

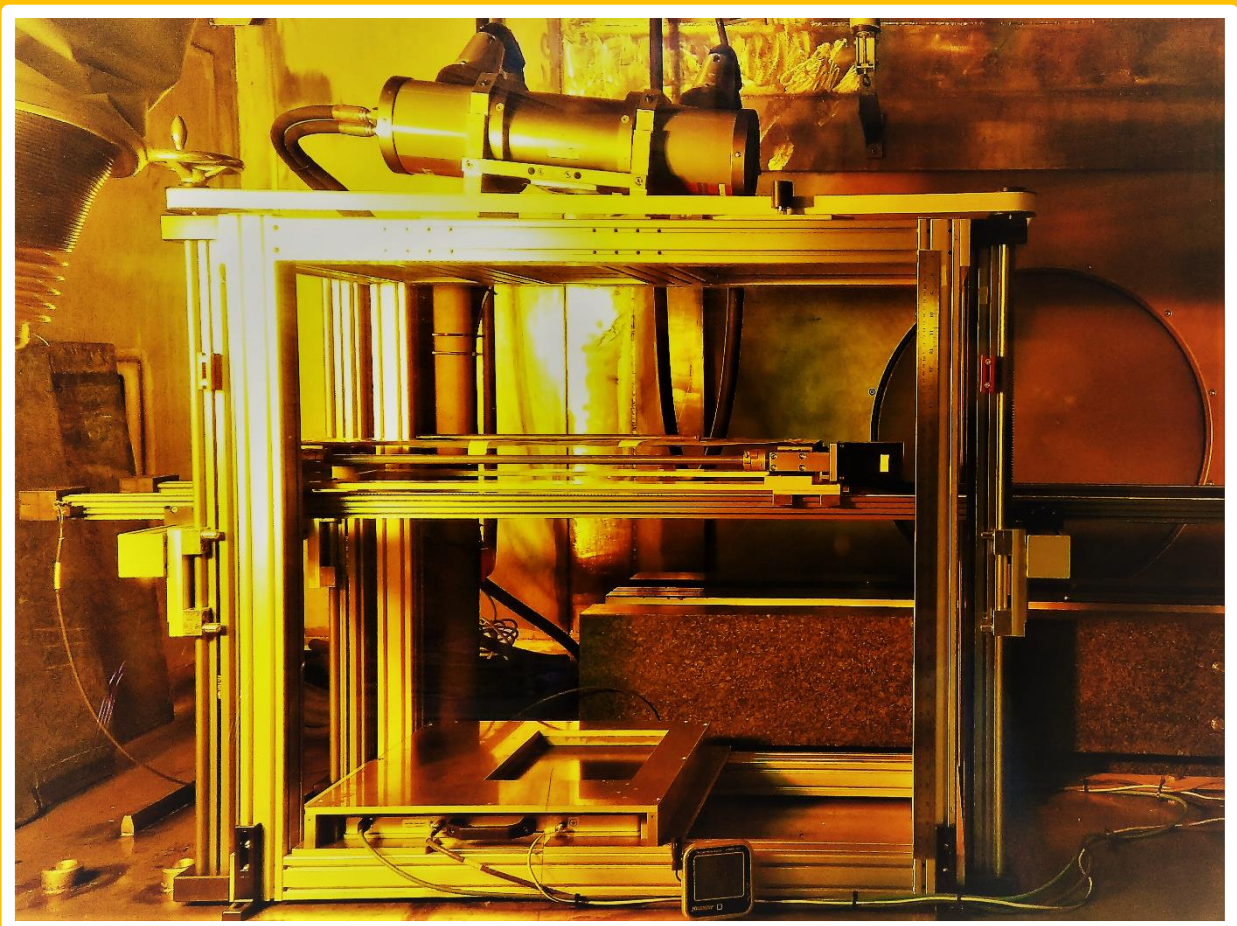
p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473  
Akreditasi No.21/E/KPT/2018  
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 26 No. 1

Februari 2020



Radiografi Sinar-X Digital *Hot Cell 103*

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

Urania	Vol. 26	No. 1	Hal :1-68	Serpong Februari 2020	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	-----------	--------------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No.1, Februari 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)

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 Sudiyani (Biologi Lingkungan, LIPI)

Dr. Toto Sudiro (Fisika, LIPI)

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

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

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

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

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

Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency)

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

### **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 Puspipetek 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 kehadirat Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" volum 26 nomor 1 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas masalah ilmu dan teknologi material dan berkaitan dengan reaktor daya yang ditulis dengan judul Ketahanan Mulur Baja SUS 304 Hasil Pelapisan Metal *Matrix Composite* NiCr+Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> Dengan Metoda HVOF. Teknik *Thermal Spray Coating* pada permukaan baja SS 304 dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan mulur dan oksidasi siklik dalam aplikasi pipa *boiler tubes* pada PLTU maupun PLTN. Perlakuan yang dilakukan adalah pengujian *creep* dengan temperatur 550 °C dengan pembebanan sebesar 0.4 *oy* dan 0.6 *oy* (*yield strength*) selama 30240 menit (21 hari).

Topik kedua membahas masalah teknologi kimia terkait reaktor daya yang ditulis dengan judul Optimasi Preparasi Sol Secara Dekomposisi Urea Dan Pengaruh Urea Serta Konsentrasi Prekursor Pada Karakteristik Kernel *Yttria-Stabilized Zirconia* (YSZ). Fabrikasi kernel *yttria-stabilized zirconia* (YSZ) dilakukan secara gelasi eksternal dengan menambahkan urea optimum pada rute penambahan 1 kali mol prekursor pada suhu dekomposisi 80°C sebagai agen prenetralisasi dan 1,5 kali mol prekursor pada suhu di bawah suhu dekomposisi 50°C sebagai penyedia porositas gel. Tulisan berikutnya ditulis dengan judul Pengaruh Jenis *Packing* Pada Menara *Packed-Bed Absorber* Dalam Penyerapan Gas NO<sub>x</sub>. Desain proses *effluent* gas NO<sub>x</sub> menggunakan menara *packed-bed absorber* diperlukan dalam pembuatan *broth* dan *casting* pada rangkaian proses fabrikasi kernel UO<sub>2</sub>. Desain ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis *packing* (*pall*, ralu, dan *nor-pac ring*) dalam menyerap gas NO<sub>x</sub>.

Topik ketiga membahas masalah ilmu kimia dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Penentuan *Recovery* Neodymium dan Cerium Pada Proses Pemisahan Isotop Dari Simulasi PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Pra Iradiasi. Neodymium (Nd) merupakan salah satu isotop hasil fisi yang digunakan sebagai indikator *burnup* bahan bakar nuklir. Penentuan *burnup* menggunakan isotop Nd dilakukan secara merusak berdasarkan penentuan isotop spesifik yang dilakukan secara fisikokimia menggunakan spektrometer massa. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan *recovery* Nd dan Ce pada pemisahan isotop dari PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al. Tulisan berikutnya masih dalam topik yang sama ditulis dengan judul Uji Tak Merusak Pelat Elemen Bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Densitas Uranium 4,8 gU/cm<sup>3</sup> Menggunakan Radiografi Sinar-X Digital. Telah dilakukan uji tak merusak PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al densitas uranium 4,8 gU/cm<sup>3</sup> pasca iradiasi dengan *burn up* 20, 40, dan 60%. Uji tak merusak bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja, integritas dan kehandalan PEB selama diiradiasi di RSG-GAS. Kehandalan dan keselamatan bahan bakar selama di reaktor diindikasikan dengan tidak adanya anomali pada hasil pengujian pasca iradiasi.

Topik keempat yang merupakan topik dan tulisan terakhir pada edisi ini membahas penilaian ketahanan proliferasi reaktor daya eksperimental (RDE) yang ditulis dengan judul *Proliferation Resistance Assessment of Indonesian 10-MWt RDE Experimental Power Reactor*. Indonesia perlu memastikan bahwa setiap bahan nuklir yang digunakan hanya untuk tujuan damai sebelum membangun Sistem Nuklir Inovatif (INS) seperti reaktor daya. *Safeguards* adalah metode untuk memastikan bahwa setiap bahan nuklir di fasilitas digunakan hanya untuk kesejahteraan. *Proliferation resistance* (PR) adalah parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan INS.

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.

Februari , 2020  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 26 No. 1, Februari 2020

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Ketahanan Mulur Dan Oksidasi Siklik Baja SUS 304 Hasil Pelapisan <i>Metal Matrix Composite</i> NiCr+Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> Dengan Metoda HVOF	:	1-12
(Muhammad Luthfi Naufal, Muhammad Walidi, Djoko Hadi Prajitno)		
Optimasi Preparasi Sol Secara Dekomposisi Urea Dan Pengaruh Urea Serta Konsentrasi Prekursor Pada Karakteristik Kernel <i>Yttria-Stabilized Zirconia</i> (YSZ)	:	13-24
(Sarjono, Ety Mutiara, Erilia Yusnitha, Winter Dewayatna)		
Pengaruh Jenis <i>Packing</i> Pada Menara <i>Packed-Bed Absorber</i> Dalam Penyerapan Gas NO <sub>x</sub>	:	25-36
(Agoeng Kadarjono, Erilia Yusnitha, Agus Sartono Dwi Santosa, Pertiwi Diah Winastri)		
Penentuan <i>Recovery</i> Neodymium Dan Cerium Pada Proses Pemisahan Isotop Dari Simulasi PEB U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Pra Iradiasi	:	37-48
(Noviarty, Erlina Noerpitasari, Rosika Kriswarini, Agus Jamaludin, Sutri Indaryati, Sayyidatun Nisa, Samsul Fatimah)		
Uji Tak Merusak Pelat Elemen Bakar U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Densitas Uranium 4,8 gU/cm <sup>3</sup> Menggunakan Radiografi Sinar-X Digital	:	49-56
(Refa Artika, Rohmad Sigit, Helmi Fauzi Rahmatullah, Supardjo, Aslina Br.Ginting)		
<i>Proliferation Resistance Assessment of Indonesian 10-MWt RDE Experimental Power Reactor.</i>	:	57-68
(Bening Farawan, Muhammad Sukron Fajrin Husein, Agus Sunarto, Arif Sasongko Adhi)		

## ABSTRAK

Muhammad Luthfi Naufal, Muhammad Walidi, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 26 No. 1, hal.1-12

**KETAHANAN MULUR DAN OKSIDASI SIKLIK BAJA SUS 304 HASIL PELAPISAN METAL MATRIX COMPOSITE NiCr+Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> DENGAN METODA HVOF.** Telah dilakukan proses deposisi *Metal Matrix Composite coating* 60% NiCr + 30% Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>+ 10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 60% NiCr + 40% Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> dengan menggunakan teknik *High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) Thermal Spray Coating*, pada permukaan baja SUS 304. Tujuan pelapisan untuk meningkatkan ketahanan mulur dan oksidasi siklik dalam aplikasi pipa *boiler tubes* PLTU. Pengujian *creep* telah dilakukan pada temperatur 550°C dengan pembebanan sebesar 0.4  $\sigma_y$  dan 0.6  $\sigma_y$  (*yield strength*) selama 30240 menit (21 hari). Pengujian oksidasi siklik dengan variasi temperatur 600°C, 700°C dan 800°C selama 1 jam dalam *tubes furnace* dan pendinginan diluar selama 15 menit dalam 1 siklus dan di lakukan sebanyak 5 siklus. Spesimen *coating Metal Matrix Composite* (MMC) 3 komponen merupakan *coating* yang merekomendasikan dalam aplikasi pipa *boiler tubes* PLTU merupakan laju mulur yang paling rendah sebesar 0.000148917%/jam. Spesimen *coating* MMC 3 komponen pada temperatur 600°C memiliki perubahan berat oksida, ketebalan *coating*, dan senyawa oksida yang terbentuk paling rendah.

**Kata kunci:** SUS 304, HVOF *Thermal Spray Coating*, *Metal Matrix Composite*, ketahanan mulur, oksidasi siklik.

Sarjono, Ety Mutiara, Eriila Yusnitha, Winter Dewayatna. Vol. 26 No. 1, hal.13-24

**PENGARUH METODE PREPARASI BROTH DAN JENIS PREKURSOR ZIRKONIUM PADA KARAKTERISTIK KERNEL YTTRIA-STABILIZED ZIRCONIA (YSZ).** Telah dilakukan fabrikasi kernel yttria-stabilized zirconia (YSZ) secara gelasi eksternal dengan memvariasikan metode preparasi broth dan menggunakan dua jenis prekursor zirkonium. Pada preparasi larutan broth, dilakukan penambahan urea yang berfungsi sebagai agen presipitasi homogen untuk menghasilkan larutan sol dan sebagai agen penyedia porositas. Urea berfungsi sebagai agen presipitasi homogen jika ditambahkan pada suhu dekomposisi urea dan berfungsi sebagai agen penyedia porositas jika ditambahkan di bawah suhu dekomposisi. Jumlah urea yang ditambahkan divariasikan untuk mendapatkan nilai rasio mol urea/metal optimum yang ditentukan berdasarkan morfologi kernel tersinter. Prekursor zirkonium yang digunakan adalah zirkonium nitrat pentahidrat dan zirkonium oksinitrat hidrat. Pada penelitian ini, parameter proses pembentukan gel dari broth yang telah disiapkan, aging-washing-drying gel, kalsinasi dan penyinteran tidak divariasikan. Karakterisasi produk meliputi pemeriksaan SEM kernel kering dan kernel tersinter untuk memperoleh data morfologi permukaan, pengukuran diameter dan densitas kernel tersinter, dan pemeriksaan XRD untuk penentuan fasa oksida zirkonium-yttrium yang dihasilkan. Berdasarkan pemeriksaan morfologi permukaan kernel tersinter yang dihasilkan, rasio mol urea/metal optimum untuk fungsinya sebagai agen presipitasi pada pereparasi sol adalah 1,0 dengan dekomposisi 80°C sementara rasio mol urea/metal optimum untuk fungsinya sebagai agen penyedia porositas gel adalah 1,5 pada suhu 50°C. Kernel larutan padat  $Y_{0,15}Zr_{0,85}O_{1,93}$  atau  $92ZrO_2 \cdot 8Y_2O_3$  diperoleh dari prekursor 16% mol yttrium nitrat dan 84% mol zirkonium nitrat dengan fasa *cubic* dan densitas 5,5636 gram/cc atau 93,34% densitas teoritis. Kenaikan konsentrasi prekursor menghasilkan kernel dengan diameter lebih besar. Diameter kernel yang mendekati 0,5 mm diperoleh dari *broth* dengan konsentrasi prekursor 0,855 mol/L yaitu 0,510 mm. Untuk mendapatkan kernel dengan diameter sesuai spesifikasi desain bahan bakar TRISO dapat dilakukan dengan penyesuaian jumlah prekursor dalam umpan atau *broth*.

**Kata kunci:** kernel YSZ, sol-gel, dekomposisi urea, gelasi eksternal, TRISO, morfologi

Agoeng Kadarjono, Eriila Yusnitha, Agus Sartono Dwi Santosa, Pertiwi Diah Winastri. Vol. 26 No. 1, hal. 25-36

**PENGARUH JENIS PACKING PADA MENARA PACKED-BED ABSORBER DALAM PENYERAPAN GAS NO<sub>x</sub>.** Desain proses efluen gas NO<sub>x</sub> perlu dilakukan dalam aktifitas pembuatan *broth* dan *casting* pada rangkaian proses fabrikasi kernel UO<sub>2</sub>. Dengan tersedianya alat proses efluen, maka akan meningkatkan nilai ekonomis, efisiensi proses, mengurangi kebutuhan bahan kimia, meminimalisir bahaya toksisitas dan kontaminasi. Desain alat proses efluen dipilih menara *packed-bed absorber* menggunakan aliran umpan gas NO<sub>x</sub> dan air sebagai media penyerap. Menara *packed-bed absorber* didesain dan dihitung untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis *packing* (*pall*, *ralu*, dan *nor-pac ring*) dalam penyerapan gas NO<sub>x</sub>. Untuk menentukan pengaruh jenis *packing* tersebut, dilakukan dengan cara simulasi laju alir fluida terhadap diameter, luas permukaan efektif *packing*, *pressure drop*, koefisien perpindahan massa, tinggi kolom *packing*, dan tinggi menara dengan cara memasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang sesuai menggunakan program EXCEL. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pengaruh laju alir gas tidak terlalu signifikan terhadap diameter menara, sedangkan laju alir air menghasilkan diameter menara bertambah besar. Luas permukaan efektif *packing* cenderung menurun pada kenaikan laju alir fluida. *Pressure drop*, koefisien perpindahan massa, tinggi kolom *packing*, dan tinggi menara bertambah besar pada kenaikan laju alir gas, dan cenderung menurun bila laju alir air dinaikkan. Kenaikan penyerapan gas NO<sub>x</sub> menyebabkan kenaikan tinggi menara, sedangkan kenaikan faktor *flooding* menyebabkan penurunan tinggi kolom *packing* dan tinggi menara. Kenaikan tekanan dan temperatur operasi menyebabkan penurunan tinggi kolom *packing* dan tinggi menara. *Packing* jenis *pall ring* menjadi pilihan desain karena menghasilkan dimensi yang kecil atau ekonomis.

**Kata kunci:** HTGR, kernel, efluen gas, absorber, *packed-bed*, *packing*, desain.

Noviarty, Erlina Noerpitasari, Rosika Kriswarini, Agus Jamaludin, Sutri Indaryati, Sayyidatun Nisa, Samsul Fatimah. Vol. 26 No. 1, hal.37-48

**PENENTUAN RECOVERY NEODYMIUM DAN CERIUM PADA PROSES PEMISAHAN ISOTOP DARI SIMULASI PEB  $U_3Si_2/Al$  PRA IRADIASI.** Neodymium (Nd) merupakan salah satu isotop hasil fisi yang digunakan sebagai indikator *burnup* bahan bakar nuklir karena isotop Nd merupakan hasil fisi yang stabil, mempunyai *yield* yang cukup besar, tidak mudah menguap dan mempunyaiampang lintang penangkap neutron yang rendah. Penentuan *burnup* menggunakan isotop Nd ini dapat mendukung dan memverifikasi hasil penentuan *burnup* yang telah dilakukan sebelumnya yaitu menggunakan isotop Cs, U dan Pu. Penentuan *burnup* menggunakan isotop Nd dilakukan secara merusak (*Destructive Test, DT*) berdasarkan kepada penentuan isotop spesifik yang dilakukan secara fisikokimia menggunakan peralatan spektrometer massa. Berdasarkan metode ASTM E 321-69 untuk melakukan analisis isotop Nd diperlukan pemisahan Nd dari Ce karena Isotop  $^{142}Ce$  mengganggu pengukuran  $^{142}Nd$  yang disebabkan oleh sifat isobar kedua isotop tersebut. Fenomena ini akan mempengaruhi hasil perhitungan *burnup*. Selain hal tersebut, keberadaan isotop Nd dalam bahan bakar PEB  $U_3Si_2/Al$  masih bercampur dengan isotop hasil fisi lainnya seperti isotop  $^{235}U$ ,  $^{239}Pu$ ,  $^{148}Nd$ ,  $^{137}Cs$ ,  $^{152}Eu$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{143}Ce$ ,  $^{103}Ru$ ,  $^{95}Zr$ , dan  $^{95}Nb$ . Oleh karena itu untuk memperoleh nilai yang akurat sebagai indikator *burnup* maka isotop-isotop tersebut harus dipisahkan. Sebelum dilakukan pemisahan isotop Nd dan Ce maka dilakukan beberapa tahap proses pemisahan isotop Cs ( $^{137}Cs$ ,  $^{134}Cs$ ), isotop U ( $^{234}U$ ,  $^{235}U$ ,  $^{236}U$ ,  $^{238}U$ ), isotop Pu ( $^{239}Pu$ ,  $^{238}Pu$ ) dan isotop-isotop lainnya ( $^{152}Eu$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{103}Ru$ ,  $^{95}Zr$ , dan  $^{95}Nb$ ). Penentuan *recovery* ini bertujuan untuk mengetahui jumlah Nd dan Ce pada setiap tahapan proses pemisahan terhadap isotop-isotop lain, sebelum sampai pada tahap pemisahan Nd dan Ce. Penentuan *recovery* dilakukan secara simulasi terhadap larutan PEB  $U_3Si_2/Al$  pra iradiasi yang ditambah larutan standar Cs, U, Nd dan Ce. Hasil *recovery* Nd dan Ce yang diperoleh dari tahapan proses pemisahan Cs menggunakan zeolit masing-masing sebesar 69,91% dan 64,42%, sedangkan hasil *recovery* Nd dan Ce pada tahapan proses pemisahan Pu dan U diperoleh sangat baik yaitu mendekati nilai 100%. *Recovery* Nd dan Ce ini selanjutnya digunakan sebagai koreksi pada perhitungan pemisahan Nd dan Ce dari larutan PEB, yang akan menjadi acuan dalam penentuan *burnup* bahan bakar PEB  $U_3Si_2/Al$  menggunakan indikator Nd.

**Kata kunci:** Nd dan Ce, indikator *burnup*, PEB  $U_3Si_2/Al$

Refa Artika, Rohmad Sigit, Helmi Fauzi Rahmatullah, Supardjo, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 1, hal. 49-56

**UJI TAK MERUSAK PELAT ELEMEN BAKAR  $U_3Si_2/Al$  DENSITAS URANIUM 4,8 gU/cm<sup>3</sup> MENGGUNAKAN RADIOGRAFI SINAR-X DIGITAL.** Telah dilakukan uji tak merusak PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas uranium 4,8 gU/cm<sup>3</sup> pasca iradiasi dengan *burn up* 20, 40, dan 60 %. Pengujian meliputi pengamatan secara visual, analisis citra radiograf dan pengukuran dimensi menggunakan radiografi sinar-X digital. Uji tak merusak bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja, integritas dan kehandalan PEB selama diiradiasi di RSG-GAS. Kehandalan dan keselamatan bahan bakar selama di reaktor diindikasikan dengan tidak adanya anomali pada hasil pengujian pasca iradiasi. Elemen bakar uji (EBU) terdiri dari tiga PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> pasca iradiasi ditransfer dari RSG-GAS ke *hotcell* 101 IRM melalui kanal hubung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (IPSB3). Selanjutnya EBU ditransfer ke *hot cell* 103 untuk dilakukan pengujian tak merusak menggunakan radiografi sinar-X digital dengan tujuh kali penembakan sehingga diperoleh hasil citra radiografi dengan resolusi yang baik. Citra radiografi yang dihasilkan dievaluasi lebih lanjut untuk mendapatkan data cacat dan dimensi PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> pasca iradiasi antara lain lebar *meat*, lebar PEB, jarak *meat-cladding*, jarak batas *meat-cladding* sisi kanan kiri pada sisi jauh (SJ) dan sisi dekat (SD). Hasil analisis menggunakan radiografi sinar-X menunjukkan adanya bercak putih pada *cladding* bagian tengah PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> dengan *burn up* 20%. Sementara itu, PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> dengan *burn up* 40 dan 60 % tidak ditemukan adanya indikasi cacat permukaan dan cacat lainnya. Hasil pengukuran menunjukkan tidak adanya perubahan dimensi, hal ini menunjukkan bahwa integritas bahan bakar tetap terjaga setelah PEB  $U_3Si_2/Al$  densitas 4,8 gU/cm<sup>3</sup> diiradiasi di teras RSG-GAS. Citra radiografi dan data pengukuran dimensi digunakan untuk pemetaan titik-titik pencuplikan sampel untuk tahap pengujian selanjutnya.

**Kata kunci:** PEB,  $U_3Si_2/Al$ , 4,8 gU/cm<sup>3</sup>, uji tak merusak, radiografi sinar-X

Bening Farawan, Muhammad Sukron Fajrin Husein, Agus Sunarto, Arif Sasongko Adhi. Vol. 26 No. 1, hal. 57-68

**PENILAIAN KETAHANAN PROLIFERASI REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE) 10-MWT MENGGUNAKAN METODE INPRO.** Penilaian ketahanan proliferasi (PR) untuk reaktor RDE10 MWT telah dilakukan untuk memverifikasi desain sistem seifgard pada RDE. Ketahanan proliferasi merupakan sebuah parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan penerapan sistem seifgard (*safeguardability*) pada suatu fasilitas. Seifgard adalah segala upaya teknis yang dilakukan untuk memastikan bahwa bahan nuklir digunakan untuk tujuan damai. Penilaian ketahanan proliferasi dilakukan menggunakan metode INPRO. Penilaian ketahanan proliferasi dilakukan untuk fitur instrinsik RDe yang meliputi daya tarik bahan nuklir dan teknologi untuk proliferasi, kemampuan deteksi kegiatan proliferasi dan kemudahan diversi bahan nuklir. Penilaian ketahanan proliferasi menunjukkan bahwa Fasilitas RDE 10-MWT memiliki ketahanan proliferasi yang kuat. Hasil tersebut menandakan bahwa fasilitas ini memiliki kemampuan yang kecil untuk digunakan dalam kegiatan proliferasi bahan nuklir.

**Kata Kunci:** Ketahanan Proliferasi, Seifgard, INPRO

## ABSTRACT

Muhammad Luthfi Naufal, Muhammad Walid, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 26 No. 1, pp.1-12

**CREEP AND CYCLIC OXIDATION RESISTANCE OF SUS 304 STEEL AFTER COATING WITH METAL MATRIX COMPOSITE NiCr+ Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> BY HVOF METHOD.** Deposition of 60% NiCr + 30% Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> + 10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 60% NiCr + 40% Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> metal matrix composite coating has been done on SUS 304 steel surface by the High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) Thermal Spray Coating technique. The purpose of the coating was to improve SUS 304 steel creep resistance and cyclic oxidation on boiler tubes of steam power plant application. The treatments include creep test at 550°C with a load of 0.4 and 0.6  $\sigma_y$  (yield strength) for 30240 minute (21 days), cyclic oxidation with various temperatures of 600, 700 dan 800°C in tubes furnace for 1 hour and cooling for 15 minute in 1 cycle. Measurement was done every one cycle to observe weight change of the oxide, and the measurement was done for 5 cycles. The recommended coating specimen for boiler tubes of steam power plant application is coating specimen of 3 three components of MMC with the lowest creep rate of 0.000148917 %/hour and cyclic oxidation resistance at 600° (which has a lowest change in oxide weight, coating thickness and oxide compounds formed on coating).

**Keywords:** SUS 304, HVOF Thermal Spray Coating, Metal Matrix Composite, Creep Resistance, Cyclic Oxidation

Sarjono, Ety Mutiara, Erilia Yusnitha, Winter Dewayatna. Vol. 26 No. 1, pp.13-24

**THE INFLUENCE OF SOL PREPARATION METHOD AND TYPE OF ZIRCONIUM PRECURSOR ON THE CHARACTERISTIC OF YTTRIA-STABILIZED ZIRCONIA (YSZ) KERNEL.** Fabrication of yttria-stabilized zirconia (YSZ) kernel by external gelation method has been done. Urea was used in the broth preparation to serve as: 1) as homogenous precipitation agent to produce sol when added at decomposing temperature of urea and 2) as pore promoter when added at below decomposing temperatures of urea. The research used urea in varied mol urea/metal ratio to obtain an optimum value based on the resulted morphological properties of the sintered kernel. The zirconium precursor used was zirconium oxynitrate hydrate. Characterization of the kernel products include examination with SEM to study the morphological properties of the dried and sintered kernels, measurement of diameter and density of the sintered kernel, and XRD examination to determine the phase of the resulted solid solution of zirconium-yttrium oxide. Based on the morphological examination, the optimized addition of urea according to its function: 1) as precipitation agent in the sol preparation, mol urea/metal ratio of 1.0 at decomposing temperature of 80°C and 2) as porosity generation in the gel microsphere, mol urea/metal ratio of 1.5 at addition temperature of 50°C. The XRD examination shows that a mixture of 16% mol yttrium nitrate dan 84% mol zirkonium nitrate has resulted in solid solution of  $Y_{0,15}Zr_{0,85}O_{1,93}$  atau  $92ZrO_2 \cdot 8Y_2O_3$  kernels with cubic phase. Increase in precursors concentration in broth has resulted in increase in the diameter of the sintered YSZ kernel, where kernels with average diameter of 0,510 mm was obtained from 0,855 mol/L precursors in broth. Kernels with desired diameter can be prepared by tuning of precursors concentration in broth.

**Keywords:** YSZ kernel, sol-gel, preneutralization, urea decomposition, external gelation, TRISO

Agoeng Kadarjono, Erilia Yusnitha, Agus Sartono Dwi Santosa, Pertiwi Diah Winastri. Vol. 26 No. 1, pp. 25-36

**THE EFFECT OF PACKING TYPE ON THE PACKED-BED ABSORBER IN ABSORPTION OF NO<sub>x</sub>.** Design of NO<sub>x</sub> effluent gas processing needs to be done for broth preparation and gel casting activities in the UO<sub>2</sub> kernel fabrication process series. The availability of this effluent processing tool will increase the economic value and process efficiency, reduce the amount of the chemicals needed, and minimize the hazards associated with toxicity and contamination. The design of the effluent processing tool chose the packed-bed absorber using NO<sub>x</sub> gas as a feed stream and water as an absorbent medium. The packed-bed absorber has been designed and calculated to determine the effect of various types of packing (pall, ralu, and nor-pac ring) for the absorption of the NO<sub>x</sub> gas. To determine the effect of the packing type, it is carried out by simulating fluid flow rate on diameter, effective surface area of packing, pressure drop, mass transfer coefficient, packing column height, and tower height by inserting into the appropriate equations using the EXCEL program. The inclusion of the effect of feed flow rate and type of packing in the calculation resulted in smaller diameter for the tower containing pall ring packing than the diameter of tower containing other fillings but gave higher pressure drop values, effective surface area of packing, total mass transfer coefficient, and tower height. Increase in NO<sub>x</sub> gas absorption causes an increase in the amount of packing space and tower height. Increase in operating pressure and temperature causes a decrease in packing and tower height, whereas increase in flooding factor, beside causing a decrease in packing and tower height, decreases the tower diameter. This type of pall ring packing is a design choice because it produces small/economic dimensions

**Keywords:** HTGR, kernel, gas effluent, absorber, packed-bed, packing, design

Noviarty, Erlina Noerpitarsari, Rosika Kriswarini, Agus Jamaludin, Sutri Indaryati, Sayyidatun Nisa, Samsul Fatimah. Vol. 26 No. 1, pp.37-48

**DETERMINATION OF NEODYMIUM AND CERIUM RECOVERY IN ISOTOPE SEPARATION PROCESS OF SIMULATED PRE-IRADIATED  $U_3Si_2/Al$  FUEL.** Neodymium (Nd) is one of the fission product isotopes used as an indicator of nuclear fuel burn-up because Nd isotope is a stable fission product, has a sufficiently great yield, is not volatile and has low neutron-capture cross-section. Burn-up determination using Nd can support and verify the results of the burn-up determined by using Cs, U and Pu isotopes. Destructive burn-up determination (Destructive Test, DT) is based on the determination of specific isotopes that is performed physicochemically using mass spectrometer equipment. Based on ASTM E 321-69 method for Nd isotope analysis, Nd separation from Ce is required because  $^{142}Ce$  isotope interferes with  $^{142}Nd$  measurement due to their being isobars, and this phenomenon will affect the results of the burn-up calculations. In addition, Nd isotope in  $U_3Si_2/Al$  fuel is present along with other fission isotopes such as  $^{235}U$ ,  $^{239}Pu$ ,  $^{148}Nd$ ,  $^{137}Cs$ ,  $^{152}Eu$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{143}Ce$ ,  $^{103}Ru$ ,  $^{95}Zr$ , and  $^{95}Nb$ . Therefore, to obtain an accurate value to be used as burn-up indicator, the isotopes must be separated. Before the Nd and Ce separation, several separation phases of Cs isotopes ( $^{137}Cs$ ,  $^{134}Cs$ ), U isotopes ( $^{234}U$ ,  $^{235}U$ ,  $^{236}U$ ,  $^{238}U$ ), Pu isotopes ( $^{239}Pu$ ,  $^{238}Pu$ ) and other isotopes ( $^{152}Eu$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{103}Ru$ ,  $^{95}Zr$  and  $^{95}Nb$ ) were done. The determination of separation recovery aimed to determine the amount of Nd and Ce at each stage of the separation process of other isotopes prior to the separation stage of Nd and Ce. The determination of recovery was conducted by a simulation of fresh  $U_3Si_2/Al$  solution plus standard solutions of Cs, U, Nd and Ce. The recovery for Nd and Ce from Cs separation phase using zeolites were 69.91% and 64.42% respectively while the recovery of Nd and Ce at Pu and U separation phase were close to 100%. The recovery values of Nd and Ce were then used as a correction in the calculation of Nd and Ce separation from the fuel solution, and the corrected values can then be used as a reference in determining the burn-up of  $U_3Si_2/Al$  fuel using Nd as an indicator.

**Keywords:** Nd and Ce, Burn-up Indicator,  $U_3Si_2/Al$

Refa Artika, Rohmad Sigit, Helmi Fauzi Rahmatullah, Supardjo, Aslina Br.Ginting. Vol. 26 No. 1, pp. 49-56

**NON DESTRUCTIVE TEST FOR  $U_3Si_2/Al$  FUEL PLATE WITH 4,8 gU/cm<sup>3</sup> URANIUM DENSITY USING DIGITAL X-RAY RADIOGRAPHY.** Non-destructive test for irradiated  $U_3Si_2/Al$  fuel plate with 4,8 gU/cm<sup>3</sup> uranium density and 20, 40, and 60% burn-up has been done. The test includes visual inspection, radiographic image analysis, and dimension measurement using digital x-ray radiography. The non-destructive test aimed to determine the performance, integrity, and reliability of  $U_3Si_2/Al$  fuel plate with 4,8 gU/cm<sup>3</sup> uranium density during irradiation at RSG-GAS. Reliability and safety of the fuel during irradiation are indicated by the absence of anomalies in the post-irradiation examination result. Three samples of irradiated  $U_3Si_2/Al$  fuel element (FE) with 20, 40, and 60 % burn-up were transferred from RSG-GAS to RMI hot cell 101 through transfer channel of Interim Storage Spent Fuel (ISSF). The  $U_3Si_2/Al$  fuel plate were then transferred to hot cell 103 for non-destructive test using digital x-ray radiography with seven shots for good resolution radiographic images. The radiographic images were evaluated to obtain data of defects and dimensions such as meat width, fuel plate width, meat-cladding distance, right-left meat-cladding boundary distance at the far side (SJ) and the near side (SD). The X-ray radiography analysis shows the presence of white spot in the middle of  $U_3Si_2/Al$  fuel cladding with 20% burn-up. Meanwhile, indication of surface defects and other defects were not found for the 40 and 60% burn-up samples. The dimensional measurement data show no dimensional changes, which indicates solid integrity after irradiation in the RSG-GAS. The measurement data analysis can further be used for mapping the sampling spots for the next test.

**Keywords:** Fuel plate,  $U_3Si_2/Al$ , 4,8 gU/cm<sup>3</sup>, non destructive test, X-ray radiography

Bening Farawan, Muhammad Sukron Fajrin Husein, Agus Sunarto, Arif Sasongko Adhi. Vol. 26 No. 1, pp. 57-68

**PROLIFERATION RESISTANCE ASSESSMENT OF INDONESIAN 10-MWT RDE EXPERIMENTAL POWER REACTOR USING INPRO METHODOLOGY.** Assessment of proliferation resistance (PR) for 10-MWt RDE has been conducted to verify the RDE safeguards desain. Proliferation resistance (PR) is a parameter that can be used to measure the ability of a facility to implement safeguards (safeguardability). Safeguards is every technical measure used to ensure that every nuclear material in a facility is used as declared and only for welfare. Proliferation resistance of 10-MWt RDE has been assessed with INPRO methodology. The areas assessed were specific to intrinsic features of RDE, which consist of the attractiveness of nuclear material and technology and also detectability and chances of diversion of the nuclear material. This assessment concludes that the 10-MWt RDE has strong proliferation resistance, which indicates that the facility has small ability to diverse nuclear material and will less likely be used to proliferate nuclear weapon.

**Keywords:** Proliferation Resistance, Safeguards, INPRO Methodology



# 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. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
2. Prof. Dr. Yanni Sudiyani (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
3. Dr. Toto Sudiro (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
4. Dr. Hishamuddin Husain (*Malaysian Nuclear Agency*), 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 1 (edisi Februari 2020).

Februari 2020

Redaksi

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