisan Au. Lapisan oksida pada kelongsong AlMg₂ yang memiliki ketebalan 10.3 µm dengan retakan yang terdistribusi seragam di sepanjang lapisan oksida.

Kata kunci: LEU, uranium silisida, uji pascairadiasi, kelongsong AlMg₂, lapisan oksida.

Rohmad Sigit, Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Sri Ismarwanti, Aslina Br. Ginting, Supardjo. Vol. 28 No. 3, hal. 135–142

UJI PASCA IRADIASI PELAT ELEMEN BAKAR U₃Si₂/Al DENSITAS 4,8 gU/cm³ PADA BURNUP 60%: PENGAMATAN VISUAL, RADIOGRAFI SINAR-X DAN ANALISIS CITRA. Pengembangan bahan bakar U₃Si₂/Al densitas tinggi telah dilakukan melalui peningkatan densitas bahan bakar nuklir dari 2,96 gU/cm³ menjadi 4,8 gU/cm³. Peningkatan densitas uranium memiliki dampak terhadap integritas mekanik kelongsong dan stabilitas geometri, sehingga diperlukan pengujian pascairadiasi. Pengujian pascairadiasi yang dilakukan meliputi pengamatan visual, uji radiografi sinar-X dan analisis citra pada Pelat Elemen Bakar (PEB). Pengamatan visual sepanjang permukaan PEB dilakukan menggunakan periskop yang terdedikasi di *operating area hot cell 102* dan didokumentasikan dengan bantuan kamera melalui jendela *hot cell*. Pengujian radiografi sinar-X dilakukan pada tegangan 150 kV dan kuat arus 1500 µA. Citra yang dihasilkan dianalisis lebih lanjut menggunakan *software ImageJ*. Pengamatan visual tidak menemukan indikasi cacat permukaan, lapisan oksida yang berlebih, *swelling*, *blister*, maupun cacat permukaan lainnya. Interpretasi citra radiografi sinar-X menunjukkan profil bahan bakar yang homogen, tidak menemukan indikasi cacat sub-permukaan, serta menghasilkan profil *burn up* yang sesuai dengan hasil pengujian *gamma scanning*. Berdasarkan hasil pengujian tak merusak, secara keseluruhan PEB U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ selama iradiasi di teras RSG-GAS menunjukkan kinerja yang cukup baik.

Kata kunci: Uji pasca iradiasi, PEB U₃Si₂/Al, pengamatan visual, radiografi sinar-X, analisis citra.

Yusuf Gigih Wicaksono, Helmi Fauzi Rahmatullah, Refa Artika, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 28 No. 3, hal. 143–152

SIMULASI UJI TAK MERUSAK PELAT ELEMEN BAKAR PASCA IRADIASI MENGGUNAKAN METODE PENETRANT TEST. Pengujian pasca iradiasi baik secara tidak merusak maupun merusak bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar nuklir selama iradiasi di reaktor. Saat ini, uji tak merusak di Instalasi Radiometalurgi dilakukan melalui pengamatan visual, radiografi sinar-X digital dan *ultrasonic test* dalam inspeksi potensi cacat atau anomali pada pelat elemen bakar (PEB). Keterbatasan radiografi sinar-X dan *ultrasonic test* dalam mendeteksi cacat permukaan menyebabkan perlunya pengembangan metode uji tak merusak lainnya, sehingga perlu dilakukan simulasi penggunaan metode *penetrant test* pada PEB *dummy*. Tujuan simulasi ini adalah mengetahui kemampuan metode *penetrant test* untuk melengkapi data uji tak merusak yang telah dimiliki sebelumnya sekaligus mengkaji kapabilitas *hot cell* dalam penerapan metode tersebut. Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi menggunakan PEB *dummy* dengan cacat artifisial. Simulasi dilakukan dengan metode *water washable visible penetrant* dan *solvent removable visible penetrant*. Tahapan simulasi penerapan *penetrant test* antara lain *precleaning*, *apply penetrant*, *dwell time*, *remove penetrant*, *apply developer*, *inspect* dan *post cleaning*. Hasil simulasi dengan metode *penetrant test* mampu mendeteksi cacat permukaan berupa *crack* dan *porosity*, tetapi tidak dapat mendeteksi cacat *blister*. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa *penetrant test* dapat menjadi alternatif metode untuk melengkapi hasil pengujian tak merusak menggunakan metode radiografi sinar-X dan ultrasonik. Selain itu, untuk mengakomodasi penerapan metode *penetrant test* di *hot cell* IRM, diperlukan pengembangan fasilitas dukung dengan tetap memperhatikan kemudahan *handling* dan sistem keselamatan.

Kata kunci: Uji tak merusak, *penetrant test*, PEB *dummy*, simulasi.

Aslina Br. Ginting, Yanlinastuti, Boybul, Supardjo, Sungkono. Vol. 28 No. 3, hal. 153–162

RADIONUKLIDA CESIUM SEBAGAI INDIKATOR PENENTUAN BURNUP BAHAN BAKAR U_3Si_2/Al SECARA MERUSAK. Penentuan *burn-up* secara merusak dilakukan dengan metode pemisahan ^{137}Cs dalam PEB U_3Si_2/Al densitas $4,8 \text{ gU/cm}^3$ pasca iradiasi. Penentuan *burn-up* secara merusak bertujuan untuk membuktikan kesesuaian besar *burn-up* yang diperoleh dengan metode tak merusak maupun menggunakan *Origen Code*. PEB U_3Si_2/Al dengan kode CBBJ 251 dipotong pada bagian *top*, *middle* dan *bottom* secara duplo dengan berat masing-masing *Top-1*= $0,049 \text{ gPEB}$ dan *Top-2*= $0,058 \text{ gPEB}$, *Middle-1* = $0,055 \text{ gPEB}$ dan *Middle-2*= $0,024 \text{ gPEB}$, serta *Bottom-1*= $0,056 \text{ gPEB}$ dan *Bottom-2*= $0,075 \text{ gPEB}$. PEB U_3Si_2/Al dengan berat tersebut dilarutkan menggunakan asam sehingga diperoleh larutan bahan bakar U_3Si_2/Al yang mengandung hasil fisi ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{235}U dan isotop lainnya. Larutan bahan bakar U_3Si_2/Al dipipet 1 mL kemudian ditransfer dari *hotcell* ke R.135 untuk dilakukan pemisahan ^{137}Cs dari ^{235}U dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung. Larutan bahan bakar U_3Si_2/Al dipipet $100 \mu\text{L}$ dan dimasukkan ke dalam vial secara duplo kemudian ditambahkan zeolit Lampung 1000 mg untuk dilakukan proses penukar kation. Hasil pemisahan diperoleh isotop ^{137}Cs dalam fasa padat, sedangkan uranium dan isotop lainnya dalam fasa cair. Besarnya aktivitas (Bq) isotop ^{137}Cs diukur dengan Spektrometer- γ dan selanjutnya digunakan untuk perhitungan *burn-up*. Hasil perhitungan *burn-up* PEB U_3Si_2/Al densitas $4,8 \text{ gU/cm}^3$ dengan metode merusak diperoleh sebesar $26,9714\%$; $55,1431\%$; dan $37,8855\%$ masing-masing untuk potongan *top*, *middle* dan *bottom* dengan *burn-up* rerata 40% . Besaran ini tidak jauh berbeda dengan *burn-up* yang diperoleh dengan metode tak merusak menggunakan *gamma scanning* yaitu sebesar $24,4\%$; $52,7\%$; $37,6 \%$ masing-masing untuk potongan *top*, *middle* dan *bottom* dengan *burn-up* rerata $38,23\%$ serta dengan *burn up* yang dihitung menggunakan *Origen code* yaitu sebesar 40% .

Kata kunci: Metode merusak, pemisahan, cesium, *burn-up*.

Yanlinastuti, Arif Nugroho, Aslina Br. Ginting, Noviarty, Boybul, Iis Haryati, Agus Jamaludin, Erlina Noerpitarsari, Rosika Kriswarini. Vol. 28 No. 3, hal. 163–174

PEMISAHAN DAN ANALISIS ^{137}Cs DALAM LARUTAN ELEMEN BAKAR UJI U_3Si_2/Al DENSITAS $4,8 \text{ gU/cm}^3$ DENGAN BURNUP 60% MENGGUNAKAN METODE PENUKAR KATION. Telah dilakukan pemisahan dan analisis isotop cesium dalam PEB U_3Si_2/Al densitas $4,8 \text{ gU/cm}^3$ kode CBBJ 250 *burn up* 60% dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung dan resin Dowex. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui berat ^{137}Cs di dalam PEB U_3Si_2/Al densitas $4,8 \text{ gU/cm}^3$ *burn up* 60% . Potongan PEB U_3Si_2/Al pada bagian *Bottom* (B), *Middle* (M) dan *Top* (T) masing-masing secara duplo dilarutkan dengan HCl 6 M dan HNO_3 6 M sehingga diperoleh larutan bahan bakar U_3Si_2/Al . Pemisahan ^{137}Cs dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung, larutan bahan bakar sebanyak $50 \mu\text{L}$ dalam suasana 2 mL HNO_3 $0,1 \text{ M}$ diukur dengan spektrometer gamma untuk mengetahui berat ^{137}Cs awal. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam kolom yang telah berisi zeolit Lampung kemudian dialirkan dengan kecepatan $0,3 \text{ mL/menit}$. Hasil pemisahan Isotop ^{137}Cs terikat pada zeolit dan efluen mengandung isotop hasil fisi lainnya. Pemisahan menggunakan resin Dowex, larutan bahan bakar ditambahkan Cs *carrier* dan HCl kemudian dimasukkan ke dalam kolom berisi resin R-Cl . Efluen yang keluar dari kolom dimasukkan kembali ke dalam kolom berisi resin R-NH_4^+ . Isotop ^{137}Cs yang terikat resin R-NH_4^+ di elusi menggunakan HCl 1 M , kemudian diukur isotop ^{137}Cs menggunakan spektrometer gamma. Hasil pengukuran isotop ^{137}Cs pemisahan menggunakan zeolit Lampung diperoleh masing-masing berat isotop ^{137}Cs dengan kode B1= $0,1772 \mu\text{g/g}$; B-2= $0,1635 \mu\text{g/g}$; M-1= $0,1395 \mu\text{g/g}$; T-1= $0,1230 \mu\text{g/g}$ dan T-2= $0,1036 \mu\text{g/g}$ dengan *recovery* sebesar B-1= $99,54\%$; B-2= $98,98\%$; M-1= $98,99\%$; T-1= $99,38\%$ dan T-2= $98,98\%$. Sementara itu, berat rerata isotop ^{137}Cs pemisahan dengan resin Dowex diperoleh masing-masing sebesar B-1= $0,1575 \mu\text{g/g}$; B-2= $0,1470 \mu\text{g/g}$; M-1= $0,1263 \mu\text{g/g}$; T-1= $0,1140 \mu\text{g/g}$ dan T-2= $0,0952 \mu\text{g/g}$ dengan *recovery* sebesar B-1= $94,80\%$; B-2= $95,35\%$; M1= $97,94\%$; T-1= $98,15\%$ dan T-2= $98,89\%$. Dari berat ^{137}Cs yang diperoleh disimpulkan bahwa metode pemisahan isotop ^{137}Cs dalam larutan bahan bakar U_3Si_2/Al menggunakan zeolit Lampung maupun resin Dowex tidak mempunyai perbedaan yang signifikan, sehingga kedua metode tersebut dapat digunakan untuk pemisahan ^{137}Cs dalam bahan bakar nuklir. Hasil analisis ini digunakan melengkapi data untuk menghitung nilai *burn up*.

Kata kunci: pemisahan cesium, penukar kation, U_3Si_2/Al , zeolit Lampung, resin Dowex.

ABSTRACT

Juan Carlos Sihotang, Maman Kartaman Ajiriyanto, Ely Nurlaily, Junaedi, Aslina Br. Ginting. Vol. 28 No.3, pp. 125–134

OXIDE LAYER CHARACTERIZATION OF AlMg₂ CLADDING OF IRRADIATED U₃Si₂/Al FUEL WITH 4.8 gU/cm³ DENSITY. To investigate the performance of AlMg₂ cladding in the U₃Si₂/Al dispersion fuel, oxide layer characterization of AlMg₂ cladding of the irradiated U₃Si₂/Al fuel with 4.8 gU/cm³ density was conducted. The oxide layer on the surface of AlMg₂ cladding is one of the changes that occur on the cladding after the U₃Si₂/Al fuel plate has been irradiated in the RSG-GAS reactor to a burn-up of ~40%. The characterization and observation of the oxide layer was conducted using SEM (Scanning Electron Microscope) and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). Samples with a size of 3x3 mm were taken from the middle of the fuel plate (middle position). After cutting, metallographic preparation includes mounting, grinding, polishing, and ultrasonic cleaning. SEM preparation was carried out by sputter coating using Au layer. The oxide layer on the AlMg₂ cladding has a thickness of 10.3 μm with a uniformly distributed cracks along the oxide layer.

Keyword: LEU, uranium-silicide, post-irradiation examination, AlMg₂ cladding, oxide layer.

Rohmad Sigit, Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Sri Ismarwanti, Aslina Br. Ginting, Supardjo. Vol. 28 No. 3, pp. 135–142

POST-IRRADIATION EXAMINATION OF U₃Si₂/Al FUEL WITH 4,8 gU/cm³ DENSITY AND 60% BURNUP: VISUAL INSPECTION, X-RAY RADIOGRAPHY AND IMAGE ANALYSIS. The development of high density U₃Si₂/Al fuels has been carried out by increasing the fuel density from 2.96 gU/cm³ to 4.8 gU/cm³. Increasing the density of uranium has an impact on the mechanical integrity of the cladding and its geometric stability, so a post-irradiation examination is required. The post-irradiation examination carried out included visual inspection, X-ray radiographic tests, and image analysis. Visual inspection of the fuel surface was performed using a dedicated periscope in the operating area of hot cell 102 and documented using a camera through the hot cell window. X-ray radiographic test using the voltage and current parameters at 150 kV and 1500 μA, respectively. The radiographic image is further analyzed using ImageJ software. Based on visual inspections, no blisters, swelling, excessive oxide layer, or other surface defects were found. The interpretation of X-ray radiographic images clearly shows a homogeneous fuel profile, no evidence of sub-surface defects, and a burn-up profile that matches the results of the gamma scanning test. Based on non-destructive post-irradiation examination, the overall performance of the PEB U₃Si₂/Al density of 4.8 gU/cm³ during irradiation on the RSG-GAS core was excellent.

Keywords: Post-irradiation, U₃Si₂/Al fuel, visual inspection, x-ray radiography, image analysis.

Yusuf Gigih Wicaksono, Helmi Fauzi Rahmatullah, Refa Artika, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 28 No. 3, pp. 143–152

NON-DESTRUCTIVE TEST SIMULATION OF IRRADIATED FUEL PLATE USING PENETRANT TEST METHOD. The post-irradiation examination aims to determine the performance of nuclear fuel during irradiation in the reactor. Non-destructive tests at the Radiometallurgical Installation include visual observations, digital X-ray radiography, and ultrasonic tests for inspection of potential defects or anomalies in the fuel plate (PEB). Limitations in the detection of surface defects necessitate other nondestructive test methods, i.e., to simulate the use of the penetrant test method on the PEB dummy. The purpose of this simulation is to determine the ability of the penetrant test method to complement the non-destructive test data that has been previously conducted as well as to review the capability of the hot cell in applying the method. The simulation was carried out using a dummy PEB with artificial defects and used water-washable visible penetrant and solvent-removable visible penetrant. The simulation stages for implementing the penetrant test include precleaning, applying the penetrant, dwell time, removing the penetrant, applying developer, inspection, and post-cleaning. The simulation results with the penetrant test method are able to detect surface defects in the form of cracks and porosity, but cannot detect blister defects. Based on the simulation results, it can be concluded that the penetrant test can be an alternative method to complement the non-destructive test using X-ray and ultrasonic radiographic methods. In addition, to accommodate the application of the penetrant test method in IRM hot cells, it is necessary to develop support facilities while still paying attention to ease of handling and safety systems.

Keywords: Non-destructive test, penetrant test, PEB dummy, simulation.

Aslina Br. Ginting, Yanlinastuti, Boybul, Supardjo, Sungkono. Vol. 28 No. 3, pp. 153–162

RADIONUCLIDE OF CESIUM AS AN INDICATOR FOR THE DETERMINATION OF U₃Si₂/Al FUEL BURNUP USING DESTRUCTIVE METHOD. Determination of burn-up using a destructive method was carried out by separation of ¹³⁷Cs in the irradiated U₃Si₂/Al fuel element plate (FEP) with a density of 4.8 gU/cm³. Determination of burn-up by the destructive method aims to study the suitability of the burn-up obtained by the non-destructive method or using the Origen Code software. FEP U₃Si₂/Al with CBBJ code 251 was cut in duplo at the top, middle and bottom with a weight of Top-1= 0.049 gFEP and Top-2=0.058 gFEP, Middle-1= 0.055 gFEP and Middle-2= 0.024 gFEP, and Bottom-1= 0.056 gFEP and Bottom-2=0.075gFEP. FEP samples were dissolved in acid to obtain a fuel solution containing fission products of ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²³⁵U and other isotopes. The fuel solution was pipetted 1 mL and then transferred from the hot cell to R.135 to separate the ¹³⁷Cs from ²³⁵U by a cation exchange method using zeolite from Lampung. The fuel solution was pipetted 100 μL and put into the vial in duplicate, then 1000 mg Lampung zeolite was added to the cation exchange process. The separation results were ¹³⁷Cs in solid phase, while uranium and other isotopes in liquid phase. The amount of activity (Bq) of the ¹³⁷Cs isotope was measured with a Spectrometer-γ and then used for burn-up calculation. The results of the calculation of the burn-up were 26.9714%; 55.1431%; and 37.8855% for the top, middle and bottom pieces, respectively, with an average burn-up by 40%. These values are not much different from the burn-up obtained by the non-destructive method using gamma scanning, i.e., 24.4%; 52.7% ; and 37.6% for top, middle and bottom positions with an average of 38.23% and a burn-up calculated using the Origen code, which is 40%.

Keywords: Destructive method, separation, cesium, burn-up.

Yanlinastuti, Arif Nugroho, Aslina Br. Ginting, Noviarty, Boybul, Iis Haryati, Agus Jamaludin, Erlina Noerpitasari, Rosika Kriswarini. Vol. 28 No. 3, pp. 163–174

SEPARATION AND ANALYSIS OF ^{137}Cs ISOTOPE IN $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ OF 4.8 gU/cm^3 FUEL SOLUTION WITH 60% BURNUP BY CATION EXCHANGE METHOD. Separation and analysis of cesium isotope in $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel with a density of 4.8 gU/cm^3 and 60% burn up by cation exchange using Lampung zeolite and Dowex resin has been carried out. The purpose of this research was to determine the weight of ^{137}Cs in the fuel. The $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel pieces by the Bottom (B), Middle (M) and Top (T) sections were dissolved in duplicate with 6 M HCl and 6 M HNO_3 to obtain a $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel solution. The separation of ^{137}Cs started with the measurement 50 μL of fuel solution in 2 mL of 0.1 M HNO_3 with a gamma spectrometer to determine the initial weight of ^{137}Cs . The solution was put into a column containing Lampung zeolite and then flowed at a speed of 0.3 mL/minute. The resulting ^{137}Cs isotope was bound to the zeolite and effluent containing other fission isotopes. Dowex resin, Cs carrier, and HCl was added into fuel solution, then put into a column containing R-Cl- resin. The effluent that left the column was put back into the column containing the R-NH $_4^+$ resin. The ^{137}Cs isotope that was bound to R-NH $_4^+$ resin was eluted using 1 M HCl, then the ^{137}Cs isotope was measured using a gamma spectrometer. The results of the ^{137}Cs isotope measurement shows the weight of each sample with code B1=0.1772 $\mu\text{g/g}$; B-2=0.1635 $\mu\text{g/g}$; M-1=0.1395 $\mu\text{g/g}$; T-1=0.1230 $\mu\text{g/g}$ and T-2=0.1036 $\mu\text{g/g}$ with a recovery of B-1=99.54%; B-2=98.98%; M-1=98.99%; T-1=99.38% and T-2=98.98%. Meanwhile, the average weight of the ^{137}Cs isotope separated by Dowex resin was B-1=0.1575 $\mu\text{g/g}$; B-2=0.1470 $\mu\text{g/g}$; M-1=0.1263 $\mu\text{g/g}$; T-1=0.1140 $\mu\text{g/g}$ and T-2=0.0952 $\mu\text{g/g}$ with a recovery of B-1=94.80%; B-2=95.35%; M1=97.94%; T-1=98.15% and T-2=98.89%. It was concluded that the method for separating ^{137}Cs isotopes in $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel solution by using Lampung zeolite and Dowex resin did not have a significant difference. Both methods can be used to separate ^{137}Cs in nuclear fuel. This analysis is used to complement the data to calculate the burn-up value.

Keywords: cesium separation, cation exchange, $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$, Lampung zeolite, Dowex resin.

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

p ISSN 0852 – 4777; e ISSN 2528 – 0473
Keputusan Menristek/Ka. BRIN No: 200/M/KPT/2020
Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Naskah berupa karya tulis ilmiah hasil penelitian dan pengembangan yang berkaitan dengan daur bahan bakar nuklir yang meliputi: proses, analisis, uji bahan, perekayasaan, modeling dan kajian. Naskah harus orisinal dan belum pernah diterbitkan. Ketentuan penulisan naskah karya tulis ilmiah adalah sebagai berikut:

1. JUDUL, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 14, **bold** dengan spasi 1
2. NAMA PENULIS, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10, **bold** dengan spasi 1.
3. ALAMAT/UNIT KERJA/ALAMAT EMAIL, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
4. ABSTRAK, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1 dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris maksimum 250 kata, berisi ringkasan latar belakang, tujuan, pelaksanaan, hasil dan simpulan. Di bawah abstrak dituliskan minimal 3 kata kunci dan maksimal 5 kata kunci.
5. PENDAHULUAN, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. Pendahuluan memuat latar belakang dan permasalahan, status ilmiah saat ini, cara pendekatan penyelesaian masalah, hipotesis, tujuan, metoda dan hasil yang diharapkan.
6. TEORI, bila diperlukan ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
7. METODOLOGI/ TATA KERJA, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. Metodologi/Tata Kerja ditulis secara terinci yang memuat metoda, ruang lingkup, bahan dan peralatan yang digunakanserta cara kerja.
8. HASIL DAN PEMBAHASAN, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. Hasil dan Pembahasan disusun secara rinci yang memuat data (tabel, gambar), bahasan hasil yang diperoleh dan kaitan dengan konsep dasar atau hipotesis, perbandingan dengan hasil penelitian lain dan implikasi hasil penelitian.
9. SIMPULAN, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1 yang berisi simpulan dari hasil pembahasan.
10. UCAPAN TERIMA KASIH, bila ada. ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
11. KONTRIBUTOR PENULIS, bila diperlukan. Ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
12. DAFTAR PUSTAKA, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1 ditulis sesuai urutan yang diacu dan menggunakan nomor urut dengan angka Arab. Penulisan daftar pustaka mengacu pada standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Acuan lengkap dapat diunduh di situs <http://www.ieee.org/>. Gunakan aplikasi *reference manager* untuk proses sitasi dan penyusunan daftar Pustaka dalam artikel. Contoh penulisan daftar pustaka dari berbagai sumber seperti berikut:
 - a. **Buku:** R.E.E. Smallman, *Metalurgi Fisik Modern* (Edisi 4). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1991.
 - b. **Artikel Jurnal:** Sugondo dan A. Chaidir, "Pengaruh temperatur anil terhadap jenis dan ukuran presipitat fase kedua pada paduan Zr-1%Nb-1%Sn-1%Fe," *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, vol.5, no.1, hal. 21-29, 2009.
 - c. **Makalah Referensi:** H. Suwarno, A.A. Wisnu dan I. Andon, "The X-Ray diffraction analyses on the mechanical alloying of the Mg₂Ni formation," dipresentasikan pada The International Conference on Solid State Ionics Proceeding, Jakarta, Agustus 2007, Editor: Penerbit, Tahun, halaman.
 - d. **Tesis/Disertasi:** J. Setiawan, "Judul tesis/disertasi," Tesis/Disertasi, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2010.
 - e. **Dokumen Internet:** S. L. Talleen. (1996, Apr.). *The Intranet Architecture*. Amdahl Corp., CA. [Online]. Available: <http://www.amdahl.com/infra/>.
13. LAMPIRAN, jika ada.

Ketentuan lain:

- Naskah diketik menggunakan pengolah kata (seperti *Microsoft Word*) sesuai dengan *template* naskah dengan jumlah halaman maksimal sebanyak 15 sudah termasuk gambar dan tabel.
- Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- Naskah dikirim secara daring melalui beranda jurnal (jurnal.batan.go.id/index.php/urania) paling lambat satu bulan sebelum penerbitan.
- Penerbitan jurnal dilakukan 3 (tiga) kali dalam satu tahun, yakni pada bulan Februari, Juni dan Oktober.
- Urania : Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir tidak menerima naskah dengan penulis naskah tunggal.
- Menyerahkan **Pernyataan Etika** dan **Penyerahan Perjanjian Hak Cipta** sebelum artikel dapat dipublikasikan.