

p ISSN 0852 – 4777

e ISSN 2528 – 0473

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

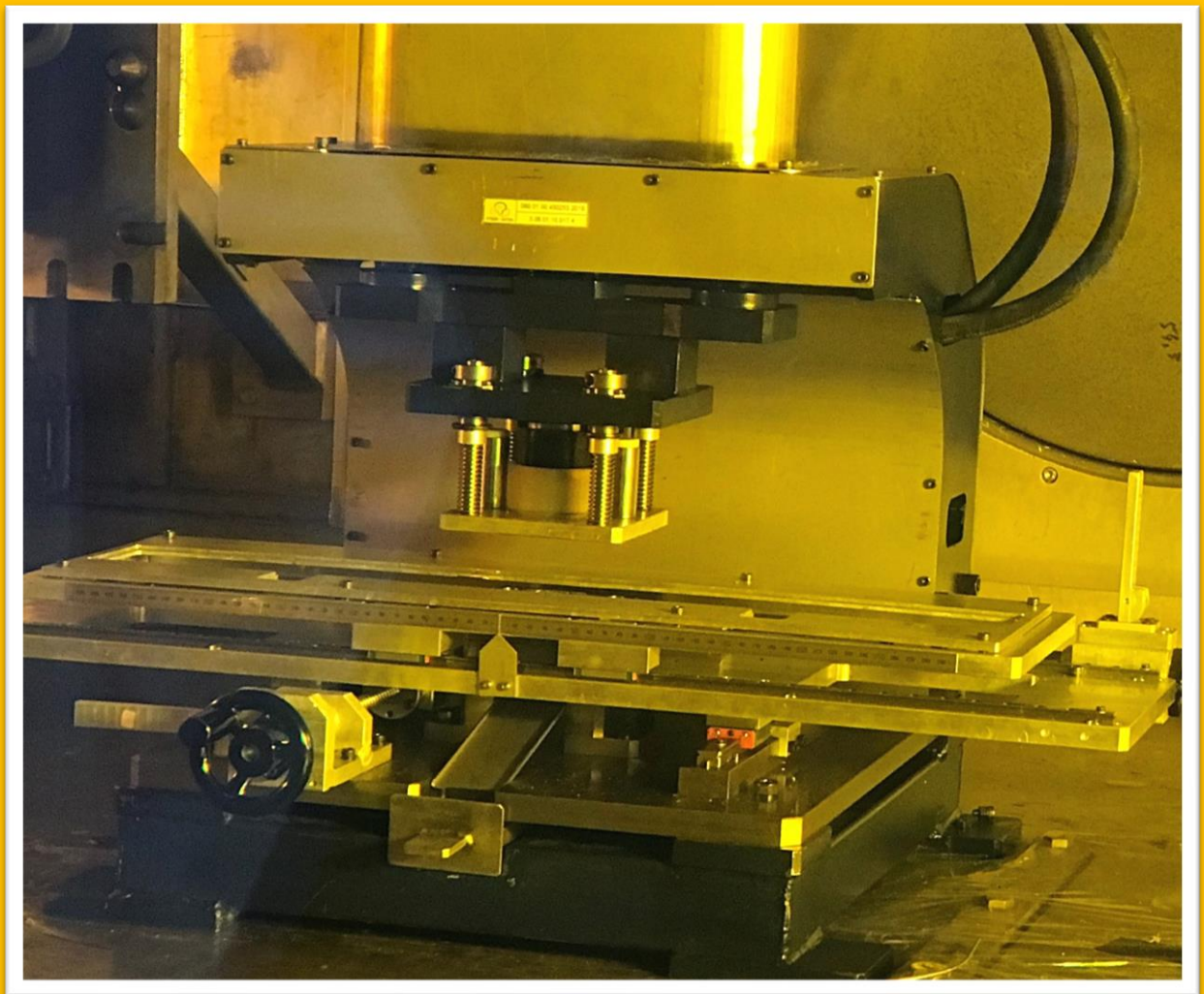
Akreditasi berlaku sampai Vol. 28 No. 2 Tahun 2022

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 27 No. 3

Oktober 2021



Pelat Elemen Bakar Punching Machine

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
PUSAT RISET DAN TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR**

Urania	Vol. 27	No. 3	Hal: 111 - 176	Tangerang Selatan Oktober 2021	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
Akreditasi berlaku sampai Vol. 28 No. 2 Tahun 2022
Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



Penanggung Jawab

Kepala PRTBBN

Penasehat

Komisi Pembina Tenaga Fungsional

Pemimpin Dewan Redaksi

Merangkap Penyunting Ahli

Dr. Jan Setiawan, S.Si, M.Si (Material, BRIN)

Pemimpin Redaksi Pelaksana

Merangkap Penyunting Ahli

Ir. Aslina Br. Ginting (Teknik Kimia, BRIN)

Penyunting Ahli

Ir. M. Husna Al Hasa, M.T (Metalurgi, BRIN)

Ir. Masrukan, MT (Teknik Material, BRIN)

Ir. Supardjo, M.T (Teknik Material, BRIN)

Ir. Tri Yulianto (Teknik Nuklir, BRIN)

Ir. Ety Mutiara, M.Eng (Teknik Kimia, BRIN)

Ir. Sarjono, M.Sc (Teknik Nuklir, BRIN)

Erilia Yusnitha, S.T., M.Eng (Teknik Kimia, BRIN)

Dr. Ariyani Kusuma Dewi, S.T., M.Eng (Material, BRIN)

Rohmad Sigit Eko Budi Prasetyo, S.T., M.Si (Material, BRIN)

Penyunting Mitra Bestari

Prof. Dr. Azwar Manaf, M. Met (Material, Universitas Indonesia)

Prof. Dr. Yanni Sudiyani (Biologi Lingkungan, BRIN)

Prof. Drs. Perdamean Sebayang, M.Sc (Fisika, BRIN)

Dr. Toto Sudiro (Fisika, BRIN)

Dr. Muhammad Subekti, M.Eng, (Teknik Nuklir, PRTKRN-BRIN)

Ir. Tagor Malem Sembiring (Teknik Nuklir, PT. Thorcon Power Indonesia)

Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma)

Daisman Purnomo Bayyu Aji, S.T, Ph.D (Universitas Trisakti)

Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency)

Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia)

Pipit Fitriani, PhD (Nano Center Indonesia Research Institute)

Pemeriksa Naskah

Waringin Margi Yusmaman, S.ST

Dwi Agus Wrihatno, S.Kom

Sekretaris

Mulkah Sari Banon, A.Md

Penerbit

Pusat Riset dan Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PRTBBN), BRIN

Alamat Redaksi

PRTBBN, BRIN

Kawasan PUSPIPTEK Serpong 15314

Telp. 021-756-0915

Faks. 021-756-0909

E-mail: urania@batan.go.id

PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT dan atas rahmat serta karunia Nya, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir “URANIA” volume 27 No.3 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas ilmu bahan dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Pengaruh Temperatur dan Komposisi Nb Terhadap Interdifusi Paduan U-Zr-Nb dengan melakukan simulasi percobaan intermik bahan bakar U-Zr-Nb dengan. Ingot paduan U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, dan U-6Zr-8Nb yang ditutup menggunakan pelat Al pada salah satu sisinya serta dipress dipanaskan pada temperature 350 dan 450 °C selama 1 jam serta dilakukna pengujian yaitu mikrostruktur menggunakan mikroskop optik dan SEM, kekerasan mikro, dan fasa dengan alat XRD. Tujuan peneltian ini untuk mengetahui pengaruh komposisi Nb dalam paduan U-6Zr terhadap interdifusi pada temperatur yang berbeda. Tulisan berikutnya ditulis dengan judul Perilaku Tarik dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 304 Pasca Perlakuan Panas pada Daerah Sensitisasi 600 – 700 °C. Dalam pembuatan komponen struktur reactor adaya tipe LWR, kualitas sambungan lasan SS 304 ditentukan oleh proses pendinginan dari temperatur austenit ke sensitisasi. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakter kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro SS 304 pada daerah sensitisasi 600-700 °C. Makalah berikutnya masih berkaitan dengan ilmu bahan yang ditulis dengan judul Analisis Ketidakpastian Pengukuran Kekuatan Tarik Dan *Elongasi* Spesimen SS304 Berbentuk Ring. Ketidakpastian adalah tolok ukur dari kehandalan suatu pengukuran, dimana salah satu pendekatan analisa ketidakpastian yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan *Guide to the expression of Uncertainty in Measurement* (GUM). Analisa ketidakpastian disini dilakukan pada pengujian tarik untuk mengetahui ketertelusuran data yang diperoleh yaitu data kekuatan tarik dan *elongasi* dari material uji.

Topik berikutnya membahas masalah yang berkaitan dengan ilmu kimia dan reactor riset yang ditulis dengan judul Optimasi Parameter Metode Pemisahan Radionuklida ⁹⁵Zr Dalam Larutan Pelat Elemen Bakar U₃Si₂/Al Teriradiasi. Radionuklida ⁹⁵Zr adalah salah satu radionuklida hasil belah pemancar radiasi- γ dan berumur paruh pendek sehingga dapat digunakan sebagai indikator *burn up*. Dalam pelat elemen bakar U₃Si₂/Al teriradiasi terdapat beberapa radinuklida hasil belah yang memancarkan radiasi α , β dan γ sehingga pada saat pengukuran menggunakan spektrometri- γ , radionuklida ini saling mengganggu dan mengakibatkan hasil pengukuran tidak akurat. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemisahan ⁹⁵Zr sehingga pada saat pengukuran dengan spektrometer- γ diperoleh hasil yang akurat. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan parameter yang optimum terhadap pemisahan ⁹⁵Zr dalam larutan pelat elemen bakar U₃Si₂/Al densitas 4,8 gU/cm³ teriradiasi dengan metode kolom penukar ion. Masih berkaitan dengan ilmu kimia dan reaktor riset, makalah berikutnya ditulis dengan judul Pemisahan Cesium dalam Bahan Bakar U₃Si₂/Al Densitas 4,8 Gu/cm³ *Burn Up* 60% Potongan *Bottom*. Bahan zeolite yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Lampung dan menggunakan metode penukar kation. *Burn up* bahan bakar pasca iradiasi dapat ditentukan dengan indikator *burn up* menggunakan isotop cesium. Pemisahan bertujuan untuk mendapatkan berat cesium yang akurat sehingga perhitungan nilai *burn up* secara merusak juga dapat dilakukan secara tepat.

Topik ketiga dan merupakan tulisan terakhir dalam jurnal ini berkaitan dengan keselamatan reaktor daya ukuran medium yang ditulis dengan judul Studi Kritikalitas dan Parameter Keselamatan Neutronik Perangkat Bahan Bakar Nuscale. Reaktor modular kecil PWR tipikal NuScale membuka peluang baru untuk masa depan industri nuklir. Dengan daya termal 160 MW, NuScale memiliki beberapa kelebihan seperti fleksibilitas. Riset ini difokuskan pada studi kritikalitas dan parameter keselamatan neutronik perangkat bahan bakar NuScale menggunakan program MCNP6 dan pustaka ENDF/B-VII. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kritikalitas perangkat bahan bakar tipe D adalah yang paling tinggi karena memiliki pin bahan bakar dengan UO₂ murni tanpa konsentrasi Gd₂O₃.

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, 2021
DEWAN REDAKSI

DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	Halaman i
Daftar Isi	ii
Pengaruh Temperatur dan Komposisi Nb Terhadap Interdifusi Paduan U-Zr-Nb (Maman Kartaman Ajiriyanto, Masrukan, Fajar Al Afghani, Yanlinastuti)	111 – 122
Perilaku Tarik dan Struktur Mikro Baja Tahan Karat AISI 304 Pasca Perlakuan Panas Pada Daerah Sensitivitas 600 – 700 °C (Sungkono, Sri Ismarwanti)	123 – 132
Analisis Ketidakpastian Pengukuran Kekuatan Tarik dan <i>Elongasi</i> Spesimen SS304 Berbentuk Ring (Sri Ismarwanti, Jan Setiawan, Maman Kartaman Ajiriyanto, Rohmad Sigit)	133 – 142
Optimasi Parameter Metode Pemisahan Radionuklida ⁹⁵ Zr Dalam Larutan Pelat Elemen Bakar U ₃ Si ₂ /Al Teriradiasi (Yanlinastuti, Noviarty, Iis Haryati, Ariyanti Saputri, Boybul, Supardjo, Erlina Noerpitasari, Aslina Br. Ginting)	143 – 156
Pemisahan Cesium Dalam Bahan Bakar U ₃ Si ₂ /Al Densitas 4,8 gU/cm ³ <i>Burn Up</i> 60% Potongan <i>Bottom</i> (Ariyanti Saputri, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Yanlinastuti, Hanifah Rifa'atul Mahmudah, Aslina Br. Ginting)	157 – 164
<i>Study on Criticality and Neutronic Safety Parameters of NuScale Fuel Assembly</i> (Zuhair, Wahid Luthfi, R. Andika Putra Dwijayanto, Suwoto)	165 – 176

ABSTRAK

Maman Kartaman Ajiriyanto, Masrukan, Fajar Al Afghani, Yanlinastuti. Vol. 27 No. 3, hal. 111–122

PENGARUH TEMPERATUR DAN KOMPOSISI Nb TERHADAP INTERDIFUSI PADUANU-Zr-Nb. Telah dilakukan simulasi percobaan intermik bahan bakar U-Zr-Nb dengan pelat aluminium. Mula-mula dibuat ingot paduan U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, dan U-6Zr-8Nb menggunakan tungku peleburan busur listrik. Ingot yang diperoleh dipotong-potong menjadi berukuran ketebalan 2-3 mm dan diameter sekitar 5-6 mm selanjutnya ditutup menggunakan pelat Al pada salah satu sisinya serta dipress. Setelah dipress, ingot paduan U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, dan U-6Zr-8Nb dipanaskan pada temperature 350 dan 450 °C selama 1 jam. Setelah dipanaskan ingot dikenai beberapa pengujian yaitu mikrostruktur menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS), kekerasan menggunakan uji kekerasan mikro, dan fasa dengan alat *X-ray diffractometer* (XRD). Hasil pemeriksaan mikrostruktur menunjukkan masih terlihat dengan jelas batas antara lapisan (*interface*) U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, dan U-6Zr-8Nb dengan lapisan Al. Semakin tinggi kandungan Nb semakin rapat-rapat *interface* antara kedua lapisan. Pada pengujian kekerasan mikro terlihat bahwa kekerasan pada *interface* sulit diukur sedangkan pada daerah U-Zr-Nb menunjukkan kenaikan kekerasan pada pemanasan dari 350 menjadi 450 °C, sedangkan pada bagian Al terjadi penurunan kekerasan pada kenaikan temperatur pemanasan dari 350 menjadi 450 °C. Terbentuk senyawa UO_3 pada semua sampel uji sedangkan fasa γ -U terbentuk pada sampel U-6Zr-2Nb baik yang dipanaskan pada temperatur 350 maupun 450 °C.

Kata kunci: Intermik, paduan U-Zr-Nb, aluminium, mikrostruktur, kekerasan, fasa

Sungkono, Sri Ismarwanti. Vol. 27 No. 3, hal. 123–132

PERILAKU TARIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA TAHAN KARAT AISI 304 PASCA PERLAKUAN PANAS PADA DAERAH SENSITISASI 600 – 700 °C. Baja tahan karat AISI 304 digunakan sebagai komponen struktur reaktor daya tipe LWR. Dalam pembuatan komponen struktur, kualitas sambungan lasan SS 304 ditentukan oleh proses pendinginan dari temperatur austenit ke sensitisasi. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakter kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro SS 304 pada daerah sensitisasi 600-700 °C. Metoda penelitian yang digunakan adalah pengujian komposisi kimia, tarik, kekerasan, dan struktur mikro yang mengacu pada ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik SS 304 pasca perlakuan sensitisasi pada (600 °C, 30- 60 menit) dan (700 °C, 30-90 menit) relatif sama dan lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan panas, sedangkan pada (600 °C, 90 menit) relatif sama dengan sampel tanpa perlakuan panas. Struktur mikro SS 304 terdiri atas fasa ferit- δ dan austenit serta presipitat khrom karbida. Kuantitas presipitat di batas butir menurun dengan bertambahnya temperatur dan waktu penahanan. Kekerasan pasca perlakuan sensitisasi pada 600 - 700°C relatif sama di *base metal*, dekat patahan dan daerah patahan. Ketangguhan retak terbaik diperoleh pada sampel SS 304 dengan perlakuan (700 °C, 90 menit).

Kata kunci: baja tahan karat, sensitisasi, kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro, presipitat.

Sri Ismarwanti, Jan Setiawan, Maman Kartaman Ajiriyanto, Rohmad Sigit. Vol. 27 No. 3, hal. 133–142

ANALISIS KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN KEKUATAN TARIK DAN ELONGASI SPESIMEN SS304 BERBENTUK RING. Ketidakpastian adalah tolak ukur dari kehandalan suatu pengukuran. Salah satu pendekatan analisa ketidakpastian yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM). Langkah-langkah untuk menganalisa ketidakpastian dari suatu pengukuran telah dijelaskan secara rinci oleh pendekatan GUM. Analisa ketidakpastian dilakukan pada pengujian tarik untuk mengetahui ketertelusuran data yang diperoleh. Pengujian tarik menghasilkan data berupa kekuatan tarik dan *elongasi* dari material uji. Kekuatan tarik adalah besaran yang melibatkan besaran gaya dan panjang. *Elongasi* adalah penambahan panjang saat dilakukan penarikan. Kekuatan tarik pada sampel berbentuk ring akan dipengaruhi oleh luas penampang pada kedua belah sisi ring ketika diberikan tegangan tarik. Sehingga untuk menentukan ketidakpastian pengujian tarik akan memerlukan analisa terhadap penyumbang ketidakpastian. Makalah ini memberikan penjelasan bagaimana cara untuk menganalisa ketidakpastian pengukuran kekuatan tarik dan *elongasi* pada sampel berbentuk ring. Selain itu juga akan diperoleh nilai ketidakpastian pengukuran kekuatan tarik dan *elongasi* SS304 berbentuk ring. Dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa kekuatan tarik ring SS304 rata-rata adalah $631,070 \pm 26,976 \text{ Nmm}^{-2}$ dengan ketidakpastian diperluas sebesar $50,451 \text{ Nmm}^{-2}$ pada tingkat kepercayaan 95%. Selain itu pada tingkat kepercayaan yang sama diperoleh hasil *elongasi* ring SS304 rata-rata $18,681\% \pm 2,425\%$ dengan ketidakpastian diperluas sebesar 2,867%. Keberulangan data atau *repeatability* menjadi penyumbang terbesar terhadap ketidakpastian pengukuran kekuatan tarik dan *elongasi* ring SS304.

Kata kunci: Ketidakpastian, GUM, kekuatan tarik, *elongasi*, ring SS304.

Yanlinastuti, Noviyarti, Iis Haryati, Ariyanti Saputri, Boybul, Supardjo, Erlina Noerpitasi, Aslina Br. Ginting.
Vol. 27 No. 3, hal. 143–156

OPTIMASI PARAMETER METODE PEMISAHAN RADIONUKLIDA ^{95}Zr DALAM LARUTAN PELAT ELEMEN BAKAR $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ TERIRADIASI. Radionuklida ^{95}Zr adalah salah satu radionuklida hasil belah pemancar radiasi- γ dan berumur paruh pendek sehingga dapat digunakan sebagai indikator *burn up*. Dalam pelat elemen bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ teriradiasi terdapat beberapa radionuklida hasil belah yang memancarkan radiasi α , β dan γ sehingga pada saat pengukuran menggunakan spektrometri- γ , radionuklida ini saling mengganggu mengakibatkan hasil pengukuran tidak akurat. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemisahan ^{95}Zr sehingga pada saat pengukuran dengan spektrometer- γ diperoleh hasil yang akurat. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan parameter yang optimum terhadap pemisahan ^{95}Zr dalam larutan pelat elemen bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 teriradiasi dengan metode kolom penukar ion menggunakan resin Dowex 1x-8Cl diameter 100-200 mesh. Parameter optimum yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk pemisahan ^{95}Zr dalam larutan pelat elemen bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 teriradiasi. Dari hasil penelitian diperoleh parameter optimum keasaman H_2SO_4 pada umpan dengan konsentrasi 0,5 M, keasaman H_2SO_4 untuk elusi konsentrasi 1,0 M dengan recovery 98,20%. Berat resin untuk mengikat radionuklida ^{95}Zr sebanyak 2,0 g dengan recovery 78,76%; volum umpan yang dibutuhkan sebanyak 50 μL dengan recovery 96,90% dan kecepatan alir sebesar 0,1 mL/menit dengan recovery 96,72%. Parameter optimum tersebut digunakan untuk pemisahan larutan pelat elemen bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 teriradiasi dengan kode *Bottom* (B), *Middle* (M) dan *Top* (T). Hasil pengukuran didapat rerata recovery pemisahan ^{95}Zr masing-masing untuk kode B-1= 75,078%; B-2= 81,401%; M1=76,850%; M-2=83,806%; T-1=84,433%; dan T-2=81,728% dengan keberterimaan nilai CV *repeatability* lebih kecil dibandingkan dengan nilai CV Horwitz.

Kata kunci: kolom penukar ion, $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ teriradiasi, radionuklida ^{95}Zr , spektrometer- γ , uji Horwitz

Ariyanti Saputri, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Yanlinastuti, Hanifah Rifa'atul Mahmudah, Aslina Br. Ginting.
Vol. 27 No. 3, hal.157–164

PEMISAHAN CESIUM DALAM BAHAN BAKAR $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ DENSITAS 4,8 gU/cm^3 BURN UP 60% POTONGAN BOTTOM. Telah dilakukan pemisahan cesium dalam bahan bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 *burn up* 60% menggunakan bahan zeolit Lampung pada metode penukar kation. *Burn up* bahan bakar pasca iradiasi dapat ditentukan dengan indikator *burn up* menggunakan isotop cesium. Pemisahan bertujuan untuk mendapatkan berat cesium yang akurat sehingga perhitungan nilai *burn up* secara merusak juga dapat dilakukan secara tepat. PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ dipotong pada bagian *Bottom* secara duplo lalu ditambahkan pelarut HCl 6 N dan HNO_3 6N. Satu mL larutan bahan bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ dimasukkan ke dalam botol vial dan ditransfer dari hotcell 109 ke laboratorium radiasi aktivitas sedang (R.135). Larutan bahan bakar $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ diencerkan menjadi 25 mL dan dipipet 50 μL ke dalam vial secara duplo dan ditambahkan 1000 mg zeolit Lampung, kemudian dilakukan pemisahan ^{134}Cs dan ^{137}Cs dari ^{235}U dengan metode penukar kation secara *batch* selama 60 menit. Hasil pemisahan diperoleh isotop ^{134}Cs dan ^{137}Cs dalam fasa padat, sedangkan uranium (^{238}U , ^{235}U , ^{234}U) dan isotop lainnya dalam fasa cair. Besarnya berat isotop ^{134}Cs dan ^{137}Cs selanjutnya diukur menggunakan spektrometer- γ . Hasil pemisahan diperoleh berat isotop ^{137}Cs dan ^{134}Cs dalam larutan PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 *burn up* 60% potongan *Bottom* masing-masing B-1=0,00003283 g/0,036gPEB dan B-1= 0,00000147 g/0,036gPEB, sedangkan untuk potongan B-2=0,00003290 g/0,037gPEB untuk ^{137}Cs dan B-2= 0,00000222 g/0,037gPEB untuk ^{134}Cs . Pemisahan cesium dalam 50 μL larutan PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ *burn up* 60% potongan *Bottom* dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung seberat 1000 mg diperoleh hasil yang baik.

Kata kunci: $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ densitas 4,8 gU/cm^3 , *burn up* 60%, cesium, pemisahan

Zuhair, Wahid Luthfi, R. Andika Putra Dwijayanto, Suwoto. Vol. 27 No. 3, hal.165–176

STUDI KRITIKALITAS DAN PARAMETER KESELAMATAN NEUTRONIK PERANGKAT BAHAN BAKAR NUSCALE. NuScale, reaktor modular kecil PWR tipikal membuka peluang baru untuk masa depan industri nuklir. Dengan daya termal 160 MW, NuScale memiliki beberapa kelebihan seperti fleksibilitas karena modularitasnya dalam konstruksi. Riset ini difokuskan pada studi kritikalitas dan parameter keselamatan neutronik perangkat bahan bakar NuScale menggunakan program MCNP6 dan pustaka ENDF/B-VII. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kritikalitas perangkat bahan bakar tipe D adalah yang paling tinggi diantara jenis perangkat lainnya karena memiliki pin bahan bakar dengan UO_2 murni tanpa konsentrasi Gd_2O_3 . Koefisien temperatur Doppler (DTC) perangkat bahan bakar tipe C paling negatif diantara perangkat lainnya karena efek pelebaran Doppler pada daerah resonansi dari tampang lintang tangkapan ^{238}U yang merupakan konsentrasi tertinggi. Koefisien temperatur moderator (MTC) perangkat bahan bakar tipe D paling negatif diantara tipe perangkat lainnya. Fraksi neutron tunda efektif (β_{eff}) tidak mencerminkan kecenderungan yang konsisten di antara jenis perangkat bahan bakar. Perangkat bahan bakar tipe D menunjukkan waktu hidup neutron serempak (λ) tertinggi sedangkan waktu generasi neutron (Λ) tertinggi ditunjukkan dalam perangkat tipe C. Dapat disimpulkan bahwa studi ini memberikan hasil perhitungan cukup memadai yang dapat digunakan sebagai langkah pertama. untuk melakukan komputasi dan analisis neutronik teras penuh NuScale.

Kata kunci: kritikalitas, parameter keselamatan, perangkat bahan bakar NuScale, MCNP6, ENDF/B-VII

ABSTRACT

Maman Kartaman Ajiriyanto, Masrukan, Fajar Al Afghani, Yanlinastuti. Vol. 27 No. 3, pp. 111–122

EFFECT OF TEMPERATURE AND Nb COMPOSITION ON U-Zr-Nb ALLOY INTERDIFFUSION. A simulation of U-Zr-Nb intermixed fuel has been carried out with aluminum plates. Initially, U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, and U-6Zr-8Nb alloy ingots were made using an electric arc melting furnace. The ingot obtained was cut into pieces with a thickness of 2-3 mm and a diameter of about 5-6 mm, then it was covered Al plate on one side and pressed. After pressing, the alloy ingots of U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, and U-6Zr-8Nb were heated at temperatures of 350 and 450 °C for 1 hour. The ingot was subjected to several tests, namely microstructure examination using optical microscope and Scanning Electron Microscope (SEM) equipped with Energy Dispersive Spectrometer (EDS), hardness test using microhardness tester, and phase observation using X-ray diffractometer (XRD). The results of microstructure examination show that the boundaries between the U-6Zr-2Nb, U-6Zr-5Nb, and U-6Zr-8Nb layers (interfaces) and the Al layer were clearly visible. The higher of the Nb content, the denser the interface between the two layers. For the microhardness test, we found that the hardness at the interface was difficult to measure, while the U-Zr-Nb region shows an increase in hardness for heating from 350 to 450 °C, while in the Al section there is a decrease in hardness when the heating temperature increases from 350 to 450 °C. UO_3 compounds were formed in all test samples while the -U phase was formed in U-6Zr-2Nb samples both heated at temperatures of 350 and 450 °C.

Keywords: Intermic, U-Zr-Nb alloy, aluminum, microstructure, hardness, phase.

Sungkono, Sri Ismarwanti. Vol. 27 No. 3, ppl. 123–132

TENSILE BEHAVIOR AND MICROSTRUCTURE OF AISI 304 STAINLESS STEEL AFTER HEAT TREATMENT IN SENSITIZATION AREA OF 600 – 700°C. AISI 304 stainless steel is used as a structural component of the LWR type power reactors. In the manufacture of structural component, the quality of SS 304 welded joints is determined by cooling process from the austenite to sensitization temperature. The purposes of this study was to determine tensile strength, hardness and microstructure of SS 304 in the sensitization area of 600 – 700 °C. The research method was testing of the chemical composition, tensile, hardness and microstructural properties referring to ASTM. The results show that the tensile strength of SS 304 after sensitization treatment at 600 °C (30-60 minutes) and 700 °C (30-90 minutes) was relatively the same and lower than samples without heat treatment while the sample treated at 600 °C (90 minutes) was relatively the same as the sample without heat treatment. The microstructure of SS 304 consists of δ -ferrite and austenite phases and chromium carbide precipitates. The quantity of precipitate at the grain boundaries decreases with increasing temperature and holding time. The hardness after sensitization treatment at 600 – 700 °C was relatively the same on the base metal, near the fracture and the fracture area. The most crack resistant was obtained on SS 304 samples with treatment at 700 °C (90 minutes).

Keywords: stainless steel, sensitization area, tensile strength, hardness, microstructure, precipitate

Sri Ismarwanti, Jan Setiawan, Maman Kartaman Ajiriyanto, Rohmad Sigit. Vol. 27 No. 3, pp. 133–142

ANALYSIS OF UNCERTAINTY IN THE MEASUREMENT OF TENSILE STRENGTH AND ELONGATION OF RING-SHAPED SS304 TEST SPECIMENS. Uncertainty is a measure of the reliability of a measurement. One of the widely used uncertainty analysis approaches is the Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). The steps for analyzing the uncertainty of a measurement have been described in detail by the GUM approach. Uncertainty analysis was carried out on tensile testing to determine the traceability of the data obtained. Tensile testing produces data in the form of tensile strength and elongation of the test material. Tensile strength is a quantity that involves the magnitude of the force and length. Elongation is the increase in length when pulling. The tensile strength of the ring-shaped sample will be affected by the cross-sectional area on both sides of the ring when a tensile stress is applied. So, to determine the uncertainty of the tensile test, an analysis of the contributors to the uncertainty is required. This paper provides an explanation of how to analyze the uncertainty of the measurement of tensile strength and elongation in a ring-shaped sample. In addition, the value of the uncertainty in the measurement of tensile strength and elongation of SS304 (in the form of a ring) will also be presented. The test results show that the average tensile strength of SS304 rings is $631.070 \pm 26.976 \text{ Nmm}^2$ with an expanded uncertainty of 50.451 Nmm^2 at a 95% confidence level. In addition, at the same level of confidence, the average SS304 ring elongation result is $18.681\% \pm 2.425\%$ with an expanded uncertainty of 2.867%. Data repetition or repeatability is the biggest contributor to the uncertainty in measuring the tensile strength and elongation of the SS304 ring.

Keywords: Uncertainty, GUM, tensile strength, elongation, SS304 ring

Yanlinastuti, Noviyarti, Iis Haryati, Ariyanti Saputri, Boybul, Supardjo, Erlina Noerpitasi, Aslina Br. Ginting. Vol. 27 No. 3, pp. 143–156

PARAMETER OPTIMIZATION IN THE SEPARATION OF ^{95}Zr RADIONUCLIDE IN IRRADIATED $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ FUEL ELEMENT PLATE SOLUTION. Radionuclide of ^{95}Zr is one of the γ -radiation emitter radionuclides which has a short half-life so that it can be used as an indicator of burn up. In the irradiated $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel element plate there are several radionuclides of fission products emitting α , β and γ , and when measuring radiation using γ -spectrometry, these radionuclides may interfere with each other resulting in inaccurate measurement results. Therefore, it is necessary to separate ^{95}Zr for better accuracy in the measurement of γ -radiation with a γ -spectrometer. The purpose of this study was to obtain the optimum parameters for the separation of ^{95}Zr in $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel element plate solution by ion exchange column method using Dowex 1x-8Cl resin of 100-200 mesh in diameter. The optimum parameters obtained were then used for the separation of ^{95}Zr in a solution of irradiated $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel element. It was found that the optimum parameter of acidity of H_2SO_4 in the feed was a concentration of 0.5 M, and the acidity of H_2SO_4 for elution was 1.0 M with a recovery of 98.20%. The weight of the resin to bind ^{95}Zr radionuclide was 2.0 g with a recovery of 78.76%. The required feed volume was 50 μL with a recovery of 96.90% and the optimized flow rate was 0.1 mL/minute with a recovery of 96.72%. The optimum values were used for the separation of the $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ fuel element plate solution irradiated with the code of Bottom (B), Middle (M) and Top (T). The measurement results show that the mean recovery of separation was ^{95}Zr for code B-1 = 75.078%; B-2 = 81.401%; M1 = 76.850%; M-2 = 83.806%; T-1 = 84.433%; and T-2 = 81.728% with the acceptability of the CV repeatability value smaller than the CV Horwitz value.

Keywords: ion exchange column, irradiated $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$, ^{95}Zr radionuclide, γ -spectrometer, Horwitz test

Ariyanti Saputri, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Yanlinastuti, Hanifah Rifa'atul Mahmudah, Aslina Br. Ginting. Vol. 27 No. 3, pp. 157–164

SEPARATION OF CESIUM IN $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ FUEL OF 4.8 gU/cm^3 DENSITY WITH 60% BURN UP AT BOTTOM POSITION. The separation of cesium 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 zeolite from Lampung has been carried out. Cesium isotope is used as a burn-up indicator for irradiated nuclear fuel. The separation aims to obtain an accurate cesium weight so that the calculation of burn up by the destructive method can be carried out correctly. The fuel plate of $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ was cut in duplicates at the bottom with a weight of B-1 = 0.036 g and B-2 = 0.037g, respectively. The fuel plate of $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ with this weight was then dissolved using 6N HCl and 6N HNO_3 in 10 mL. The solution of $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ was then pipetted 1 mL and transferred from the hotcell to R.135 and diluted to 25 mL. The solution was pipetted 50 μL into a vial in duplicates and 1000 mg of Lampung zeolite was added. Separation process of ^{134}Cs and ^{137}Cs from ^{235}U was done by cation exchange for 60 minutes. The results obtained were isotopes ^{134}Cs and ^{137}Cs in the solid phase while uranium (^{238}U , ^{235}U , ^{234}U) and other isotopes in the liquid phase. The weight of the isotopes of ^{134}Cs and ^{137}Cs was then measured using a spectrometer/ γ . The weight of the isotopes of ^{137}Cs and ^{134}Cs in solution at Bottom position was B-1 = 0.00003283 g/0.036g and B-1 = 0.00000147 g/0.036 g for ^{137}Cs and ^{134}Cs respectively while another duplicate was B-2 = 0.00003290 g/0.037g for ^{137}Cs and B-2 = 0.00000222 g/0.037g for ^{134}Cs . It can be concluded that in the separation of cesium in 50 μL solution of $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ at Bottom position by cation exchange using 1000 mg of zeolite from Lampung, good results were obtained.

Keywords : $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ density 4,8 gU/cm^3 , burn up 60%, cesium, separation.

Zuhair, Wahid Luthfi, R. Andika Putra Dwijayanto, Suwoto. Vol. 27 No. 3, pp. 165–176

STUDY ON CRITICALITY AND NEUTRONIC SAFETY PARAMETERS OF NUSCALE FUEL ASSEMBLY. NuScale, a typical Pressurized Water Reactor (PWR) Small Modular Reactors (SMRs), offers a new opportunity for the future of nuclear industry. With 160 MW thermal power, NuScale has several advantages such as flexibility due to its modularity in construction. This work is focused on the study of criticality and neutronic safety parameters of NuScale fuel assembly using MCNP6 code and ENDF/B-VII library. The calculation results shows that criticality of fuel assembly type D is the highest among other assembly types because it has a fuel pin with pure UO_2 without Gd_2O_3 concentration. The Doppler temperature coefficient (DTC) of fuel assembly type C is the most negative among other assemblies due to Doppler broadening effect on resonance region of capture cross section of ^{238}U which is the highest concentration. The moderator temperature coefficient (MTC) of fuel assembly type D is the most negative among the other assembly types. The effective delayed neutron fraction (β_{eff}) does not reflect a consistent trend among fuel assembly types. Fuel assembly type D shows the highest prompt neutron lifetime (ℓ) while the highest neutron generation time (Λ) is shown in assembly type C. It can be concluded that this study provides adequate results that can be used as a first step to carry out the neutronic computation and analysis of the NuScale full core.

Keywords: Criticality, safety parameters, NuScale fuel assembly, MCNP6, ENDF/B-VII

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

p ISSN 0852 – 4777; e ISSN 2528 – 0473
Keputusan Menristek/Ka. BRIN No: 200/M/KPT/2020
Akreditasi berlaku sampai Vol. 28 No. 2 Tahun 2022
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 dffraction analyses on the mechanical alloying of the Mg2Ni formation," dipresentasikan pada The International Conference on Solid State Ionec 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.