

p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473

Akreditasi No. 21/E/KPT/2018

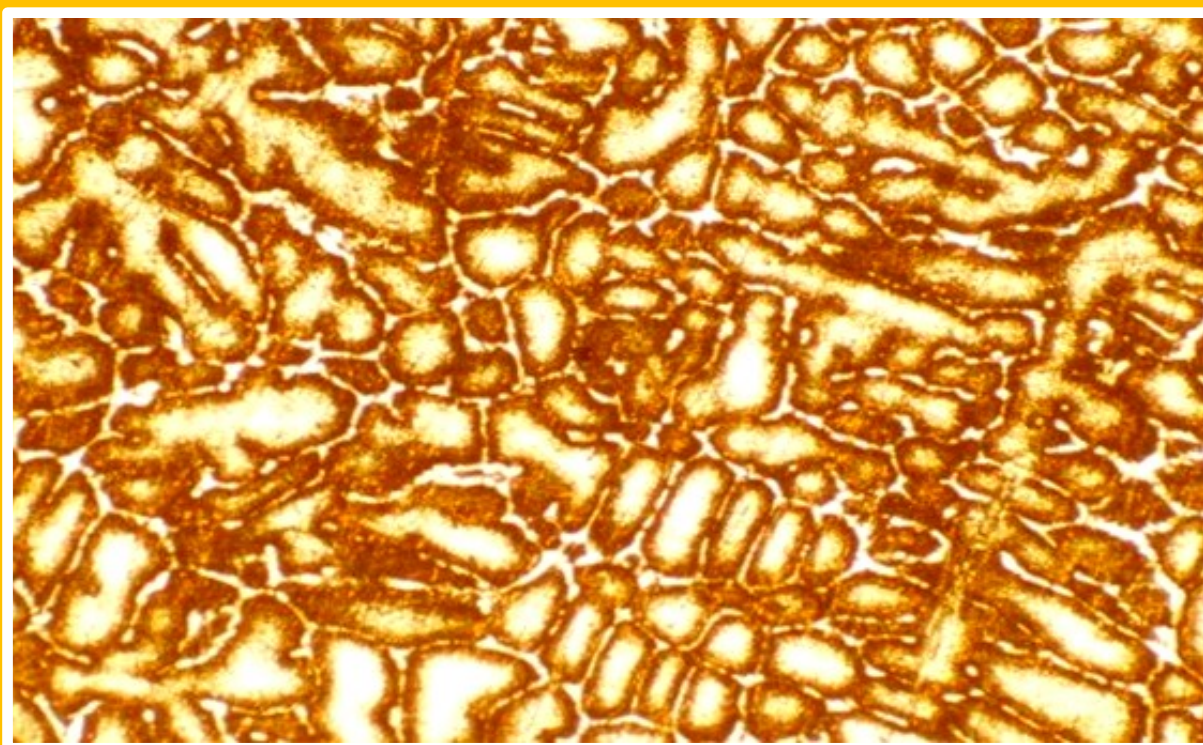
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 24 No.2

Juni 2018



*Mikrostruktur Pelat Paduan AG3NE Tanpa Homogenisasi*

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

Urania	Vol. 24	No. 2	Hal : 73-134	Serpong Juni 2018	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	--------------	----------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 24 No.2, Juni 2018

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. Futichah, M.T (Metalurgi, BATAN)

Ir. Tri Yulianto (Teknik Nuklir, BATAN)

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

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

**Penyunting Mitra Bestari**

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

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

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

Dr. Muhammad Subekti (Sistem Reaktor, BATAN)

Dr. Ir. Sigit (Teknik Kimia, STTN-BATAN)

**Pemeriksa Naskah**

Ir. Sarjono

Yanlinastuti, S.Si

**Sekretaris**

Dwi Agus Wrihatno, S.Kom

---

**Penerbit**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN), BATAN

---

**Alamat Redaksi**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

Kawasan Puspipstek Serpong 15314

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

E-mail:urania@batan.go.id / batanurania@gmail.com

---

## PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" Volume 24 No.2 dapat hadir dihadapan pembaca. Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir terbit secara periodik setiap empat bulan sekali mulai tahun 2011, yaitu pada bulan Februari, Juni dan Oktober.

Penerbitan edisi kali ini menampilkan beberapa topik hasil kegiatan penelitian yang berkenaan dengan kegiatan daur bahan bakar nuklir.

Topik pertama dalam jurnal ini menampilkan masalah teknologi bahan yang berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Pengaruh Temperatur Dan Waktu Homogenisasi Terhadap Karakteristik Pelat Paduan AG3NE. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur homogenisasi terhadap karakteristik paduan AG3NE berkaitan penggunaannya untuk kelongsong bahan bakar reaktor riset. Masih berkaitan dengan teknologi bahan, makalah berikutnya menampilkan tulisan dengan judul Karakteristik Mekanik Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Temperatur Tinggi Dalam Atmosfer Gas Nitrogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak nitrogen terhadap kekuatan mekanik kelongsong Zr-2 dan Zr-4 dengan meminimalkan pengaruh lingkungan lainnya.

Topik kedua dalam jurnal ini menampilkan makalah yang berkaitan dengan ilmu fisika yang ditulis dengan judul *Core Design Of Triga2000 Bandung Using  $U_3Si_2/Al$  Fuel Element MTR Type*. Reaktor TRIGA 2000 Bandung selama ini menggunakan bahan bakar jenis silinder tetapi bahan bakar tersebut tidak diproduksi lagi. Upaya yang dilakukan agar reaktor TRIGA2000 dapat beroperasi secara kontinu maka direncanakan pergantian bahan bakar jenis silinder ke  $U_3Si_2/Al$  jenis MTR karena Indonesia dapat memproduksi bahan bakar tersebut.

Topik ketiga dalam jurnal ini menampilkan makalah yang berkaitan dengan ilmu kimia/korosi yang ditulis dengan Judul Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG-GAS Dengan Teknik *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*. Material pipa pendingin termasuk jenis baja karbon sedangkan media pendingin sekunder berupa air yang disuplai dari PUSPIPTEK. Upaya untuk memperpanjang umur pakai pipa tersebut maka ke dalam media pendingin air dimasukkan senyawa kimia  $ZnPO_4$  sebagai inhibitor korosi. Analisis korosi pipa sekunder dilakukan dengan pengujian korosi menggunakan metode EIS dan Tafel. Makalah berikutnya masih berkaitan dengan ilmu kimia yang ditulis dengan judul Optimasi pH Alumina dan  $^{99}Mo$  Dalam Pembuatan Generator  $^{99}Mo/^{99m}Tc$  Berbasis  $MoO_3$  Alam. Alumina sebagai bahan penyerap telah lama digunakan untuk radioisotop  $^{99}Mo$  pada generator  $^{99}Mo/^{99m}Tc$  penghasil  $^{99m}Tc$  yang banyak digunakan di kedokteran nuklir untuk keperluan diagnosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH dari alumina dan pH  $^{99}Mo$  pada penyerapan  $^{99}Mo$  aktivasi oleh alumina. Makalah terakhir dalam jurnal ini ditulis dengan judul Pemisahan Cesium Dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  Pasca Iradiasi Dengan Metode Kolom Penukar Kation Menggunakan Resin Dowex. Pemisahan  $^{137}Cs$  dilakukan dengan metode kolom penukar kation menggunakan resin Dowex dengan variasi berat 1; 2; 3; 4; 5 dan 6 g. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi dan dibandingkan dengan kandungan  $^{137}Cs$  yang dipisahkan dengan metode penukar kation menggunakan zeolite Lampung dan metode pengendapan  $CsClO_4$ .

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.

Juni, 2018  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 24 No. 2, Juni 2018

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Pengaruh Temperatur dan Waktu Homogenisasi Terhadap Karakteristik Pelat Paduan AG3NE (Hadijaya, Siti Aidah, Masrukan)	:	73-84
Karakteristik Mekanik Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Temperatur Tinggi Dalam Atmosfer Gas Nitrogen (Rohmad Sigit, Sri Ismarwanti, Guswardani, Yatno Dwi Agus Susanto, Jan Setiawan)	:	85-92
<i>Core Design of TRIGA 2000 Bandung Using U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Fuel Element MTR Type</i> (Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Tagor M. Sembiring)	:	93-104
Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG-GAS Dengan Teknik <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (Maman Kartaman Ajiriyanto, Rosika Kriswarini, Yanlinastuti, Diah Erlina Lestari)	:	105-114
Optimasi pH Alumina dan <sup>99</sup> Mo Dalam Pembuatan Generator <sup>99</sup> Mo/ <sup>99m</sup> Tc Berbasis MoO <sub>3</sub> Alam (Sulaiman, Yono Sugiharto, Chairuman, Gatot Setiawan, Adang Hardi Gunawan)	:	115-124
Pemisahan Cesium Dalam PEB U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Pasca Iradiasi Dengan Metode Kolom Penukar Kation Menggunakan Resin Dowex (Arif Nugroho, Dian Anggraini, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br. Ginting)	:	125-134

## ABSTRAK

Hadijaya, Siti Aidah, Masrukan. Vol. 24 No. 2, hal. 73–84

**PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU HOMOGENISASI TERHADAP KARAKTERISTIK PELAT PADUAN AG3NE.**

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur dan waktu homogenisasi terhadap karakteristik pelat paduan AG3NE. Paduan AG3NE merupakan paduan yang dapat digunakan sebagai kelongsong elemen bakar reaktor riset. Ingot hasil peleburan AlMgFeSi dicuplik untuk dilakukan beberapa pengujian diantaranya komposisi kimia, kekerasan, mikrostruktur, fasa, densitas dan korosi. Hasil pengujian komposisi kimia diperoleh unsur Al= 96,110%; Fe = 0,188%; Mg = 2,333 dan Si = 0,355%. Kekerasan AG3NE yang dikenai proses pendinginan cepat diperoleh sebesar 153,33 HV; sedangkan yang mengalami pendinginan lambat 72,70 HV, dan kekerasan paduan AlMgSi sebesar 79,30 HV. Hasil analisis mikrostruktur menggunakan mikroskop optik menunjukkan bahwa paduan AG3NE tanpa dihomogenisasi mempunyai bentuk butir pipih sebagian berbentuk *dendrite* dengan diameter butir rata-rata 0,02 mm sedangkan paduan AG3NE yang dihomogenisasi pada temperatur 500 °C dengan variasi waktu selama 1 ; 2; 3 dan 4 jam mempunyai butir dengan diameter rata-rata berturut-turut sebesar 0,01 mm, 0,02 mm, 0,03 mm dan 0,04 mm. Hasil uji fasa menggunakan XRD diperoleh fasa Al ( $\alpha$ ) dan fasa kedua FeSiAl<sub>5</sub> yang terdapat pada sudut  $2\theta$  sebesar 38,24° dan 44,446° dengan hkl masing-masing (119) dan (209) serta mempunyai intensitas sinar sebesar 100% dan 76,6%. Sementara itu dari hasil pengukuran densitas AG3NE diperoleh densitas rerata yang hampir sama dengan paduan AlMgSi sebagai pembanding. Densitas paduan AG3NE diperoleh sebesar 2,6893 ± 0,0013 g/cm<sup>3</sup> sedangkan AlMgSi 2,6910 ± 0,0283 g/cm<sup>3</sup>. Sementara itu, hasil uji korosi menunjukkan bahwa laju korosi paduan AG3NE lebih rendah dibandingkan dengan paduan AlMgSi. Hasil karakterisasi komposisi kimia, kekerasan mikro, mikrostruktur, densitas dan laju korosi dapat disimpulkan bahwa paduan AG3NE dapat digunakan sebagai kandidat kelongsong bahan bakar nuklir untuk reaktor riset.

**Kata kunci:** Paduan AG3NE, AlMgSi, homogenisasi, karakterisasi, bahan struktur.

Rohmad Sigit, Sri Ismarwanti, Guswardani, Yatno Dwi Agus Susanto, Jan Setiawan. Vol. 24 No. 2, hal. 85–92

**KARAKTERISTIK MEKANIK KELONGSONG BAHAN BAKAR NUKLIR TEMPERATUR TINGGI DALAM ATMOSFER GAS NITROGEN.**

Pada kondisi kehilangan aliran pendingin dalam teras reaktor, Zr-2 dan Zr-4 sebagai kelongsong bahan bakar nuklir berpotensi terpapar udara luar yang secara eksperimen menyebabkan penurunan sifat mekanik lebih cepat jika dibandingkan saat berada dalam lingkungan uap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak nitrogen terhadap kekuatan mekanik kelongsong dengan meminimalkan pengaruh lingkungan lainnya. Kelongsong Zr-2 dan Zr-4 dipanaskan dalam kondisi vakum pada temperatur 500°C dan dialiri oleh gas nitrogen dengan tekanan mencapai 1500 mbar selama 2 jam yang dilanjutkan dengan pendinginan secara alami hingga mencapai temperature ruang. Hasil pengujian tarik ring dan uji kekerasan mikro pasca nitridasi menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, daktilitas dan kekerasan berturut-turut sebesar 12,1%, 19,2% dan 28,2% untuk Zr-2 serta 5,1%, 25% dan 22,6% untuk Zr-4. Lapisan nitrida terbentuk di permukaan kelongsong akibat interaksi dengan nitrogen dan tidak tampak penurunan sifat mekanik akibat nitrogen yang disebabkan oleh proses nitridasi yang tidak didahului atau disertai oleh proses oksidasi.

**Kata kunci:** Karakteristik mekanik, kelongsong, zirkaloi, nitrogen, nitridasi.

Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Tagor M. Sembiring. Vol. 24 No. 2, hal. 93–104

**DESAIN TERAS REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG MENGGUNAKAN TIPE ELEMEN BAKAR MTR U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/AL.** Reaktor TRIGA2000 Bandung selama ini menggunakan bahan bakar jenis silinder tetapi bahan bakar tersebut tidak diproduksi lagi. Upaya yang dilakukan agar reaktor TRIGA 2000 dapat beroperasi secara kontinu maka direncanakan pergantian bahan bakar jenis silinder ke U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al jenis MTR karena Indonesia dapat memproduksi bahan bakar tersebut. Dalam penelitian ini telah dilakukan perhitungan desain teras reaktor TRIGA 2000 menggunakan bahan bakar MTR jenis U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al dengan tiga densitas bahan bakar yang berbeda. Kegiatan ini dimulai dengan melakukan generasi tampang lintang makroskopik neutron untuk semua bahan teras sebagai fungsi temperatur, fraksi bakar dan xenon. Generasi tampang lintang dilakukan dengan program WIMSD5. Perhitungan parameter teras reaktor dilakukan dengan program Batan-FUEL. Berdasarkan hasil perhitungan parameter neutronik ada tiga kemungkinan konfigurasi teras yaitu 16 elemen bakar dan 4 elemen kendali (Core 16/4), teras dengan 14 elemen bahan bakar dan 4 elemen kendali (Core 14/4) dan teras dengan 12 elemen bahan bakar dan 4 elemen kendali (Core 12/4). Ketiga konfigurasi teras ini memenuhi batasan keselamatan operasi tetapi hanya Core 16/4 yang dapat menggunakan bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al dengan densitas 2,96 gU/cm<sup>3</sup>. Fluks neutron termal maksimum di pusat teras adalah 5,874 × 10<sup>13</sup> n/cm<sup>2</sup>s dan panjang siklus adalah 310 hari pada daya 2 MW. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa teras TRIGA2000 dapat dikonversi dari bahan bakar jenis silinder menjadi bahan bakar silisida jenis MTR.

**Kata kunci:** bahan bakar jenis silinder, bahan bakar jenis MTR, Batan-FUEL, fluks neutron termal.

Maman Kartaman Ajriyanto, Rosika Kriswarini, Yanlinastuti, Diyah Erlina Lestari. Vol. 24 No. 2, hal. 105-114

**ANALISIS KOROSI PIPA PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS DENGAN TEKNIK *ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY (EIS)*.** Reaktor serba guna G.A. Siwabessy menggunakan sistem pendingin sekunder untuk mengambil panas yang dihasilkan dari reaksi fisi uranium dalam reaktor. Material pipa pendingin termasuk jenis baja karbon. Media pendingin sekunder berupa air yang disuplai dari PUSPIPTEK. Upaya untuk memperpanjang umur pakai pipa tersebut maka pada media pendingin air dimasukan senyawa kimia  $ZnPO_4$  sebagai inhibitor korosi. Analisis korosi pipa sekunder tersebut dilakukan dengan pengujian korosi dengan metode EIS dan tafel. Pengujian korosi secara elektrokimia tersebut dengan sel tiga elektroda dalam media air, larutan HCl 0,05 M dan larutan NaCl 3%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi inhibitor yang optimum yang ditambahkan dalam pendingin sekunder dan menentukan mekanis inhibisi serta efisiensi inhibitorynya. Pengujian EIS dilakukan dalam rentang frekuensi 100 kHz sampai 0,02 Hz. Hasil pengujian dalam media HCl 0,05 M menunjukkan adanya perubahan parameter listrik seperti Rct, Cdl dan Rs. Hambatan Rct semakin besar dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor. Pada konsentrasi inhibitor 90 ppm menghasilkan nilai Rct paling besar yaitu 81,16 ohm. Efisiensi penambahan inhibitor menghasilkan nilai maksimal sebesar 66,46% pada konsentrasi 90 ppm. Inhibitor kerak menjadi lebih efektif jika ditambahkan sedikit inhibitor lumut. Inhibitor campuran yang terdiri dari inhibitor lumut 20 ppm dan kerak 80 ppm dapat menurunkan laju korosi baik dalam media air maupun NaCl 3%. Nilai Rct inhibitor campuran dalam media air mencapai 2082 ohm dengan efisiensi 71% dan dalam larutan NaCl 3% sebesar 1403 ohm dengan efisiensi 75%. Laju korosi pada sampel dalam media NaCl 3% tanpa inhibitor, inhibitor lumut dan inhibitor kerak diperoleh berturut-turut 3,975, 3,576 dan 3,215 mpy. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa inhibitor kerak mampu menurunkan laju korosi sedangkan Inhibitor lumut mempunyai fungsi utama bukan menurunkan laju korosi.

**Kata kunci:** korosi, pipa pendingin sekunder, EIS, inhibitor.

Sulaiman, Yono Sugiharto, Chairuman, Gatot Setiawan, Adang Hardi Gunawan. Vol. 24 No. 2, hal. 115-124

**OPTIMASI pH ALUMINA dan  $^{99}Mo$  DALAM PEMBUATAN GENERATOR  $^{99}Mo/^{99m}Tc$  BERBASIS  $MoO_3$  ALAM.** Alumina sebagai bahan penyerap telah lama digunakan untuk radioisotop  $^{99}Mo$  pada generator  $^{99}Mo/^{99m}Tc$  penghasil  $^{99m}Tc$  yang banyak digunakan di kedokteran nuklir untuk keperluan diagnosa. Selama ini alumina digunakan untuk penyerapan  $^{99}Mo$  yang diperoleh dari bahan fisi  $^{235}U$ . Adanya pembatasan penggunaan matriks bahan fisi  $^{235}U$  maka alternatif lain untuk memperoleh  $^{99}Mo$  dengan menggunakan  $MoO_3$  alam yang diiradiasi di reaktor nuklir. Radioisotop  $^{99}Mo$  yang dihasilkan dari reaksi ini memiliki sifat tidak bebas pengembalian sebagaimana halnya  $^{99}Mo$  dari hasil fisi, karena tidak semua  $MoO_3$  yang diiradiasi teraktivasi menjadi  $^{99}Mo$ . Pada aplikasi generator  $^{99}Mo/^{99m}Tc$  berbasis  $MoO_3$  alam dengan menggunakan kolom alumina, perlu diketahui pH alumina yang optimal dalam penyerapan  $^{99}Mo$ , dan juga pH  $^{99}Mo$ . Pada penelitian ini digunakan tiga variasi kolom generator berbasis alumina yaitu alumina asam, alumina netral, dan alumina basa. Bahan matriks  $^{99}Mo$  juga dilakukan tiga variasi pH yaitu larutan  $^{99}Mo$  dengan pH 4, larutan  $^{99}Mo$  dengan pH 7, dan larutan  $^{99}Mo$  dengan pH 8. Generator dielusi dengan larutan salin dan diamati setiap hari selama 3 hari dan diteruskan setelah dua hari berikutnya selama 2 hari. Penyerapan  $^{99}Mo$  dari  $MoO_3$  alam oleh material alumina memberikan hasil penyerapan terbaik pada penggunaan alumina asam dengan larutan  $^{99}Mo$  pada pH 4. Dari ketiga variasi pH larutan Mo yang memberikan yield  $^{99m}Tc$  terbaik adalah pada penggunaan larutan  $^{99}Mo$  dengan pH 4. Kolom yang memberikan  $^{99}Mo$  breakthrough terkecil adalah di kolom alumina asam terutama menggunakan larutan  $^{99}Mo$  dengan pH 4. Dengan demikian, untuk menyerap  $^{99}Mo$  dari Mo alam dapat digunakan alumina asam dengan menggunakan larutan  $^{99}Mo$  pada pH 4..

**Kata kunci:**  $^{99}Mo$ , alumina, kolom, pH, yield.

Arif Nugroho, Dian Anggraini, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br. Ginting. Vol. 24 No. 2, hal. 125-134

**PEMISAHAN CESIUM DALAM PEB  $U_3Si_2/Al$  PASCA IRADIASI DENGAN METODE KOLOM PENUKAR KATION MENGGUNAKAN RESIN DOWEX.** Perhitungan *burn up* bahan bakar nuklir secara merusak dapat ditentukan dari kandungan hasil fisi isotop  $^{137}Cs$ . Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan isotop  $^{137}Cs$  dengan uranium yang terdapat di dalam pelat elemen bakar (PEB)  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi. Pemisahan  $^{137}Cs$  dilakukan dengan metode kolom penukar kation menggunakan resin Dowex dengan variasi berat 1; 2; 3; 4; 5 dan 6 g. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi dan dibandingkan dengan kandungan  $^{137}Cs$  yang dipisahkan dengan metode penukar kation menggunakan zeolite Lampung dan metode pengendapan  $CsClO_4$ . PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas  $2,96\text{ gU/cm}^3$  bagian tengah kode RI-SIE2 pelat sisi 20 IDA 0045 dengan berat 0,1103 g dilarutkan dengan HCl 6N dan  $HNO_3$  6N sehingga diperoleh larutan uranil nitrat. Larutan  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi dipipet sebanyak 150  $\mu\text{L}$  dan ditambah 2 mL aquadest kemudian ditambahkan Cs *carrier* sebanyak 20  $\mu\text{L}$  dan 1 mL HCl 12 M. Campuran larutan tersebut digunakan sebagai umpan dimasukkan ke dalam kolom penukar anion (kolom pertama) yang berisi resin R-Cl<sup>-</sup> variasi berat 1; 2; 3; 4; 5 dan 6 g. Efluen yang keluar dari kolom penukar anion dimasukkan ke dalam kolom penukar kation (kolom kedua) yang telah berisi resin R-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dengan variasi berat 1; 2; 3; 4; 5 dan 6 g. Isotop  $^{137}Cs$  yang terikat dengan resin R-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di dalam kolom kemudian dielusi menggunakan HCl 1 M sebanyak 15 mL. Efluen kemudian dikisatkan sampai diperoleh volume  $\pm 2$  mL. Besarnya kandungan isotop  $^{137}Cs$  dalam efluen diukur dengan menggunakan spektrometer gamma dengan waktu cacah 500 detik. Hasil pengukuran diperoleh kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam sampel PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas  $2,96\text{ gU/cm}^3$  pasca iradiasi sebesar 0,000445 g/gPEB dan parameter optimal pemisahan  $^{137}Cs$  dengan metode kolom penukar kation menggunakan resin Dowex seberat 2 g dengan *recovery* sebesar 98,67%. Hasil pemisahan  $^{137}Cs$  dengan metode kolom penukar kation tidak jauh berbeda dengan hasil pemisahan  $^{137}Cs$  dengan metode penukar kation maupun metode pengendapan  $CsClO_4$ . Kandungan  $^{137}Cs$  yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan untuk perhitungan *burn up*.

**Kata kunci :**  $U_3Si_2/Al$ , isotop  $^{137}Cs$ , kolom penukar kation resin Dowex, *burn up*

## ABSTRACT

Hadijaya, Siti Aidah, Masrukan. Vol. 24 No. 2, pp. 73-84

**THE EFFECT OF THE TEMPERATURE AND TIME OF HOMOGENIZATION ON THE CHARACTERISTICS OF AG3NE ALLOY PLATE.** Experiments have been conducted on the effect of temperature and homogeneity on the characteristics of AG3NE alloy plates. The AG3NE alloy provide alloy as a candidate cladding element of the research reactor fuel. Ingot AG3NE smelting results are sampled for several tests including chemical composition, hardness, microstructure, phase, density and corrosion. Chemical composition test results obtained by Al = 96.110%; Fe = 0.188%; Mg = 2.333 and Si = 0.355%. AG3NE rapidly cooled hardness is 153.33 HV; which cooled slowly by 72.70 HV, and an AlMgSi alloy of 79.30 HV. The results of the AG3NE alloy microstructure analysis using an optical microscope equipped with software to calculate the grains shown in indicating that the AG3NE alloy without homogenizing had a partially dendrite shaped grain shape with an average grain diameter of 0.02 mm whereas for aggregated AG3NE alloys at a temperature of 500°C with variations of time for 1 hour, 2 hours, 3 hours and 4 hours have larger grains with a mean diameter of 0.01 mm, 0.02 mm, 0.03 mm and 0.04 mm respectively. The result of phase test using XRD obtained the phase of Al ( $\alpha$ ) and the second phase FeSiAl<sub>5</sub> which is at 2 $\theta$  angle of 38.24° and 44.446° with hkl respectively (119) and (209) and has a light intensity of 100% and 76.6 %. The AG3NE alloy density measurements shown in Table 5 show that the alloys of the smelted AG3NE have an average density similar to the AlMgSi alloy as a comparison. AG3NE alloy density is equal to 2.6893 ± 0.0013 g/cm<sup>3</sup> whereas AlMgSi is equal to 2.6910 ± 0.0283 g/cm<sup>3</sup>. Meanwhile, corrosion test results showed that AlFeMgSi corrosion rate was lower than AlMgSi alloy corrosion rate as comparison.

**Keywords:** AG3NE, AlMgS, homogenization, characterization, structure material

Rohmad Sigit, Sri Ismarwanti, Guswardani, Yatno Dwi Agus Susanto, Jan Setiawan. Vol. 24 No. 2, pp. 85-92

**MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH TEMPERATURE FUEL CLADDING AT NITROGEN ATMOSPHERE.** At Loss of Cooling Accident (LOCA) scenario, Zr-2 and Zr-4 as nuclear fuel cladding potentially exposed to air which experimentally leads to mechanical properties degradation faster than in steam environment. This study aims to determine the impact of nitrogen on the mechanical strength of cladding by minimizing other environmental influences. The Zr-2 and Zr-4 cladding was annealed under vacuum at a temperature of 500°C for one hour. It was followed by nitriding with the pressure of 1500 mbar for two hours. It was followed by natural cooling to room temperature. The results of tensile strength and microhardness testing showed that tensile strength, ductility and microhardness values increase of 12.1%, 19.2% and 28.2% for Zr-2 and 5.1%, 25% and 22,6% for Zr-4, respectively. Nitride layer was formed on the cladding surface due to interaction with nitrogen and there is no mechanical properties degradation due to nitriding process. It was caused by nitriding processes that were not followed or accompanied by oxidation processes.

**Keywords:** Mechanical properties, cladding, zircaloy, nitrogen, nitriding.

Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Tagor M. Sembiring. Vol. 24 No. 2, pp. 93-104

**CORE DESIGN OF TRIGA 2000 BANDUNG USING U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/AL FUEL ELEMENT MTR TYPE.** The TRIGA2000 Bandung reactor currently uses cylinders fuel type, but the fuel production has been discontinued. In order to operate continuously, it is planned that the TRIGA2000 reactor should change the fuel from cylinder type to U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al MTR type since Indonesia has been able to produce such fuel element. In this research calculation of TRIGA2000 core using U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel MTR type of three different fuel densities has been done. This activity begins with performing neutron macroscopic cross section generation for all core materials as a function of temperature, burn up and xenon. The cross section generation was performed with the WIMSD5 code. The calculation of the core parameters were done with the Batan-FUEL code. Based on the calculation of neutronic parameters, there are three core configurations, i.e. core with 16 fuel elements and 4 control elements (Core 16/4), core with 14 fuel elements and 4 control elements (Core 14/4) and core with 12 fuel elements and 4 control elements (Core 12/4). The three cores meet the safety constraint but only the Core 16/4 that uses U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel with a density of 2.96 gU/cm<sup>3</sup>. The maximum thermal neutron flux in the core center is 5.874 × 10<sup>13</sup> n/cm<sup>2</sup>s with core cycle length is 245 days at 2 MW. The results show that the TRIGA2000 core can be converted from cylinder type fuel to silicide MTR type.

**Keywords:** cylinder fuel type, MTR type, Batan-FUEL, thermal neutron flux.

Maman Kartaman Ajiriyanto, Rosika Kriswarini, Yanlinastuti, Diyah Erlina Lestari. Vol. 24 No. 2, pp. 105-114

**CORROSION ANALYSIS OF RSG-GAS SECONDARY COOLING PIPE USING ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY (EIS) TECHNIQUE.** Multi-purpose reactor G.A. Siwabessy has a secondary cooling system facility to extract heat generated from uranium fission reactions in the reactor. The cooling pipe material is a type of carbon steel. Secondary cooling media is water supplied from PUSPIPTEK. To extend the lifetime of the pipe, chemical compound ZnPO<sub>4</sub> was put on the water cooling media as a corrosion inhibitor. The corrosion analysis of secondary pipe was performed by corrosion testing using EIS and tafel method. The electrochemically corrosion test was performed with three electrode cells in water media, 0.05 M HCl solution and 3% NaCl solution. The aim is to obtain the optimum inhibitor concentration added in the secondary coolant and to determine the inhibition mechanical as well as the inhibitor efficiency. EIS testing was performed in the frequency range 100 kHz to 0.02 Hz in HCl 0,05M. Test results show changes in electrical parameters such as Rct, Cdl and Rs. The inhibitor concentration increase then Rct value increase. At inhibitor concentration of 90 ppm obtained the highest Rct value is 81,29 ohm. Efficiency of the inhibitor addition produces maximum value is 66,75% at concentration of 90 ppm. The corrosion rate in samples on medium of 3% NaCl without

inhibitor, moss inhibitor and corrosion inhibitor were 3.975, 3.576 and 3.215 mpy respectively. The addition of a mixture of corrosion inhibitors and moss inhibitors can decrease the corrosion rate up to 1.586 mpy quantitatively. The addition of inhibitors using ordinary water may inhibit interface reactions on the surface of the sample as indicated by the higher the inhibitor concentration the higher the Rct value. In NaCl 3% medium also shows the same phenomenon relatively that the corrosion mechanism can be inhibited by increasing of Rct value as well as in this condition, Rs value is constant relatively. The dominant fact that the addition of a corrosion inhibitor could decrease the corrosion rate. The moss inhibitors have a primary function not to decrease the corrosion rate.

**Keywords:** corrosion, secondary cooling pipe, EIS, inhibitor

Sulaiman, Yono Sugiharto, Chairuman, Gatot Setiawan, Adang Hardi Gunawan. Vol. 24 No. 2, pp. 115-124

**OPTIMIZATION OF ALUMINA and  $^{99}\text{Mo}$  pH IN THE PREPARATION OF  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  GENERATOR BASED ON NATURAL  $\text{MoO}_3$ .** Alumina material has long been used for  $^{99}\text{Mo}$  radioisotope adsorbent in the  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator. The  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator produces  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  radioisotope which is used for the diagnostic purpose in nuclear medicine. To date, alumina is used to adsorb  $^{99}\text{Mo}$  obtained from fission reaction of  $^{235}\text{U}$ . The restriction of the use of fission  $^{235}\text{U}$  leads to the find of an alternative  $^{99}\text{Mo}$ . The alternative of  $^{99}\text{Mo}$  production is obtained from natural  $\text{MoO}_3$  which is irradiated by thermal neutron in the nuclear reactor. The  $^{99}\text{Mo}$  radioisotope produced from this reaction has no carrier-free properties. This is due to the abundance of natural  $\text{MoO}_3$  is 24.13%. In the  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator based on natural  $\text{MoO}_3$  by using alumina column, it is necessary to know the alumina type for optimum  $^{99}\text{Mo}$  adsorption, as well as pH of  $^{99}\text{Mo}$ . In this study, there were used three variations of alumina-based generator column namely acid, neutral, and basic alumina. The  $^{99}\text{Mo}$  solution used in this study was also performed three pH: pH 4, pH 7, and pH 8 of the  $^{99}\text{Mo}$  solution. The generator eluted and observed daily for 3 days and continued after the next two days for 2 days. The optimum adsorption of  $^{99}\text{Mo}$  from natural  $\text{MoO}_3$  by alumina material was given in the use of acidic alumina with the pH 4 of the  $^{99}\text{Mo}$  solution. Among the three pH variation of the  $^{99}\text{Mo}$  solution, the  $^{99}\text{Mo}$  solution of pH 4 gives the highest of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  yield. The column with the smallest  $^{99}\text{Mo}$  breakthrough is given by acidic alumina column using the  $^{99}\text{Mo}$  solution of pH 4. Thus, acidic alumina column can be used as an adsorbent to adsorb natural  $^{99}\text{Mo}$ .

**Keywords:**  $^{99}\text{Mo}$ , alumina, column,  $^{99}\text{Mo}$ , pH

Arif Nugroho, Dian Anggraini, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br. Ginting. Vol. 24 No. 2, pp. 125-134

**THE SEPARATION OF CESIUM IN IRRADIATED FUEL ELEMENT PLATES OF  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  WITH CATION EXCHANGE COLUMN METHOD USING DOWEX RESIN.** The burn up calculations of nuclear fuel by destruction method can be determined from the analysis of  $^{137}\text{Cs}$  isotope, as fission product. For this reason, the separation of  $^{137}\text{Cs}$  isotopes from uranium in irradiated fuel element plates of  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  (PEB) needs to be done. The separation of  $^{137}\text{Cs}$  was done by using cation exchange column method with Dowex resin with weight variation of 1; 2; 3; 4; 5 and 6 g. This study aims to determine the content of  $^{137}\text{Cs}$  in irradiated fuel element plates of  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  (PEB) using the cation exchange column method with Dowex resin to be compared with the result of  $^{137}\text{Cs}$  separation by cation exchange column method using Lampung zeolite and  $\text{CsClO}_4$  precipitation method. The irradiated fuel element plates of  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  (PEB)  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  with a density of  $2.96 \text{ gU}/\text{cm}^3$  from the middle part of RI-SIE2 code and side plate 20 IDA 0045 was taken with weight 0.1103 g and dissolved with HCl 6N and  $\text{HNO}_3$  6N to obtain uranyl nitrate solution. The  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  post irradiated solution was 150  $\mu\text{L}$  was added with 2 mL aquadest and added with Cs carrier 20  $\mu\text{L}$  and 1 mL HCl 12 M. The solution mixture was used as feed into the anion exchange column (first column) containing the R-Cl resin –with the weight variation about 1; 2; 3; 4; 5 and 6 g. The effluent from the anion exchange column was introduced into the cation exchange column (second column) which contained R-NH $_4^+$  resin with weight variation of 1; 2; 3; 4; 5 and 6 g. The bounded  $^{137}\text{Cs}$  isotope in R-NH $_4^+$  resin in the column was being eluted using 1 M HCl of 15 mL and being vaporized until the volume reach  $\pm 2 \text{ mL}$ . The quantity of the  $^{137}\text{Cs}$  isotope in the effluent was measured by using a gamma spectrometer with a counting time of 500s. The  $^{137}\text{Cs}$  isotope content in irradiated fuel element plates of  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  (PEB) with the density  $2.96 \text{ gU}/\text{cm}^3$  is  $0.000445 \text{ g/gPEB}$  and the parameter of separation  $^{137}\text{Cs}$  with cation exchange column method using Dowex resin weighing 2 g with recovery is 98.67%. The result of separation of  $^{137}\text{Cs}$  by cation exchange column method is not much different from the result of separation  $^{137}\text{Cs}$  by cation exchange method and  $\text{CsClO}_4$  precipitation method. The  $^{137}\text{Cs}$  obtained can then be used for burn up calculations.

**Keywords:**  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ , isotope  $^{137}\text{Cs}$ , Dowex resin cation exchange column, burn up.



# 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, perekayasaan, 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 dffraction analyses on the mechanical alloying of the Mg<sub>2</sub>Ni 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/>.
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. Azwar Manaf, M.Met (Universitas Indonesia), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
2. Prof. Dr. Yanni Sudiyani (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
3. Prof. Drs. Perdamean Sebayang, M.Sc (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang Fisika.
4. Dr. R. Muhammad Subekti (PTKRN, BATAN), mempunyai kepakaran dalam bidang sistem reaktor nuklir.
5. Dr. Ir. Sigit (STTN, BATAN), mempunyai kepakaran dalam bidang kimia.
6. Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
7. Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng, (Universitas Sanata Dharma), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
8. Daisman P.B. Aji, ST, PhD, (Universitas Trisakti), 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 24 No.2 (edisi Juni 2018).

Redaksi

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