

p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473  
Akreditasi No.21/E/KPT/2018  
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 26 No. 3

Oktober 2020



*Microwave Digester*

**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR**

Urania	Vol. 26	No. 3	Hal :131-202	Serpong Oktober 2020	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	--------------	-------------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No. 3, Oktober 2020

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir URANIA adalah wahana informasi tentang Daur Bahan Bakar Nuklir yang berisi hasil penelitian, pengembangan dan tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama kali pada tahun 1995 dengan frekuensi terbit sebanyak empat kali dalam satu tahun yaitu pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober. Sementara itu, mulai tahun 2011 Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir URANIA terbit tiga kali dalam satu tahun, yaitu pada bulan Februari, Juni dan Oktober.

### **Penanggung Jawab**

Kepala PTBBN

### **Penasehat**

Komisi Pembina Tenaga Fungsional

### **Pemimpin Dewan Redaksi**

#### **Merangkap Penyunting Ahli**

Dr. Jan Setiawan (Material, BATAN)

### **Pemimpin Redaksi Pelaksana**

#### **Merangkap Penyunting Ahli**

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

### **Penyunting Ahli**

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

Ir. Masrukan, M.T (Teknik Material, BATAN)

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

Ir. Tri Yulianto (Teknik Nuklir, BATAN)

Ir. Etty Mutiara, M. Eng (Teknik Kimia, BATAN)

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

Erilia Yusnitha, S.T, M. Sc (Teknik Kimia, BATAN)

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

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

### **Penyunting Mitra Bestari**

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

Prof. Dr. Yanni Sudyani (Biologi Lingkungan, LIPI)

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

Dr. Toto Sudiro (Fisika, LIPI)

Dr. Muhammad Subekti, M.Eng, (Teknik Nuklir , PTKRN-BATAN)

Ir. Tagor Malem Sembiring (Teknik Nuklir, PKSEN-BATAN)

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)

### **Pemeriksa Naskah**

Yanlinastuti, S.Si

Dwi Agus Wrihatno, S.Kom

### **Sekretaris**

Mulkah Sari Banon, A. Md

---

### **Penerbit**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN)-BATAN

---

### **Alamat Redaksi**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

Kawasan Puspiptek Serpong 15314

Telp. 021-756-0915 Faks.021-756-0909

E-mail: [urania@batan.go.id](mailto:urania@batan.go.id)/[batanurania@gmail.com](mailto:batanurania@gmail.com)

---

---

## PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" volume 26 nomor 3 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas ilmu bahan dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Pengaruh Arah Pengerolan dan *Shear Cutting* Terhadap Karakter Paduan AlMg2 Sebagai Material *Cladding* Bahan Bakar Reaktor Riset. Proses pengerolan paduan AlMg2 dilakukan secara bertahap hingga diperoleh ketebalan tertentu sesuai spesifikasi *cladding* bahan bakar reaktor riset. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh arah pengerolan dan *shear cutting* terhadap karakter paduan AlMg2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paduan AlMg2 searah pengerolan mempunyai kekuatan tarik dan kekerasan lebih rendah dan lebih ulet dibandingkan arah melintang. Tulisan berikutnya masih berkaitan dengan ilmu bahan dan reaktor daya yang ditulis dengan judul Evolusi Mikrostruktur dan Kinetika Pengkasaran Endapan B2-(Fe, Ni)Al Pada Baja Feritik Fe-14Ni-9Al-7,5Cr-1Mo Pada Suhu Tinggi. Baja feritik banyak digunakan untuk komponen boiler karena relatif ekonomis dan konduktivitas termalnya lebih tinggi. Namun, penerapan baja feritik untuk boiler dibatasi hanya pada suhu 630°C karena kekuatan mulur dan korosi yang rendah pada suhu lebih tinggi.

Topik kedua membahas masalah ilmu kimia dan reaktor riset yang ditulis dengan judul Analisis Komposisi Unsur, Densitas, Makrostruktur, dan Fasa Paduan U-6Zr-xNb Pasca Uji Korosi. Analisis komposisi bertujuan untuk memastikan bahwa bahan bakar U-6Zr-xNb memenuhi syarat kualitas bahan bakar nuklir. Uji densitas dilakukan untuk menjadi salah satu parameter dalam menghitung laju korosi, sedangkan pengamatan mikrostruktur dan fasa paduan untuk mengetahui kerusakan produk korosi serta lapisan/fasa yang terbentuk setelah terjadi korosi. Hasil uji komposisi paduan U-6Zr-xNb dengan XRF dan titrasi potensiometri menunjukkan kadar uranium mendekati yang disyaratkan, untuk uji unsur pengotor menunjukkan beberapa unsur melebihi kadar yang disyaratkan, antara lain Al, Fe dan Si. Tulisan berikutnya ditulis dengan judul Pemurnian Grafit Alam Indonesia Sebagai Matriks Bahan Bakar Nuklir dengan Metode *Acid Leaching*. Matriks grafit dalam *Pebble Bed Reactor (PBR)–High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR)* memiliki peran penting yaitu sebagai moderator neutron dan material struktur,serta sebagai media transfer panas. Penelitian ini bertujuan untuk memurnikan grafit alam Indonesia dengan menggunakan variasi asam. Masih berkaitan dengan ilmu kimia, tulisan berikutnya ditulis dengan judul Pemisahan Cesium Dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  Densitas  $4,8 \text{ gU/cm}^3$  Pasca Iradiasi Menggunakan Metode Pengendapan Chloroplatinate dan Kolom Penukar Kation Resin Dowex. Pemisahan cesium dengan uranium dalam larutan uranil nitrat dilakukan menggunakan metode pengendapan chloroplatinate dan kolom penukar kation. Pada metode pengendapan chloroplatinate, dilakukan proses penghilangan unsur-unsur yang akan mengganggu dalam proses pengendapan,.

Topik ketiga membahas ilmu fisika dan reaktor riset yang ditulis dengan judul Optimasi Proses Elektrodeposisi Untuk Pengukuran Isotop  $^{242}\text{Pu}$  dengan Spektrometer Alpha. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan parameter optimal proses elektrodeposisi sehingga diperoleh sumber alpha isotop  $^{242}\text{Pu}$  dengan spektrum yang baik dan hasil maksimal. Percobaan ini dilakukan untuk menetapkan parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi proses elektrodeposisi.

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, 2020  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No. 3, Oktober 2020

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Pengaruh Arah Pengerolan dan <i>Shear Cutting</i> Terhadap Karakter Paduan AlMg2 Sebagai Material <i>Cladding</i> Bahan Bakar Reaktor Riset (Sungkono, Sri Ismarwanti)	:	131-142
<i>Microstructural Evolution and Coarsening Kinetics Of by B2-(Fe,Ni)Al in Ferritic Steel of Fe-14Ni-9Al-7,5Cr-1Mo at High Temperatures</i> (Eddy Agus Basuki, Syaiful Bachri, Djoko Hadi Prajitno)	:	143-154
Analisis Komposisi Unsur, Densitas, Makrostruktur dan Fasa Paduan U-6Zr-xNb Pasca Uji Korosi (Masrukan, Deni Mustika, Deninta Andara Perdana, Jumaeri)	:	155-166
<i>Purification of Indonesian Natural Graphite as Candidate for Nuclear Fuel Matrix by Acid Leaching Method: Chemical Characterization</i> (Deni Mustika, Torowati, Arbi Dimiyati, Sudirman, Adel Fisli, I Made Joni, Ratih Langenati)	:	167-176
Optimasi Proses Elektrodeposisi Untuk Pengukuran Isotop <sup>242</sup> Pu Dengan Spektrometer Alpha (Boybul, Yanlinastuti, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini, Aslina Br.Ginting)	:	177-188
Pemisahan Cesium Dalam PEB U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Densitas 4,8 gU/cm <sup>3</sup> Pasca Iradiasi Menggunakan Metode Pengendapan Chloroplatinate Dan Kolom Penukar Kation Resin Dowex (Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Erlina Noerpitasari)	:	189-202

## ABSTRAK

Sungkono, Sri Ismarwanti. Vol. 26 No. 3, hal. 131-142

**PENGARUH ARAH Pengerolan dan SHEAR CUTTING TERHADAP KARAKTER PADUAN AlMg<sub>2</sub> SEBAGAI MATERIAL CLADDING BAHAN BAKAR REAKTOR RISET.** Proses pengerolan paduan AlMg<sub>2</sub> dilakukan secara bertahap hingga diperoleh ketebalan tertentu dengan syarat perilaku mekanik akhir sesuai spesifikasi *cladding* bahan bakar reaktor riset. Pada pengujian tarik elemen bakar pasca iradiasi digunakan spesimen mini untuk meminimalkan limbah radioaktif. Tujuan penelitian adalah mendapatkan pengaruh arah pengerolan dan *shear cutting* terhadap karakter paduan AlMg<sub>2</sub>. Metode yang digunakan adalah pengujian tarik, metalografi dan kekerasan pada sampel pasca pengerolan dan spesimen mini paduan AlMg<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paduan AlMg<sub>2</sub> searah pengerolan mempunyai kekuatan tarik dan kekerasan lebih rendah dan lebih ulet dibandingkan arah melintang pengerolan. Struktur paduan AlMg<sub>2</sub> pasca pengerolan panas terdiri atas fasa  $\alpha$ (Al) dan presipitat yang terdistribusi di sepanjang butir batang pipih searah pengerolan sampel. *Shear cutting* mempengaruhi lebar dan kekerasan daerah deformasi pada permukaan bekas potong spesimen mini.

**Kata kunci:** arah pengerolan, *shear cutting*, paduan AlMg<sub>2</sub>, kekuatan tarik, kekerasan, mikrostruktur.

Eddy Agus Basuki, Syaiful Bachri, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 26 No. 3, hal.143-154

**EVOLUSI STRUKTURMIKRO DAN KINETIKA PENGASARAN DARI B<sub>2</sub>-(Fe,Ni)AL DALAM BAJA FERITIK PADUAN FE-14Ni-9Al-7,5Cr-1Mo PADA TEMPERATUR TINGGI.** Peningkatan efisiensi pada fasilitas pembangkit listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga uap, sangat dibutuhkan dan mendorong untuk pengembangan material yang mampu beroperasi pada temperatur tinggi. Baja feritik sudah digunakan secara luas sebagai komponen boiler karena bernilai ekonomis dan konduktivitas panas yang tinggi. Namun demikian, penggunaan baja feritik sebagai boiler terbatas penggunaannya pada temperature 630 °C karena kelemahannya pada kekuatan mulur dan korosi pada temperatur tinggi. Berbagai usaha untuk meningkatkan unjuk kerja baja feritik pada temperature tinggi telah banyak dilakukan, salah satunya dengan mengembangkan presipitat B<sub>2</sub>-(Fe,Ni)Al pada matriks ferit. Pada tulisan ini dibahas mengenai evolusi strukturmikro pada paduan Fe-14Ni-9Al-7.5Cr-1Mo (dalam wt.%) yang diperkuat presipitat B<sub>2</sub>-(Fe,Ni)Al yang dipanaskan pada temperatur 800, 900, dan 1000 °C selama 6, 20 dan 48 jam. Pada temperature pemanasan 800 °C selama 6 jam terbentuk presipitas B<sub>2</sub>-(Fe,Ni)Al rounded cuboidal yang secara homogen terdispersi pada matriks feritnya, dan seiring lama proses pemanasannya bentuknya semakin bundar. Pada temperature 1000 °C, bentuk presipitat yang bundar terbentuk pada semua rentang waktu. Pengasaran presipitat terjadi selama pemanasan 800 dan 1000 °C dengan laju konstanta secara berturut-turut sebesar  $5,7 \times 10^4 \text{ nm}^3/\text{h}$  dan  $2,1 \times 10^6 \text{ nm}^3/\text{h}$ , dimana perubahan ini relatif lambat. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 520 HVN dicapai pada pemanasan 1000°C selama 6 jam.

**Kata kunci:** baja feritik, presipitat B<sub>2</sub>-(Fe,Ni)Al, pengasaran, evolusi strukturmikro.

Masrukan, Deni Mustika, Deninta Andara Perdana, Jumaeri. Vol. 26 No. 3, hal. 155-166

**ANALISIS KOMPOSISI UNSUR, DENSITAS, MAKROSTRUKTUR, DAN FASA PADUAN U-6Zr-xNb PASCA UJI KOROSI.** Penelitian mengenai komposisi unsur, densitas, makrostruktur, dan fasa paduan U-6Zr-xNb pasca uji korosi telah dilakukan. Analisis komposisi paduan dilakukan sebelum uji korosi yang meliputi uji kadar uranium dengan titrasi potensiometri, uji kadar pengotor dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) serta uji kadar Zr dan Nb dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Analisis komposisi paduan bertujuan untuk memastikan bahwa bahan bakar U-6Zr-xNb memenuhi syarat kualitas bahan bakar nuklir. Uji densitas dilakukan untuk menjadi salah satu parameter dalam menghitung laju korosi, sedangkan pengamatan makrostruktur dan fasa paduan dilakukan untuk mengetahui kerusakan atau produk korosi serta lapisan/fasa yang terbentuk setelah terjadi korosi. Hasil uji komposisi paduan U-6Zr-xNb dengan XRF maupun titrasi potensiometri menunjukkan bahwa kadar uranium sudah mendekati kadar yang syaratkan, sedangkan untuk uji pengotor dengan AAS menunjukkan adanya kadar pengotor melebihi yang disyaratkan untuk bahan bakar nuklir antara lain Al, Fe dan Si. Berdasarkan hasil tersebut, bahan bakar U-6Zr-xNb masih memenuhi persyaratan. Dilihat dari sifat neutroniknya, unsur Al, Fe dan Si memilikiampang serapan neutron yang rendah. Hasil uji densitas sampel U-6Zr, U-6Zr-1Nb, U-6Zr-4Nb, dan U-6Zr-7Nb masing-masing sebesar 16,9798 g/mL, 16,6115 g/mL, 15,594 g/mL, dan 15,3564 g/mL. Pengamatan makrostruktur paduan pasca korosi menunjukkan adanya bercak hitam yang merupakan hasil oksidasi U (IV) menjadi U (VI). Paduan U-6Zr-xNb mengalami korosi paling besar pada media air bebas mineral. Kerusakan pada permukaan paduan semakin menurun seiring bertambahnya presentase berat Nb dalam paduan. Hasil karakterisasi paduan pasca korosi menggunakan XRD menunjukkan bahwa sampel U-6Zr dan U-6Zr-1Nb terbentuk fasa  $\alpha$ , sedangkan untuk sampel U-6Zr-4Nb dan U-6Zr-7Nb terbentuk fasa  $\gamma$ . Lapisan oksida protektif Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang terbentuk sangat kecil, sehingga tidak terdeteksi oleh XRD.

**Kata kunci:** Paduan UZrNb, komposisi, pengotor, korosi, densitas, makrostruktur, pembentukan fasa.

Deni Mustika, Torowati, Arbi Dimiyati, Sudirman, Adel Fisli, I Made Joni, Ratih Langenati. Vol. 26 No. 3, hal.167-176

**PEMURNIAN GRAFIT ALAM INDONESIA SEBAGAI MATRIKS BAHAN BAKAR NUKLIR DENGAN METODE ACID LEACHING: KARAKTERISASI KIMIA.** Matriks grafit dalam Pebble Bed Reactor (PBR) – High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR) memiliki peran penting, tidak hanya sebagai moderator neutron dan material struktur untuk melindungi bahan bakar, namun juga sebagai media transfer panas. Oleh karena grafit matriks harus memenuhi karakteristik kimia dan fisika untuk bahan bakar PBR – HTGR. Penelitian ini bertujuan untuk memurnikan grafit alam Indonesia dengan beberapa variasi asam dan melakukan karakterisasi kimia sebagai kandidat matriks bahan bakar nuklir PBR – HTGR. Grafit alam hasil flotasi dimurnikan dengan berbagai variasi asam yaitu asam fluorida (HF), asam sulfat + asam nitrat ( $H_2SO_4 + HNO_3$ ) dan asam fluorida + asam klorida + asam sulfat (HF + HCl +  $H_2SO_4$ ), selanjutnya dilakukan karakterisasi kimia berupa kemurnian, kadar abu, impuritas dan boron ekuivalen sebagai kandidat matriks bahan bakar nuklir. Pemurnian menghasilkan grafit dengan kemurnian tertinggi pada pemurnian dengan HF, diperoleh kadar karbon hingga 99,52% memenuhi spesifikasi grafit nuklir (>99%). Kadar abu belum memenuhi persyaratan yaitu < 100 ppm, namun untuk Boron ekuivalen memenuhi spesifikasi yaitu <1 ppm. Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa grafit hasil pemurnian dengan metode acid leaching HF dapat digunakan sebagai kandidat bahan bakar dengan kualitas rendah. Untuk menghasilkan grafit nuklir kualitas tinggi perlu dilakukan studi lebih lanjut terutama meminimalisir impuritas yang memiliki suhu penguapan di atas 950 °C sehingga dapat menurunkan kadar abu pada grafit.

**Kata kunci:** Grafit alam indonesia, pemurnian, matriks bahan bakar nuklir, acid leaching, karakterisasi kimia.

Boybul, Yanlinastuti, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 3, hal. 177-188

**OPTIMASI PROSES ELEKTRODEPOSISI UNTUK PENGUKURAN ISOTOP  $^{242}Pu$  DENGAN SPEKTROMETER ALPHA.** Dalam penelitian ini digunakan metode elektrodeposisi untuk penyiapan sumber isotop  $^{242}Pu$  untuk pengukuran dengan spektrometer alpha. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter optimal proses elektrodeposisi sehingga diperoleh sumber alpha isotop  $^{242}Pu$  dengan spektrum yang baik dan hasil maksimal dari proses elektrodeposisi. Sampel standar isotop  $^{242}Pu$  dengan aktivitas tertentu dibuat dari larutan standar plutonium. Percobaan dilakukan untuk menetapkan parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi proses elektrodeposisi. Parameter proses elektrodeposisi yang dipelajari antara lain pengaruh waktu, arus listrik dan jarak anoda katoda menggunakan larutan elektrolit ammonium sulfat pH 3,5. Hasil optimasi proses elektrodeposisi diperoleh waktu optimum 2,5 jam, arus listrik 1,4 A dan jarak antara anoda katoda 10 mm. Hal ini menunjukkan bahwa parameter tersebut merupakan kondisi terbaik untuk deposisi isotop  $^{242}Pu$ . Hasil pengukuran dengan spektrometri alpha menunjukkan bahwa resolusi spektrum yang baik untuk sumber isotop  $^{242}Pu$ , dengan kedapatulangan proses elektrodeposisi sebesar 95,25%, dengan presisi sebesar 2,82%.

**Kata kunci:** Elektrodeposisi, isotop  $^{242}Pu$ , kuat arus, waktu, spektrometer alpha.

Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Erlina Noerpitarsari Vol. 26 No. 3, hal. 189-202

**PEMISAHAN CESIUM DALAM PEB  $U_3Si_2/Al$  DENSITAS 4,8 gU/cm<sup>3</sup> PASCA IRADIASI MENGGUNAKAN METODE PENGENDAPAN CHLOROPLATINATE DAN KOLOM PENUKAR KATION RESIN DOWEX.** Pelarutan PEB  $U_3Si_2/Al$  dilakukan di dalam *hot cell* 109 menggunakan larutan HCl 6 M dan  $HNO_3$  6 M. Pemisahan cesium dengan uranium dalam larutan uranyl nitrat dilakukan menggunakan metode pengendapan chloroplatinate dan kolom penukar kation. Pada metode pengendapan chloroplatinate, terlebih dahulu dilakukan proses penghilangan unsur-unsur yang akan mengganggu dalam proses pengendapan, selanjutnya dilakukan pemisahan *heavy element* seperti uranium atau plutonium dengan cara mengendapkan isotop  $^{137}Cs$  dalam bentuk  $Cs_2PtCl_6$ . Kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam endapan  $Cs_2PtCl_6$  diukur menggunakan menggunakan spektrometer- $\gamma$ . Pada metode kolom penukar kation resin Dowex, larutan uranyl nitrat dipipet sebanyak 150  $\mu L$  dan ditambah 2 mL aquadest kemudian ditambahkan Cs *carrier* sebanyak 20  $\mu L$  dan 1 mL HCl 12 M. Campuran larutan tersebut digunakan sebagai umpan dimasukkan ke dalam kolom penukar anion yang berisi resin R-Cl<sup>-</sup>. Efluen yang keluar dari kolom penukar anion dimasukkan ke dalam kolom penukar kation yang berisi resin R-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Isotop  $^{137}Cs$  yang terikat resin R-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di dalam kolom kemudian dielusi menggunakan HCl 1 M. Efluen kemudian dikisatkan sampai diperoleh volume  $\pm$  2 mL. Kandungan isotop  $^{137}Cs$  dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> hasil pemisahan menggunakan metode chloroplatinate untuk potongan *Middle* kode M diperoleh rerata sebesar 0,000557 g/gPEB dan 0,000652 g/gPEB untuk potongan *Bottom* kode B, sedangkan dengan menggunakan metode kolom penukar kation resin Dowex diperoleh sebesar 0,000747 g/gPEB untuk potongan *Middle* kode M, dan 0,000934 g/gPEB untuk potongan *Bottom* kode B. Rekoveri pemisahan  $^{137}Cs$  dengan metode kolom penukar anion lebih besar dibandingkan dengan metode pengendapan  $Cs_2PtCl_6$ .

**Kata kunci:**  $U_3Si_2/Al$ , chloroplatinate, resin Dowex,  $^{137}Cs$ .

## ABSTRACT

Sungkono, Sri Ismarwanti. Vol. 26 No. 3, pp. 131-142

**THE INFLUENCE OF ROLLING DIRECTION AND SHEAR CUTTING ON THE CHARACTERISTICS OF AlMg2 AS FUEL CLADDING MATERIAL FOR RESEARCH REACTOR FUEL.** Gradual rolling process of AlMg2 alloy has been carried out to obtain a certain thickness with final mechanical behavior suitable for fuel cladding of research reactor. The post-irradiation testing of fuel element used mini specimens to minimize radioactive waste. The purpose of this study was to study the influence of rolling direction and shear cutting on AlMg2 alloy characteristics. The tests performed include tensile, metallographic and hardness tests after rolling. The results show that AlMg2 alloy rolled by same direction has lower tensile strength and hardness and is more ductile than that rolled by transverse direction. The structure of AlMg2 alloy after hot rolling consists of  $\alpha$  (Al) phase with precipitates distributed along the elongated grains in the rolling direction. Shear cutting affects the width and hardness of the deformation area on the cut surface of the specimens.

**Keywords:** rolling direction, shear cutting, AlMg2 alloy, tensile strength, hardness, microstructure.

Eddy Agus Basuki, Syaiful Bachri, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 26 No. 3, pp. 143-154

**MICROSTRUCTURAL EVOLUTION AND COARSENING KINETICS OF B2-(Fe,Ni)Al IN FERRITIC STEEL OF Fe-14Ni-9Al-7.5Cr-1Mo AT HIGH TEMPERATURES.** Increasing the efficiency of power plant facilities, such as steam power plant, is demanding, and this drives to the development of materials capable for higher temperature operations. Ferritic steels have been widely used for boiler components due to their relatively economical and higher in thermal conductivity. Nevertheless, the application of ferritic steels for boilers is limited only at 630 °C due to their weakness in creep strength and corrosion at higher temperatures. Efforts to increase the performance of ferritic steels at higher temperature applications have been intensively carried out, one of which is by developing B2-(Fe,Ni)Al precipitates in the ferrite matrix. This paper discusses the microstructural evolution in alloy of Fe-14Ni-9Al-7.5Cr-1Mo (in wt.%) strengthened by B2-(Fe,Ni)Al precipitates during heating at 800, 900, and 1000 °C for 6, 20 and 48 hours. Ageing at 800 °C for 6 hours gave rounded cuboidal B2-(Fe,Ni)Al precipitates dispersed homogeneously in the ferrite matrix and changed to rounded shape at longer ageing times. At 1000 °C, however, the precipitates had rounded shape at all times of ageing. Coarsening of precipitates occurred during ageing at 800 and 1000 °C with the rate constants of  $5,7 \times 10^4$  nm<sup>3</sup>/h and  $2,1 \times 10^6$  nm<sup>3</sup>/h respectively, which is considered relatively low. The highest hardness value of 520 HVN was observed for the sample aged at 1000 °C for 6 hours.

**Keywords:** Ferritic steels, B2-(Fe,Ni)Al precipitate, coarsening, microstructure evolution.

Masrukan, Deni Mustika, Deninta Andara Perdana, Jumaeri. Vol. 26 No. 3, pp. 155-166

**ANALYSIS OF ELEMENTAL COMPOSITION, DENSITY, MACROSTRUCTURE, AND PHASE FORMATION OF U-6Zr-xNb ALLOY POST CORROSION TEST.** Research on the elemental composition, density, macrostructure, and phase formation of U-6Zr-xNb alloy have been done after corrosion test. The alloy composition analysis had been done before the corrosion test which included uranium content analysis by potentiometric titration, impurity analysis with Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), and U, Zr and Nb content analysis with X-Ray Fluorescence (XRF). The alloy composition analysis was aimed to ensure that U-6Zr-xNb fuel meets the quality requirements of nuclear fuel specifications. The density, macrostructure and phase test were done after the corrosion test. The density test is required as one of the parameters in calculating the corrosion rate, and the microstructure and alloy phase observations are required to determine the damage or corrosion products and the layers/phases formed after the occurrence of corrosion. The results of the U-6Zr-xNb alloy composition analysis with XRF and potentiometric titration show that the uranium content is close to the expected level, whereas the impurity test with AAS shows high levels of impurities including Al, Fe and Si. Based on these results, U-6Zr-xNb fuel meets the requirements because the elements of Al, Fe and Si have low neutron absorption cross-section. The sample density test results of U-6Zr, U-6Zr-1Nb, U-6Zr-4Nb, and U-6Zr-7Nb were 16.9798 g/mL, 16.6115 g/mL, 15.594 g/mL, and 15.3564 g/mL respectively. Macrostructure observation of the post-corrosion alloy shows black spots which are the result of oxidation of U (IV) to U (VI). The U-6Zr-xNb alloy experiences the greatest corrosion in mineral-free water media. The damage to the alloy surface decreases as the weight percentage of Nb in the alloy increases. The results of post-corrosion alloy characterization using XRD show that the U-6Zr and U-6Zr-1Nb samples formed an  $\alpha$  phase, while the U-6Zr-4Nb and U-6Zr-7Nb samples formed  $\gamma$  phase. The protective Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oxide layer formed, however, is minute and unlikely to be detected by XRD.

**Keywords:** UZrNb alloy, elemental composition, impurities, corrosion, density, macrostructure, phase formation.

Deni Mustika, Torowati, Arbi Dimiyati, Sudirman, Adel Fisli, I Made Joni, Ratih Langenati. Vol. 26 No. 3, pp.167-176

**PURIFICATION OF INDONESIAN NATURAL GRAPHITE AS CANDIDATE FOR NUCLEAR FUEL MATRIX BY ACID LEACHING METHOD: CHEMICAL CHARACTERIZATION.** Graphite matrix in Pebble Bed Reactor (PBR) – High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR) has an important role as heat transfer medium, neutron moderator and structural material to protect fuel. Thus, graphite matrix must fulfill chemical and physical characteristics for PBR-HTGR fuel. Indonesia has graphite sources in several regions that can potentially be purified. This research aimed to purify Indonesian natural graphite by several variation of acids and to perform chemical characterizations. Natural graphite from flotation process was purified by several variations of acid, i. e., hydrofluoric acid (HF), sulphuric acid + nitric acid ( $H_2SO_4 + HNO_3$ ) and hydrofluoric acid + hydrochloric acid + sulphuric acid ( $HF + HCl + H_2SO_4$ ) and subsequently followed by chemical characterizations such as purity level, ash content, and boron equivalent. The highest purity was obtained in the purification process by HF with carbon content up to 99.52%; this purity level fulfills the specification of nuclear graphite (>99%). Ash content analysis shows a value in compliance with the specification requirement, i.e., < 100 ppm, and boron equivalent value also fulfills the specification value of < 1 ppm. It can be concluded from this study that the graphite purified by acid leaching with HF can be used as fuel matrix candidate but is qualified as low quality. Further research is required to produce high quality nuclear graphite, particularly research in the minimization of the impurity by evaporation at temperatures over 950 °C to by far lower the ash content.

**Keywords:** Indonesian natural graphite, purification, nuclear fuel matrix, acid leaching, chemical characterization.

Boybul, Yanlinastuti, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 3, pp. 177-188

**OPTIMIZATION OF ELECTRODEPOSITION PROCESS FOR  $^{242}Pu$  MEASUREMENT BY ALPHA SPECTROMETRY.** In this study electrodeposition method was used to design and set up an electrodeposition device for  $^{242}Pu$  source preparation for measurement by alpha spectrometry. The purpose of this study was to determine the optimal electrodeposition process parameters so as to obtain  $^{242}Pu$  alpha sources with good spectrum properties and maximum result from source preparation by electrodeposition process. Standard samples of  $^{242}Pu$  with specific activity were prepared from plutonium standard aqueous solution. Experiments were conducted to determine the main parameters that have significant influence on the deposition efficiency. The electrodeposition process parameters analyzed were the effects of time, electric current and anode-cathode distance using an electrolyte solution of ammonium sulphate at pH 3.5. The results of the optimization of the electrodeposition process were optimal time of 2.5 hours, electric current of 1.4A and cathode-anode distance of 10 mm. These parameters' values are the best conditions for the deposition of  $^{242}Pu$ . Alpha measurement results of the electrodeposited source of  $^{242}Pu$  also show good spectra with electrodeposition process reproductibility of 95.3%.

**Keywords:** Electrodeposition, plutonium isotop, current, time, alpha spectrometry.

Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Erlina Noerpitasari Vol. 26 No. 3, pp. 189-202

**SEPARATION OF CESIUM IN IRRADIATED  $U_3Si_2/Al$  FUEL PLATE WITH A DENSITY OF  $4.8 gU/cm^3$  USING CHLOROPLATINATE DEPOSITION METHOD AND DOWEX RESIN CATION EXCHANGE COLUMN.** Dissolution of the  $U_3Si_2/Al$  plate was carried out in hot cell 109 using 6 M HCl and 6 M  $HNO_3$  solutions. The separation of cesium and uranium in uranyl nitrate solution was carried out using chloroplatinate deposition method and a cation exchange column. In the chloroplatinate deposition, the process of removing elements that will interfere with the deposition process was performed first, then the separation of heavy elements such as uranium or plutonium was carried out by depositing the  $^{137}Cs$  in the form of  $Cs_2PtCl_6$ . The isotope content of  $^{137}Cs$  in the  $Cs_2PtCl_6$  deposition was measured with a  $\gamma$ -spectrometer. In the Dowex resin cation exchange column method, the uranyl nitrate solution was pipetted 150  $\mu L$  to be added to 2 mL of aquadest. To this solution was then added 20  $\mu L$  of Cs carrier and 1 mL of 12 M HCl. The mixture of the solution was used as feed and put into the anion exchange column containing R-Cl resin. The effluent exiting the anion exchange column was fed into the cation exchange column containing R-NH $_4^+$  resin. The  $^{137}Cs$  isotope bound to R-NH $_4^+$  resin in the column was then eluted using 1 M HCl. The effluent was compressed until a volume of  $\pm 2$  mL was obtained. The isotope content of  $^{137}Cs$  in  $U_3Si_2 / Al$  plate obtained as a result of separation using the chloroplatinate method for middle slices coded M has an average of 0.000557 g/g fuel and 0.000652 g/g fuel for the bottom slices coded B, while the Dowex resin cation exchange column method gave an average of 0.000747 g/g fuel for middle slices coded M, and 0.000934 g/g fuel for bottom slices coded B. The recovery of  $^{137}Cs$  separation by the anion exchange column method was greater than that of the  $Cs_2PtCl_6$  deposition method.

**Keywords:**  $U_3Si_2/Al$ , chloroplatinate, Dowex resin,  $^{137}Cs$ .



## INDEKS SUBJEK

<p><i>absorber</i>, .....25</p> <p><i>acid leaching</i>, ..... 167</p> <p>anoda, ..... 112</p> <p>arah pengendalian, ..... 131</p> <p>B2-(Fe,Ni)Al <i>precipitate</i>, ..... 143</p> <p>buffer elektrolit (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ..... 112</p> <p>CHEMCAD, ..... 69</p> <p>chloroplatinate, ..... 189</p> <p><i>coarsening</i>, ..... 143</p> <p>deposit uranium, ..... 112</p> <p>efluen gas, .....25</p> <p>elektrodeposisi, ..... 177</p> <p><i>ferritic steels</i>, ..... 143</p> <p>gelasi eksternal, ..... 13</p> <p>HTGR, .....25</p> <p>HVOF, .....1</p> <p><i>Indonesian natural graphite</i>, ..... 167</p> <p><i>INPRO Methodology</i>, .....57</p> <p>isotop <sup>242</sup>Pu, ..... 177</p> <p>kation-anion, ..... 107</p> <p>katoda, ..... 112</p> <p>kernel YSZ, ..... 13</p> <p>ketahanan mulur, ..... 1</p> <p>korosi, ..... 155</p> <p><i>liquid effluent</i>, ..... 69</p> <p><i>Metal Matrix Composite</i>, ..... 1</p>	<p><i>nuclear fuel matrix</i>, ..... 167</p> <p>oksidasi siklik, ..... 1</p> <p><i>packed-bed</i>, .....25</p> <p>paduan AlMg<sub>2</sub>, ..... 131</p> <p>paduan UZrNb, ..... 155</p> <p>paduan Zr-Nb-Si, ..... 75</p> <p>PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al, ..... 111</p> <p>PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup>, ..... 191</p> <p><i>proliferation resistance</i>, .....57</p> <p>proses elektrodeposisi, ..... 112</p> <p>purification, ..... 167</p> <p>radiografi sinar-X, ..... 49</p> <p>radiokronometri, ..... 121</p> <p>resin Dowex, ..... 112, 189</p> <p>rol dingin, ..... 75</p> <p><i>safeguards</i>, .....57</p> <p><i>shear cutting</i>, ..... 131</p> <p><i>Short pin</i>, ..... 83</p> <p>sol-gel, ..... 13</p> <p>spektrometer alpha, ..... 177</p> <p>supernatan, ..... 111</p> <p>SUS 304, ..... 1</p> <p><i>Thermal Spray Coating</i>, ..... 1</p> <p>Thorium, ..... 121</p> <p>TRISO, ..... 13</p> <p><i>Yellow Cake</i>, ..... 121</p>
--	---

---

**INDEKS PENULIS**

Adel Fisli, .....	167	Maman Kartaman Ajiriyanto, .....	83
Agoeng Kadarjono, .....	25, 69	Masrukan, .....	155
Agus Jamaludin, .....	37	Muhammad Luthfi Naufal, .....	1
Agus Sartono Dwi Santosa, .....	25, 69	Muhammad Sukron Fajrin Husein, .....	57
Agus Sunarto, .....	57	Muhammad Walidi, .....	1
Arbi Dimiyati, .....	167	Noviarty, .....	37
Arief Sasongko Adhi, .....	57, 75	Pertiwi Diah Winastri, .....	25, 69
Arif Nugroho, .....	121, 177, 189	Ratih Langenati, .....	167
Aslina Br. Ginting, .....	49, 91, 107, 177	Refa Artika, .....	49, 83
Bening Farawan, .....	57	Rohmad Sigit, .....	49, 83
Boybul, .....	91, 107, 121, 177, 189	Rosika Kriswarini, .....	37, 177, 189
Deni Mustika, .....	155, 167	Samsul Fatimah, .....	37, 121
Deninta Andara Perdana, .....	155	Sarjono, .....	13
Djoko Hadi Prajitno, .....	1, 143	Sayyidatun Nisa, .....	37
Eddy Agus Basuki, .....	143	<i>Sri Ismarwanti</i> , .....	131
Erilia Yusnitha, .....	13, 25, 69	Sudirman, .....	167
Erlina Noerpitasari, .....	37, 121, 189	<i>Sungkono</i> , .....	131
Etty Mutiara, .....	13	Supardjo, .....	49, 91, 107
Helmi Fauzi Rahmatullah, .....	49	Sutri Indaryati, .....	37, 91, 107, 189
Heri Hardiyanti, .....	75	Syaiful Bachri, .....	143
I Made Joni, .....	167	Torowati, .....	167
Iis Haryati, .....	121, 189	<i>Tri Yulianto</i> , .....	83
Jan Setiawan, .....	75, 121	Winter Dewayatna, .....	13
Jumaeri, .....	155	Yanlinastuti, .....	91,107, 121, 177

# URANIA

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

### 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, perekayasa, pemodelan dan keselamatan. Naskah harus orisinal dan belum pernah diterbitkan. Ketentuan penulisan naskah karya tulis ilmiah adalah:

1. JUDUL, ditulis menggunakan jenis huruf arial 14, *bold* dengan spasi 1,5.
2. NAMA PENULIS, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10, *bold* spasi *exactly* 14.
3. ALAMAT/UNIT KERJA/ALAMAT EMAIL, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 spasi *exactly* 14.
4. ABSTRAK, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14 dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris maksimum 200 kata, berisi ringkasan latar belakang, tujuan, pelaksanaan, hasil dan simpulan. Di bawah abstrak dituliskan kata kunci.
5. PENDAHULUAN, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. 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 *exactly* 14.
7. METODOLOGI/TATA KERJA, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. Metodologi/Tata Kerja ditulis secara terinci yang memuat metoda, ruang lingkup, bahan dan peralatan yang digunakan serta cara kerja.
8. HASIL DAN PEMBAHASAN, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. 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 *exactly* 14 yang berisi simpulan dari hasil pembahasan.
10. UCAPAN TERIMA KASIH, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14.
11. DAFTAR PUSTAKA, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14 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/>. 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 Mg<sub>2</sub>Ni 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/>.
12. LAMPIRAN, jika ada.

#### Ketentuan lain:

- Naskah diketik menggunakan pengolah kata *Microsoft Word* dan dicetak pada kertas ukuran A4 dengan *margin* atas, bawah dan kanan masing-masing 2,54 cm sedangkan *margin* kiri 3,17 cm. Jumlah halaman minimal 8 dan maksimal 15 termasuk gambar dan tabel.
- Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- Naskah dikirim langsung ke redaksi melalui sistem OJS ([jurnal.batan.go.id/index.php/urania](http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania)).
- Penerbitan jurnal dilakukan 3 (tiga) kali dalam satu tahun, yakni pada bulan Februari, Juni dan Oktober.
- Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Urania tidak menerima naskah dengan penulis naskah tunggal.
- Menyerahkan **Pernyataan Etika** dan **Penyerahan Perjanjian Hak Cipta** sebelum artikel dapat dipublikasikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
2. Daisman Purnomo Bayyu Aji, S.T, Ph.D (Universitas Trisakti), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
3. Prof. Dr. Yanni Sudiyani, M. Agr (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
4. Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
5. Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma), mempunyai kepakaran dalam bidang material.

Sebagai penyunting mitra bestari yang telah menyediakan waktu, pikiran serta saran-saran untuk mereview jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" Volume 26 Nomor 3 (edisi Oktober 2020).

Oktober 2020

Redaksi

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "**URANIA**"