

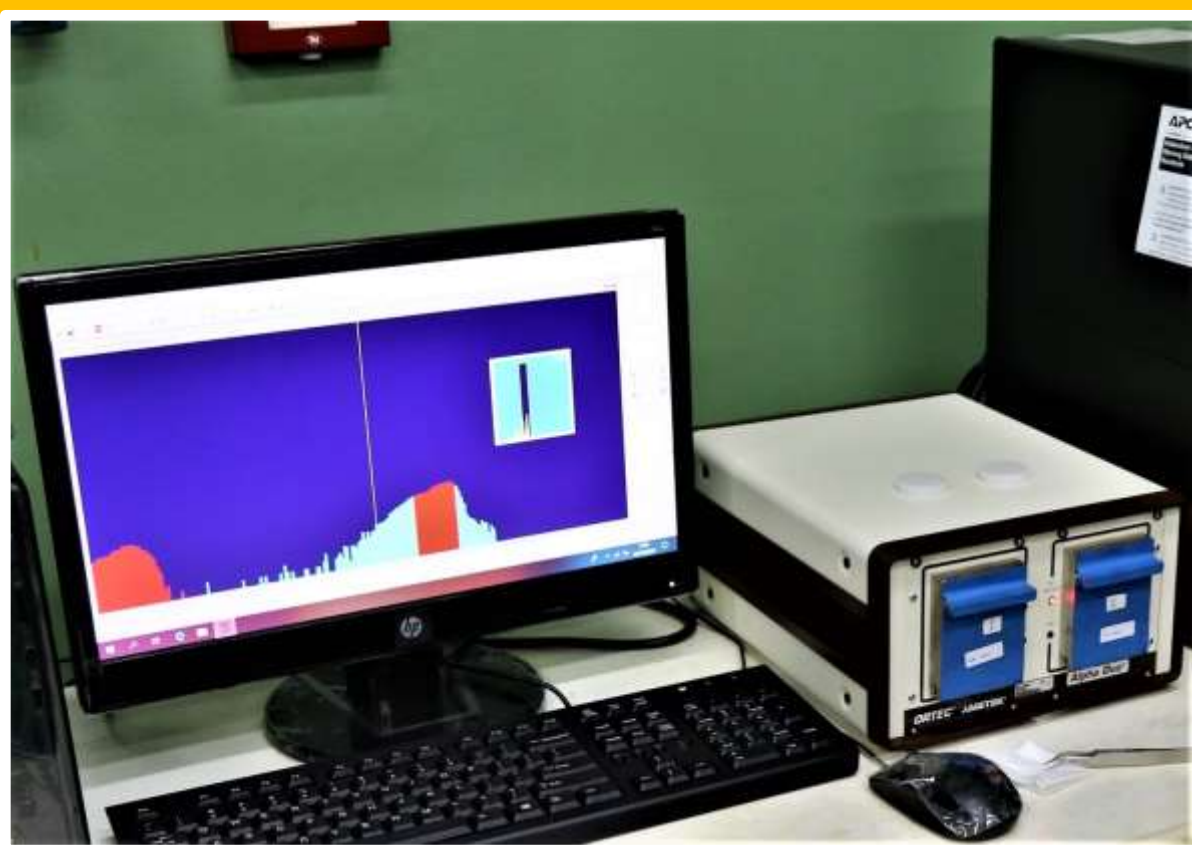
p ISSN 0852 – 4777; e ISSN 2528 – 0473  
Akreditasi No.21/E/KPT/2018  
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 26 No. 2

Juni 2020



Spektrometer Alfa

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

Urania	Vol. 26	No. 2	Hal : 69 – 130	Serpong Juni 2020	p ISSN 0852 – 4777; e ISSN 2528 – 0473
--------	---------	-------	----------------	----------------------	--

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No. 2, Juni 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" volum 26 nomor 2 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas ilmu bahan dan berkaitan dengan reaktor daya *High Temperature Gas Reactor* (HTGR) yang ditulis dengan judul *The Conceptual Design For Liquid Effluent Treatment of UO<sub>2</sub> Kernel Fabrication*. Bahan bakar HTGR bentuk *pebble* difabrikasi melalui tahapan fabrikasi kernel UO<sub>2</sub>, partikel berlapis dan elemen *pebble*. Pada fabrikasi kernel UO<sub>2</sub>, menghasilkan multikomponen efluen cair sehingga perlu diolah untuk tujuan keselamatan sebelum dibuang ke penampungan limbah. Desain untuk pengolahan efluen cair dari fabrikasi kernel UO<sub>2</sub> disimulasikan dengan *software* CHEMCAD. Tulisan berikutnya masih berkaitan dengan ilmu bahan dan reactor riset yang ditulis dengan judul Pengaruh Rol Dingin dan Anil Terhadap Karakteristik Struktur Mikro dan Kekerasan Paduan Zr-0,5%Nb-Si. Peningkatan kinerja paduan zirkonium dilakukan dengan menambahkan unsur pepadu seperti Nb dan Si. Untuk menamati peningkatan kinerja, paduan ini diamati struktur mikro dan kekerasan mikro yang terbentuk setelah proses rol dingin dan perlakuan panas anil. Tulisan berikutnya membahas masalah ilmu bahan dan berkaitan dengan reaktor PWR yang ditulis dengan judul Uji Tak Merusak *Short Pin PWR-Fuel Dummy* Pasca Iradiasi. Uji pasca iradiasi untuk bahan bakar nuklir digunakan sebagai indikator kehandalan unjuk kerja bahan bakar selama proses iradiasi. Salah satu tahapan awal pengujian pasca iradiasi adalah pengujian tak merusak. *Short pin PWR fuel dummy* dengan material kelongsong zircaloy-4 setelah diiradiasi di Reaktor Serba Guna-G.A. Siwabessy (RSG-GAS) diuji tak merusak. Secara umum, hasil uji tak merusak menunjukkan unjuk kerja *short pin PWR fuel dummy* relatif baik dengan tidak ditemukan cacat yang signifikan.

Topik kedua, membahas masalah ilmu kimia dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Perhitungan *Burn Up* PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> Pasca Iradiasi Potongan Bagian *Middle*. Upaya untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar selama diiradiasi di Reaktor Serba Guna G. A. Siwabessy (RSG-GAS) adalah melakukan uji pasca iradiasi baik secara tak merusak maupun merusak. Salah satu parameter uji pasca iradiasi secara merusak adalah penentuan *burn up*. Penentuan *burn up* bertujuan untuk mengetahui kandungan <sup>235</sup>U yang terbakar selama digunakan di RSG-GAS, sekaligus untuk membuktikan jumlah *burn up* yang diperoleh secara merusak dengan *burn up* yang dihitung menggunakan *Origen Code* oleh RSG-GAS. Tulisan berikutnya masih membahas ilmu kimia dan reaktor riset yang ditulis dengan judul Penentuan Berat Isotop Cesium Dan Uranium Dalam Pelat Elemen Bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> *burn Up* 40%. Pelat Elemen Bakar (PEB) U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> telah diiradiasi di Reaktor Serba Guna (RSG-GAS) dengan *burn up* 40%. Selama bahan bakar diradiasi di reaktor, menghasilkan beberapa isotop hasil fisi seperti cesium, uranium dan isotop lainnya. Besar isotop hasil fisi digunakan dalam perhitungan *burn up* untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar selama diiradiasi di reaktor. Oleh karena itu, berat cesium dan uranium harus diketahui secara kuantitatif melalui proses pemisahan analisis fisikokimia. Tulisan berikutnya yang masih berkaitan dengan ilmu kimia ditulis dengan judul Penentuan Umur *Yellow Cake* Secara Radiokronometri. Penelitian ini bertujuan mendapatkan data umur *yellow cake* pada penyusunan basis data perpustakaan forensik nuklir. Radiokronometer yang digunakan yaitu <sup>228</sup>Th/<sup>232</sup>Th. <sup>232</sup>Th merupakan thorium yang secara alami terdapat dalam *yellow cake*.

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, 2020  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No. 2, Juni 2020

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
<i>The Conceptual Design For Liquid Effluent Treatment of UO<sub>2</sub> Kernel Fabrication</i>	:	69-74
(Erlia Yusnitha, Agoeng Kadarjono, Agus Sartono, Pertiwi Diah Winastri)		
Pengaruh Rol Dingin dan Anil Terhadap Karakteristik Struktur Mikro dan Kekerasan Mikro Paduan Zr-0,5%Nb-Si	:	75-82
(Heri Hardiyanti, Arief Sasongko Adhi, Jan Setiawan)		
Uji Tak Merusak Merusak <i>Short Pin PWR – Fuel Dummy</i> Pasca Iradiasi	:	83-90
(Rohmad Sigit, Refa Artika, Maman Kartaman Ajiriyanto, Tri Yulianto)		
Perhitungan <i>Burn Up</i> PEB U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Densitas 4,8 gU/cm <sup>3</sup> Pasca Iradiasi Potongan Bagian <i>Middle</i>	:	91-106
(Aslina Br. Ginting, Supardjo, Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul)		
Penentuan Berat Isotop Cesium dan Uranium Dalam Pelat Elemen Bakar U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Densitas 4,8 gU/cm <sup>3</sup> <i>Burnup</i> 40%	:	107-120
(Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul, Supardjo, Aslina Br.Ginting)		
Penentuan Umur <i>Yellow Cake</i> Secara Radiokronometri	:	121-130
(Erlina Noerpitasari, Syamsul Fatimah, Iis Haryati, Yanlinastuti, Jan Setiawan, Boybul, Arif Nugroho)		

## ABSTRAK

Erilia Yusnitha, Agoeng Kadarjono, Agus Sartono, Pertiwi Diah Winastri. Vol. 26 No. 2, hal.69-74

**DESAIN KONSEP UNTUK PENGOLAHAN EFLUEN CAIR DARI FABRIKASI KERNEL  $UO_2$ .** Bahan bakar HTGR bentuk pebble difabrikasi melalui tahapan fabrikasi kernel  $UO_2$ , partikel berlapis dan elemen pebble. Pada fabrikasi kernel  $UO_2$  melalui metode gelasi eksternal, menghasilkan multikomponen efluen cair. Sehingga, efluen cair ini perlu untuk dilakukan pengolahan demi alasan keselamatan sebelum dibuang ke penampungan limbah. Pada makalah ini, desain konsep untuk pengolahan efluen cair dari fabrikasi kernel  $UO_2$  disimulasikan dengan software CHEMCAD. CHEMCAD adalah sebuah software yang dapat dipergunakan untuk desain proses kimia. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain konsep yang dirancang mampu memisahkan komponen penting: isopropil alkohol (IPA) dan tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA). Kecepatan aliran produk IPA sebesar 5,28 kg/h dengan kemurnian 0.99 fraksi massa dan kecepatan aliran produk THFA sebesar 1,01 kg/h dengan kemurnian 0.99 fraksi massa.

**Kata kunci:** efluen cair, kernel  $UO_2$ , CHEMCAD, HTGR.

Heri Hardiyanti, Arief Sasongko Adhi, Jan Setiawan. Vol. 26 No. 2, hal.75-82

**PENGARUH ROL DINGIN DAN ANIL TERHADAP KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN MIKRO PADUAN Zr-0,5%Nb-Si.** Peningkatan kinerja paduan zirkonium dilakukan dengan menambahkan unsur padu yang umum seperti Nb dan Si dengan persentase tertentu. Penambahan unsur Nb akan memberikan pengaruh terhadap struktur mikro yang memberikan ketahanan terhadap iradiasi dan membantu menstabilkan fasa  $\beta$  di temperatur kamar, yang terbentuk pada temperatur tinggi. Penambahan unsur Si, akan meningkatkan kekuatan paduan. Telah dilakukan proses sintesis paduan Zr-0,5%Nb-Si dengan menggunakan tungku busur listrik. Paduan ini diamati struktur mikro dan kekerasan mikronya dengan perlakuan proses rol dingin dan perlakuan panas anil. Terlihat dari proses anil tanpa proses rol dingin, menunjukkan pembesaran ukuran butir dan penurunan kekerasan mikro. Paduan yang diberi perlakuan proses rol dingin menunjukkan perubahan struktur mikro di mana densitas deformasi meningkat yang mengakibatkan peningkatan kekerasan mikro. Pemberian perlakuan panas pada paduan yang telah diproses rol dingin mengubah struktur mikro paduan di mana terjadi rekristalisasi dan penurunan densitas deformasi mengakibatkan kekerasan mikro menurun. Ukuran butir dan kekerasan mikro yang paling rendah terjadi pada paduan yang diproses rol dingin  $\epsilon=0,8$  dan dilanjutkan proses anil, dengan nilai berturut-turut sebesar 0,302 mm dan 187 HVN.

**Kata kunci:** rol dingin, rekristalisasi, struktur mikro, kekerasan mikro, paduan Zr-Nb-Si.

Rohmad Sigit, Refa Artika, Maman Kartaman Ajiriyanto, Tri Yulianto. Vol. 26 No. 2, hal. 83-90

**UJI TAK MERUSAK *SHORT PIN PWR – FUEL DUMMY* PASCA IRADIASI.** Pelaksanaan uji pasca iradiasi untuk bahan bakar nuklir digunakan sebagai indikator kehandalan unjuk kerja bahan bakar selama proses iradiasi. Salah satu tahapan awal pengujian pascairadiasi adalah pengujian tak merusak. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) melakukan pengembangan bahan bakar reaktor daya tipe *Pressurized Water Reactor (PWR)*. *Short pin PWR fuel dummy* dengan material kelongsong zircaloy-4 telah melalui proses iradiasi di Reaktor Serba Guna – G.A. Siwabessy (RSG-GAS) dan telah dikirim ke *hot cell* Instalasi Radiometalurgi (IRM) – PTBBN. Pengujian tak merusak yang dilakukan di IRM antara lain melalui pengamatan visual dan pengujian radiografi sinar-X. Pengamatan visual dilakukan di *hot cell* 102 dengan bantuan kamera digital, sedangkan pengujian radiografi sinar-X dilakukan di *hot cell* 103 IRM. Pengujian radiografi sinar-X menggunakan parameter tegangan dengan interval 120-125 kV dan kuat arus 1000-1100  $\mu$ A. Material uji ditempatkan pada ketinggian 60 cm dari detector untuk mendapatkan skala 1:1 terhadap benda uji sebenarnya. Pengamatan visual menunjukkan pembentukan beberapa *spot* yang mengindikasikan terjadinya oksidasi pada permukaan *short pin PWR fuel dummy*. Pengamatan terhadap citra radiografi yang dihasilkan dari pengujian radiografi sinar-X tidak menunjukkan adanya anomali dengan indikasi *grey value* pada arah aksial dan radial relatif homogen. Secara umum, berdasarkan hasil uji tak merusak, unjuk kerja *short pin PWR fuel dummy* relatif baik dengan tidak ditemukannya cacat yang signifikan. Sebagai konfirmasi terjadinya pembentukan oksida pada permukaan *short pin PWR fuel dummy*, perlu didukung oleh pengujian *Eddy Current* yang dilanjutkan dengan pengamatan mikrostruktur melalui pengujian metalografi.

**Kata kunci:** *Short pin*, PWR, kelongsong, pasca iradiasi, uji tak merusak, radiografi sinar-X.

Aslina Br. Ginting, Supardjo, Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul. Vol. 26 No. 2, hal.91-106

**PERHITUNGAN BURN UP PEB  $U_3Si_2/Al$  DENSITAS 4,8 gU/cm<sup>3</sup> PASCA IRADIASI POTONGAN BAGIAN MIDDLE.**

Upaya untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar selama diradiasi di Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy (RSG-GAS) adalah melakukan uji pasca iradiasi baik secara tak merusak maupun merusak. Salah satu parameter uji pasca iradiasi secara merusak adalah penentuan *burn up*. Penentuan *burn up* bertujuan untuk mengetahui kandungan <sup>235</sup>U yang terbakar selama digunakan di dalam pengoperasian RSG-GAS, sekaligus untuk membuktikan kesesuaian besar *burn up* yang diperoleh secara duplo dengan berat masing-masing M-1=0,056 gPEB dan M-2= 0,075 gPEB. PEB  $U_3Si_2/Al$  dengan berat tersebut kemudian dilarutkan menggunakan HCl 6 N dan HNO<sub>3</sub> 6N. Hasil pelarutan diperoleh uranil nitrat UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> yang mengandung uranium dan isotop hasil fisi seperti cesium, dan plutonium. Larutan UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dipipet 1mL kemudian ditransfer dari *hotcell* ke R.135 (diluar *hot cell*) untuk dilakukan pemisahan <sup>134</sup>Cs dan <sup>137</sup>Cs dari <sup>235</sup>U dengan metode penukar kation menggunakan zeolit Lampung. Larutan UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dipipet 100 µL ke dalam vial secara duplo kemudian ditambahkan zeolit 1000 mg dan dilakukan proses penukar kation dengan pengadukan selama 1 jam. Hasil pemisahan diperoleh isotope <sup>134</sup>Cs dan <sup>137</sup>Cs dalam fasa padat, sedangkan isotop uranium (<sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>234</sup>U) dan plutonium (<sup>239</sup>Pu, <sup>238</sup>Pu) serta isotope lainnya dalam fasa cair. Pemisahan uranium, plutonium dari isotope lainnya dilakukan dengan metode kolom penukar anion menggunakan resin Dowex 1200 mg. Besarnya kandungan isotop <sup>235</sup>U, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>239</sup>Pu dan <sup>238</sup>Pu selanjutnya diukur menggunakan spektrometer- $\alpha/\gamma$  dan digunakan untuk perhitungan *burn up*. Hasil perhitungan *burn up* PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> pasca iradiasi potongan bagian *middle* diperoleh sebesar 41,6560 ± 1,6870%. Besar *burn up* ini tidak jauh berbeda dengan *burn up* yang diperoleh dari perhitungan menggunakan *Origen Code* sebesar 40%.

**Kata kunci:**  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup>, cesium, uranium, pemisahan, *burn up*.

Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul, Supardjo, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 2, hal. 107-120

**PENENTUAN BERAT ISOTOP CESIUM DAN URANIUM DALAM PELAT ELEMEN BAKAR  $U_3Si_2/Al$  DENSITAS 4,8 gU/cm<sup>3</sup> BURN UP 40%.**

Pelat elemen bakar (PEB)  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> telah diradiasi di Reaktor Serba Guna (RSG-GAS) dengan *burn up* 40%. Selama bahan bakar tersebut diradiasi di reaktor menghasilkan beberapa isotop hasil fisi seperti cesium, uranium dan isotop lainnya. Besarnya isotop hasil fisi tersebut digunakan dalam perhitungan *burn up* untuk mengetahui unjuk kerja bahan bakar selama diradiasi di reaktor. Oleh karena itu, berat cesium dan uranium harus diketahui secara kuantitatif melalui proses pemisahan analisis fisikokimia. Pelat elemen bakar  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> bagian *Middle* dipotong secara duplo dengan berat M-1=0,056 g dan M-2=0,075 g, kemudian dilarutkan menggunakan HCl 6N dan HNO<sub>3</sub> 6N. Larutan PEB pasca iradiasi dipipet sebanyak 100 µL dimasukkan masing-masing kedalam 2 mL larutan HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCl 0,1N, selanjutnya dilakukan pemisahan cesium menggunakan metode penukar kation dengan penambahan 1000 mg zeolit Lampung. Hasil pemisahan diperoleh isotop cesium terikat dengan zeolit dalam fasa padat sedangkan uranium berada dalam fasa cair. Isotop cesium dalam fasa padat maupun dalam fasa cair diukur dengan spektrometer- $\gamma$  selama 10000 detik. Hasil pengukuran diperoleh spektrum <sup>134</sup>Cs pada energi 604,7 dan 795,8 keV serta isotop <sup>137</sup>Cs pada 661,7 keV. Sementara itu, pemisahan uranium dalam fasa cair dilakukan menggunakan metode kolom penukar anion dengan penambahan 1200 mg resin Dowex. Hasil pemisahan diperoleh spektrum isotop <sup>238</sup>U pada energi 4,1943 MeV, <sup>235</sup>U pada 4,397 MeV, <sup>236</sup>U pada energi 4,494 MeV dan isotop <sup>234</sup>U pada 4,777 MeV. Hasil evaluasi dari luas spektrum tersebut diperoleh berat isotop <sup>137</sup>Cs dalam 0,056 g potongan PEB  $U_3Si_2/Al$  sebesar 4,08E-05 g; 4,53E-05 g dan 4,53E-05 g, sedangkan isotop <sup>134</sup>Cs sebesar 4,84E-08 g; 5,30E-08 g dan 5,20E-08 masing-masing dalam pelarut HNO<sub>3</sub>; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCl. Sementara itu, berat isotop <sup>137</sup>Cs dalam 0,075 g potongan PEB  $U_3Si_2/Al$  diperoleh sebesar 5,93E-05 g; 5,90E-05 g dan 5,88E-05 g, sedangkan berat isotop <sup>134</sup>Cs sebesar 5,23E-07 g; 5,29E-07g dan 5,08E-07g untuk masing-masing pelarut HNO<sub>3</sub>; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCl. Berat isotop <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>236</sup>U dan <sup>234</sup>U dalam 0,056 g potongan PEB  $U_3Si_2/Al$  diperoleh sebesar 6,45E-03 g; 2,57E-03 g; 2,42E-06 g; dan 1,90E-06 g, sedangkan dalam 0,075 g PEB diperoleh sebesar 7,41E-03 g; 2,40E-03 g; 2,91E-06 g; dan 2,17E-05 g. Berat isotop <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>236</sup>U dan <sup>234</sup>U dalam 0,056 g PEB dan 0,075 g potongan PEB  $U_3Si_2/Al$  relatif sama dan selanjutnya digunakan sebagai data masukan untuk perhitungan *burn up*.

**Kata kunci:** PEB  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi, pemisahan, kation-anion, cesium, uranium.

Erlina Noerpitasari, Syamsul Fatimah, Iis Haryati, Yanlinastuti, Jan Setiawan, Boybul, Arif Nugroho  
Vol. 26 No. 2, hal. 121-130

**PENENTUAN UMUR YELLOW CAKE SECARA RADIOKRONOMETRI.** Penentuan umur *yellow cake* secara radiokronometri telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan data umur *yellow cake* pada penyusunan basis data perpustakaan forensik nuklir. Radiokronometer yang digunakan yaitu <sup>228</sup>Th/<sup>232</sup>Th. <sup>232</sup>Th merupakan thorium yang secara alami terdapat dalam *yellow cake* dan telah mencapai kesetimbangan peluruhan menjadi <sup>228</sup>Th, namun pada proses produksi *yellow cake* kesetimbangannya terganggu sehingga waktu dinolkan kembali. Sampel uji yaitu *yellow cake* Cogema, hasil tambang PTBGN di Kalan dan hasil samping produk pabrik Petrokimia Gresik. Tahapan yang dilakukan yaitu pelarutan sampel, pemisahan thorium dari uranium dengan metode kromatografi pertukaran kation menggunakan resin dowex 50W-X8, elektrodeposisi thorium dan analisis isotop menggunakan spektrometer alfa. Penentuan umur dilakukan dengan perhitungan rasio aktivitas <sup>228</sup>Th/<sup>232</sup>Th dan iterasi rumus peluruhan. Berdasarkan hasil analisis isotop <sup>228</sup>Th dan <sup>232</sup>Th menggunakan spektrometer alfa dan hasil perhitungan umur, *yellow cake* Cogema tidak dapat ditentukan umurnya karena tidak mengandung <sup>232</sup>Th. Diperoleh nilai umur *yellow cake* Petrokimia Gresik yaitu 9,90 tahun dengan bias 20,35 tahun dan nilai umur *yellow cake* PTBGN yaitu 12,85 tahun dengan bias >20,15 tahun dibandingkan dengan perkiraan waktu produksi yang diketahui. Bias yang diperoleh lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penentuan umur *yellow cake* menggunakan radiokronometer <sup>228</sup>Th/<sup>232</sup>Th oleh peneliti sebelumnya yaitu dengan bias kurang dari 10 tahun.

**Kata kunci:** *Yellow Cake*, Thorium, Radiokronometri.

## ABSTRACT

Erilia Yusnitha, Agoeng Kadarjono, Agus Sartono, Pertiwi Diah Winastri. Vol. 26 No. 2, pp.69-74

**THE CONCEPTUAL DESIGN FOR LIQUID EFFLUENT TREATMENT OF  $UO_2$  KERNEL FABRICATION.** The pebble fuel for HTGR is prepared through fabrication of  $UO_2$  kernel, coated particle and spherical element fuel. In the fabrication of  $UO_2$  kernel by external gelation method, a multicomponent of liquid effluent is generated. Therefore, the liquid effluent is required to be treated for safety reason before disposed to waste storage. In this paper, the conceptual design for the liquid effluent treatment of  $UO_2$  kernel fabrication is performed with the simulation process using CHEMCAD software. CHEMCAD is a software that can be utilized for chemical process design. The results showed that the proposed conceptual design is able to separate valuable components: isopropyl alcohol (IPA) and tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA). The flowrate of IPA product is 5.28 kg/h with purity of 0.99 in mass fraction and the flowrate of THFA product is 1.01 kg/h with purity of 0,99 in mass fraction.

**Keywords:** liquid effluent,  $UO_2$  kernel, CHEMCAD, HTGR

Heri Hardiyanti, Arief Sasongko Adhi, Jan Setiawan. Vol. 26 No. 2, pp.75-82

**EFFECTS OF COLD-ROLLING AND ANNEALING ON THE MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS CHARACTERISTICS OF Zr-0.5%Nb-Si.** The performance improvement of zirconium alloys can be done by adding a certain percentage of common alloying elements such as Nb and Si. The addition of Nb provides resistance to irradiation and stabilizes the  $\beta$  phase (which normally forms at high temperatures) at room temperature. The addition of Si increases the strength of the alloys. The synthesis of a Zr-0.5% Nb-Si alloy have been carried out using an electric arc furnace. The microstructure and the microhardness of this alloy were observed after cold-rolling and annealing. It can be seen from the annealed alloy without cold-rolling that the grain size is larger with reduced microhardnes. The alloy treated with cold-rolling shows changes in the microstructure while the deformation density increases, which results in an increase in microhardness. Heat treatment to the cold-rolled alloy changes the microstructure of the alloy where recrystallization occurs, and the deformation density decreases, which results in the decreasing of microhardness. The lowest grain size and microhardness for the alloy that was cold-rolled at  $\epsilon = 0.8$  and annealed are 0.302 mm and 187 HVN, respectively.

**Keywords:** cold-roll, recrystallization, microstructure, microhardness, Zr-Nb-Si alloy.

Rohmad Sigit, Refa Artika, Maman Kartaman Ajiriyanto, Tri Yulianto. Vol. 26 No. 2, pp. 83-90

**NON-DESTRUCTIVE TEST OF IRRADIATED SHORT PIN OF PWR TYPE – FUEL DUMMY.** Post-irradiation examination (PIE) for nuclear fuel is used as an indicator of fuel performance reliability during the irradiation process. The Center for Nuclear Fuel Technology (PTBBN) conducts research and development of nuclear fuel for Pressurized Water Reactor (PWR). Short pin of PWR fuel dummy with zircaloy-4 cladding has been irradiated at the Multipurpose Reactor – G.A. Siwabessy (RSG-GAS) and has been sent to the Radiometallurgy Installation (IRM) – PTBBN. Non-destructive tests conducted at the IRM includes visual observation and X-ray radiographic test. Visual observations using a digital camera were done in hot cell 102, while X-ray radiographic test was carried out in hot cell 103 IRM. X-ray radiographic test using the voltage and current parameters at a range of 120-125 kV and 1000-1100 uA. The test material was placed at a height of 60 cm from the detector to obtain a 100% magnification. Visual observation shows the formation of several spots indicating oxidation on the short pin PWR fuel dummy surface. Radiographic images from X-ray radiographic testing do not show any anomalies, which is indicated by relatively homogeneous gray value in the axial and radial directions. Generally, based on the non-destructive test results, performance of the short pin PWR - fuel dummy is relatively satisfactory with no significant defects. To confirm the existence of oxides formation on the surface of the short pin PWR fuel dummy, Eddy Current test is needed, followed by microstructure observations.

**Keywords:** short pin, PWR, cladding, post-irradiation, non destructive test, X-ray radiography.

Aslina Br. Ginting, Supardjo, Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul. Vol. 26 No. 2, pp. 91-106

**BURN UP CALCULATION OF THE MIDDLE PART OF IRRADIATED  $U_3Si_2/Al$  FUEL PLATE WITH 4.8 gU/cm<sup>3</sup> DENSITY.** Post-irradiation examination with non-destructive and destructive methods is required to study the performance of  $U_3Si_2/Al$  fuel during irradiation at the G. A. Siwabessy Multipurpose Reactor (RSG-GAS). The purpose of the burn-up calculation is to discover the <sup>235</sup>U content that burned in a fuel plate of  $U_3Si_2/Al$  during use in RSG-GAS and to prove the burn-up obtained using destructive method by calculation using Origen Code. Therefore, this research performed a burn-up calculation of  $U_3Si_2/Al$  fuel plate (with a density of 4.8 gU/cm<sup>3</sup>) using destructive method through physicochemical analysis. The physicochemical analysis was aimed to determine the isotope content of <sup>235</sup>U, <sup>134</sup>Cs, and <sup>137</sup>Cs in the irradiated  $U_3Si_2/Al$  fuel plate. The fuel plate was cut at the middle using a diamond cutting machine in a hot cell to obtain a sample cut with a weight of M-1 = 0.056 g, and a duplicate cut was also prepared with a weight of M-2 = 0.075 g. The sample was then dissolved using HCl 6 N and HNO<sub>3</sub> 6N. The results of dissolution was  $UO_2(NO_3)_2$  solution containing isotopic fission such as cesium and uranium. The solution of  $UO_2(NO_3)_2$  was pipetted at 1 mL and then transferred from the hot cell to R.135 (outside the hot cell) to separate <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs from <sup>235</sup>U by a cation exchange method using zeolite from Lampung. The solution of  $UO_2(NO_3)_2$  was pipetted at 100  $\mu$ L into a vial in duplicates and then 1000 mg zeolite was added. The cation exchange process was then carried out by stirring for 1 h. The separation process resulted in <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs isotopes in the solid phase, while uranium isotopes (<sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>234</sup>U), plutonium (<sup>239</sup>Pu, <sup>238</sup>Pu) and other isotopes were in the liquid phase. Separation of uranium from other isotopes was done by anion exchange column method using 1200 mg of Dowex resin. The isotope content of <sup>235</sup>U, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>239</sup>Pu, and <sup>238</sup>Pu was then measured using  $\alpha/\gamma$ - spectrometer, the values of which were subsequently used for burn-up calculation. The result of the burn up calculation is 41.6565  $\pm$  1.687%. The value of burn-up is not significantly different from the burn-up obtained from the calculation using Origen Code, which is 40%.

**Keywords:**  $U_3Si_2/Al$  density 4,8 gU/cm<sup>3</sup>, cesium, uranium, separation, burn up.

Yanlinastuti, Sutri Indaryati, Boybul, Supardjo, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 2, pp. 107-120

**DETERMINATION OF WEIGHT OF CESIUM AND URANIUM ISOTOPES IN IRRADIATED  $U_3Si_2/Al$  FUEL PLATE WITH  $4.8 \text{ gU/cm}^3$  DENSITY AND 40% BURN UP.** The fuel plate of  $U_3Si_2/Al$  with a density of  $4.8 \text{ gU/cm}^3$  was irradiated in the RSG-GAS multipurpose reactor with 40% burn-up. During irradiation, the amount of isotopes produced by fission reaction, such as cesium, uranium and other isotopes can be used for burn-up calculation to determine the fuel performance. Physicochemical analysis was performed to determine the weight of cesium and uranium isotopes in the irradiated fuel. The irradiated plate of  $U_3Si_2/Al$  was cut at the middle section (duplo) with a weight of M-1 = 0.065 g and M-2 = 0.075 g and dissolved in HCl 6N and  $HNO_3$  6N. The resulted was pipetted at 100  $\mu\text{L}$  and then added into each of 2 mL solvent of  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  and HCl 0.1N. The separation of cesium was then carried out with the addition 1000 mg of zeolite from Lampung. Cesium isotope obtained from the separation was bound with zeolite in the solid phase while uranium was in the liquid phase. Cesium isotopes in the solid phase and in the liquid phase were measured by a spectrometer- $\gamma$  for their radioactivity for 10000 seconds. The measurement was indicated by spectra of  $^{134}\text{Cs}$  at 604.7 and 795.8keV energy and  $^{137}\text{Cs}$  at 661.7keV. Meanwhile, the separation of uranium in the liquid phase was carried out using anion exchange column method with the addition of Dowex resin. The results of the separation were indicated by some spectra of U isotopes at various energies,  $^{238}\text{U}$  at 4,1943 MeV,  $^{235}\text{U}$  at 4,397 MeV,  $^{236}\text{U}$  at 4,494 MeV and  $^{234}\text{U}$  at 4,777 MeV. Weight calculation from the measurement data shows that the weight of  $^{137}\text{Cs}$  in 0.056 g of the irradiated  $U_3Si_2/Al$  fuel samples in  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  and HCl solvent are  $4.08E-05 \text{ g}$ ;  $4.53E-05 \text{ g}$  and  $4.53E-05 \text{ g}$  respectively, while  $^{134}\text{Cs}$  weight are  $4.84E-08 \text{ g}$ ;  $5.30E-08 \text{ g}$  and  $5.20E-08 \text{ g}$  respectively. Meanwhile,  $^{137}\text{Cs}$  isotope weight in 0.075 g fuel plate of  $U_3Si_2/Al$  are obtained by  $5.93E-07 \text{ g}$ ;  $5.90-05 \text{ g}$  and  $5.88E-05 \text{ g}$ , while the isotope weight of  $^{134}\text{Cs}$  in  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  and HCl solvent are  $5.23E-07 \text{ g}$ ;  $5.29E-07 \text{ g}$  and  $5.008E-07 \text{ g}$  respectively. The isotopes weight of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  in 0.056 g of fuel plate are  $6.45E-03 \text{ g}$ ;  $2.57E-03 \text{ g}$ ;  $2.42E-06 \text{ g}$ ; and  $1.90E-05 \text{ g}$ , and the weight in 0.075 g fuel plate are  $7.41E-03 \text{ g}$ ;  $2.40E-03 \text{ g}$ ;  $2.91E-06 \text{ g}$ ; and  $2.17E-05 \text{ g}$ . The isotopes weight of  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  in 0.056 g and 0.075 irradiated  $U_3Si_2/Al$  fuel plate obtained were relatively similarly. Data of isotopes weight are then used as input data for burn up calculation..

**Keywords:** fuel element plate of  $U_3Si_2/Al$ , separation, cation-anion, cesium, uranium

Erlina Noerpitasari, Syamsul Fatimah, Iis Haryati, Yanlinastuti, Jan Setiawan, Boybul, Arif Nugroho  
Vol. 26 No. 2, pp. 121-130

**YELLOW CAKE AGE DETERMINATION BY RADIOCHRONOMETRY.** Radiochronometric dating of yellow cake has been carried out. The aim of this study was to obtain data on the age of yellow cake for compiling a database for nuclear forensics library. The radiochronometer used was  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ .  $^{232}\text{Th}$  is thorium which naturally co-exists in yellow cake and will reach a decay equilibrium to  $^{228}\text{Th}$ . In the yellow cake production process, however, the equilibrium is disturbed so that the "time" will be zeroed again. The test samples were yellow cake from Cogema, from PTBGN mining in Kalan, and by-products from Petrokimia Gresik. The steps of processes include dissolving the sample, separating thorium from uranium by cation exchange chromatography using dowex 50W-X8 resin, electrodeposition of thorium and isotopes analysis using an alpha spectrometer. Age determination was performed by calculating the  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  activity ratio and decay formula iteration. Based on the analysis of the  $^{228}\text{Th}$  and  $^{232}\text{Th}$  isotopes using an alpha spectrometer and the results of age calculations, the age of Cogema yellow cake was not able to be determined because it does not contain  $^{232}\text{Th}$ . The age of Petrokimia Gresik yellow cake is 9.90 years with a bias of 20.35 years and the age of PTBGN yellow cake is 12.85 years with a bias of more than 20.15 years when compared to the known estimated production time. The bias obtained is higher when compared to the results determined by previous researchers by the same method, i.e., a bias of less than 10 years.

**Keywords:** Yellow Cake, thorium, radiochronometry.



# 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 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/intra/>.
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. Prof. Dr. Yanni Sudiyani, M. Agr (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
2. Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
3. Daisman Purnomo Bayyu Aji, S.T, Ph.D (Universitas Trisakti), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
4. Dr. Toto Sudiro (LIPI) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
5. Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa) 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 2 (edisi Juni 2020).

Juni 2020

Redaksi

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