

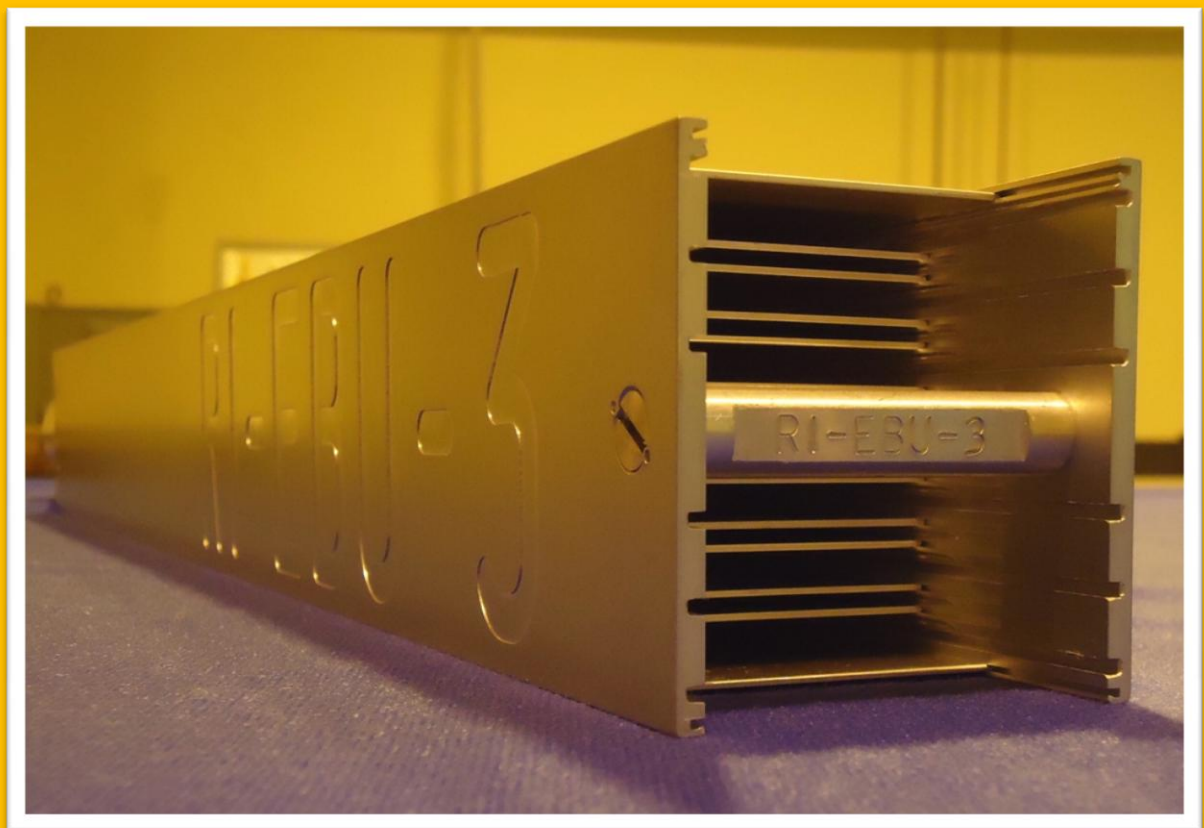
p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473  
Akreditasi No.21/E/KPT/2018  
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 25 No. 3

Oktober 2019



Elemen Bakar Uji

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

Urania	Vol. 25	No. 3	Hal :141-204	Serpong Oktober 2019	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	--------------	-------------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 25 No.3, Oktober 2019

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)

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 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 kehadiran Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" volume 25 No.3 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas masalah ilmu dan teknologi bahan yang ditulis dengan judul Percobaan Pembuatan Pelat Elemen Bakar U-7Mo-xSi/Al. Penelitian pembuatan pelat elemen bakar mini U-7Mo-xSi/Al dalam rangka pengembangan bahan bakar dispersi densitas uranium tinggi dengan tujuan untuk mendapatkan parameter proses yang tepat. Alur proses dimulai dari pembuatan paduan U-7Mo-xSi ( $x= 1\%$ ,  $2\%$ , dan  $3\%$ ) menggunakan uranium deplesi dan dilanjutkan pembuatan serbuk U-7Mo-xSi, inti elemen bakar U-7Mo-xSi/Al, dan pelat elemen bakar U-7Mo-xSi/Al. Makalah berikutnya ditulis dengan judul Pengaruh *Tool Rotation Speed* Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Aluminium Paduan 6061-T6 Pada Proses *Friction Stir Welding*. Pengelasan aduk tekan merupakan proses pengelasan yang baru dikembangkan untuk mendapatkan parameter yang dapat menghasilkan sambungan las yang optimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar *tool* yang menjadi salah satu parameter penting dalam *friction stir welding* pada pelat aluminium paduan 6061-T6. Makalah berikutnya ditulis dengan judul Karakterisasi Mikrostruktur, Kekerasan, Komposisi Kimia dan Struktur Kristal Lapisan Pada Permukaan Baja. Baja dan paduannya digunakan sebagai bahan struktur komponen reaktor nuklir dan peralatan dukung fasilitas *hot cell*. Selama pengoperasiannya, bahan struktur mengalami tegangan tarik, tekan, dan gesek dalam lingkungan radiasi tinggi sehingga dapat menurunkan umur komponen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakter mikrostruktur, ketebalan, kekerasan, komposisi kimia dan struktur kristal lapisan pada permukaan baja. Makalah terakhir yang membahas masalah ilmu bahan ditulis dengan judul Pengaruh Diameter *Nozzle* Terhadap Diameter Gel Pada Proses Gelasi Eksternal Kernel *Ceria Stabilized Zirconia* (CSZ). Dalam produksi partikel terlapis yang memenuhi persyaratan untuk bahan bakar reaktor gas temperatur tinggi, diperlukan produksi kernel yang memenuhi kendali kualitas dan jaminan mutu dari persyaratan kernel. Salah satu persyaratan kendali kualitas untuk kernel adalah kontrol diameter.

Topik kedua membahas masalah ilmu dan teknologi reaktor yang ditulis dengan judul Analisis Neutronik dan Termohidraulik Akibat Pengaruh Posisi Batang Kendali Terhadap Keselamatan Operasi Reaktor TRIGA 2000. Analisis parameter neutronik dan termohidraulik dari seluruh siklus operasi sangat penting untuk keselamatan operasi reaktor. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh posisi batang kendali terhadap parameter neutronik dan termohidraulik terkait keselamatan operasi reaktor TRIGA 2000 menggunakan bahan bakar silisida jenis MTR.

Topik ketiga membahas masalah pemodelan yang ditulis dengan judul Pemodelan dan Simulasi Kinerja Pin Uji Bahan Bakar PWR Menggunakan  $UO_2$  Diperkaya. Pemodelan dan simulasi pin uji dilakukan menggunakan kode komputer termomekanik FEMAXI-6. Dari simulasi ini diharapkan diperoleh data mengenai pengaruh tingkat pengayaan bahan bakar, *fluks neutron* yang diterima pin uji, durasi iradiasi dan tingkat pencapaian *burn-up* pada awal terjadinya kontak antara pelet  $UO_2$  dengan kelongsong *zircaloy* pada pin uji

Akhir kata, semoga jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" ini bermanfaat bagi masyarakat Indonesia umumnya dan khususnya bagi pengembangan IPTEK Daur Bahan Bakar Nuklir. Selamat menyimak.

Oktober , 2019  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 25 No. 3, Oktober 2019

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Percobaan Pembuatan Pelat Elemen Bakar U-7Mo-xSi/Al (Supardjo, Agoeng Kadarjono, Isfandi, Yatno Dwi Agus Susanto, Setia Permana, Guswardani)	:	141-152
Pengaruh <i>Tool Rotation Speed</i> Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Aluminium Paduan 6061-T6 Pada Proses <i>Friction Stir Welding</i> (Tarmizi, Riki Indrawan, Irfan)	:	153-164
Karakterisasi Mikrostruktur, Kekerasan, Komposisi Kimia dan Struktur Kristal Lapisan Pada Permukaan Baja (Sungkono, Maman Kartaman Ajiriyanto, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit)	:	165-172
Pengaruh Diameter <i>Nozzle</i> Terhadap Diameter Gel Pada Proses Gelasi Eksternal Kernel <i>Ceria Stabilized Zirconia (CSZ)</i> (Kristanty Nurwidyaningrum, Wahyudi Budi Sediawan, Indra Perdana)	:	173-182
Analisis Neutronik dan Termohidraulik Akibat Pengaruh Posisi Batang Kendali Terhadap Keselamatan Operasi Reaktor TRIGA (Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Iman Kuntoro)	:	183-192
Pemodelan dan Simulasi Kinerja Pin Uji Bahan Bakar PWR Menggunakan UO <sub>2</sub> Diperkaya. (Etty Mutiara, Winter Dewayatna, Tri Yulianto)	:	193-204

## ABSTRAK

Supardjo, Agoeng Kadarjono, Isfandi, Yatno Dwi Agus Susanto, Setia Permana, Guswardani. Vol. 25 No. 3, hal.141-152

**PERCOBAAN PEMBUATAN PELAT ELEMEN BAKAR U-7Mo-xSi/Al DALAM UKURAN MINI.** Penelitian pembuatan pelat elemen bakar mini U-7Mo-xSi/Al dalam rangka pengembangan bahan bakar dispersi densitas uranium tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan parameter proses yang tepat sehingga diperoleh produk pelat elemen bakar mini U-7Mo-xSi/Al yang memenuhi spesifikasi. Alur proses dimulai dari pembuatan paduan U-7Mo-xSi (x= 1%, 2%, dan 3%) menggunakan uranium deplesi dan dilanjutkan pembuatan serbuk U-7Mo-xSi, inti elemen bakar U-7Mo-xSi/Al, dan pelat elemen bakar U-7Mo-xSi/Al. Untuk mengetahui kualitas maka selama proses berlangsung diikuti analisis/pengujian yang meliputi bahan baku, dan produk dari setiap akhir tahapan proses dengan jenis uji sesuai yang diterapkan pada proses pembuatan bahan bakar tipe pelat. Produk ingot paduan U-7Mo-xSi, serbuk U-7Mo-xSi, dan IEB U-7Mo-xSi/Al cukup baik dan memenuhi spesifikasi sehingga hal ini menunjukkan bahwa parameter proses yang diterapkan sudah sesuai, namun untuk pelat elemen bakar yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan terutama ketebalan kelongsongnya masih terdapat beberapa titik pengukuran yang ketebalannya <0,25 mm. Untuk mendapatkan ketebalan kelongsong sebagaimana yang dipersyaratkan tersebut perlu dilakukan pengulangan dengan mencoba parameter pengerolan yang lain atau mengganti material kelongsong yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi.

**Kata kunci:** Bahan bakar paduan U-7Mo-xSi, densitas uranium tinggi, reaktor riset.

Tarmizi, Riki Indrawan, Irfan. Vol. 25 No. 3, hal.153-164

**PENGARUH TOOL ROTATION SPEED TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN ALUMINIUM PADUAN 6061 T6 PADA PROSES FRICTION STIR WELDING.** Pengelasan aduk tekan merupakan proses pengelasan yang baru dikembangkan pada tahun 1991, hingga saat ini berbagai penelitian terus dilakukan untuk menemukan parameter yang dapat menghasilkan sambungan las yang optimum sebagai alternatif proses pengelasan fusi yang masih memiliki beberapa kekurangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar tool yang menjadi salah satu parameter penting dalam friction stir welding pada pelat aluminium paduan 6061-T6 dengan tebal 6 mm terhadap sifat mekanik sambungan las, dengan variasi kecepatan putar yang digunakan 910 rpm, 1175 rpm, 1555 rpm, 1700 rpm dan 2000 rpm untuk mendapatkan parameter yang optimum. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa sambungan las dengan kecepatan putaran 910 rpm, 1175 rpm dan 1555 rpm tidak terdapat cacat dan memenuhi kriteria sambungan las berdasarkan standar AWS D17.3 sedangkan sambungan las yang memiliki sifat mekanik yang paling optimum yaitu sambungan las dengan kecepatan putar tool 910 rpm karena pengkasaran butir dan larutnya presipitat tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan kecepatan putaran lainnya

**Kata kunci:** Pengelasan aduk tekan, pengelasan fusi, kecepatan putar, tool, Aluminium paduan 6061-T6

Sungkono, Maman Kartaman Ajriyanto, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 25 No. 3, hal. 165-172

**KARAKTERISASI MIKROSTRUKTUR, KEKERASAN, KOMPOSISI KIMIA DAN STRUKTUR KRISTAL LAPISAN PADA PERMUKAAN BAJA.** Baja dan paduannya digunakan sebagai bahan struktur komponen reaktor nuklir dan peralatan dukung fasilitas *hot cell*. Selama pengoperasian reaktor nuklir atau fasilitas *hot cell*, bahan struktur mengalami tegangan tarik, tekan, dan gesek dalam lingkungan radiasi tinggi sehingga dapat menurunkan umur komponen. Salah satu solusi yang digunakan adalah pelapisan permukaan baja dengan bahan pelapis yang mempunyai kekerasan, ketahanan korosi dan aus tinggi. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan karakter mikrostruktur, ketebalan, kekerasan, komposisi kimia dan struktur kristal lapisan pada permukaan baja. Metode yang digunakan adalah pengamatan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik, kekerasan dengan *vickers microhardness tester*, komposisi kimia dengan *spark spectrometer* dan struktur lapisan permukaan baja dengan difraktometer sinar-X (XRD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikrostruktur *base metal* terdiri dari butiran ekuiaksial halus dengan fasa ferit dan perlit, antarmuka logam-lapisan terlihat jelas, serta lapisan kompak dan homogen dengan ketebalan rerata 624,071  $\mu\text{m}$ . Kekerasan lapisan adalah 943 VHN. Dari komposisi kimia diketahui *base metal* adalah baja karbon S45C, sedangkan lapisan permukaan berupa senyawa stabil khrom oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dengan struktur kristal heksagonal.

**Kata kunci:** lapisan permukaan, baja, mikrostruktur, kekerasan, komposisi kimia, struktur kristal.

Kristanty Nurwidyaningrum, Wahyudi Budi Sediawan, Indra Perdana. Vol. 25 No. 3, hal.173-182

**PENGARUH DIAMETER NOZZLE TERHADAP DIAMETER GEL PADA PROSES GELASI EKSTERNAL KERNEL CERIA STABILIZED ZIRCONIA (CSZ).** Pengembangan teknologi bahan bakar nuklir diperlukan untuk dapat membuat bahan bakar sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan. Dalam produksi partikel terlapis yang memenuhi persyaratan untuk bahan bakar reaktor gas temperatur tinggi, diperlukan produksi kernel yang memenuhi kendali kualitas dan jaminan mutu dari persyaratan kernel. Salah satu persyaratan kendali kualitas untuk kernel adalah kontrol diameter. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan diameter *nozzle* sehingga dapat memprediksi ukuran butiran gel yang diperoleh dari proses gelasi eksternal dengan mengkorelasikan variabel densitas umpan, viskositas umpan, tegangan muka larutan umpan dan diameter *nozzle* secara kuantitatif dengan metode analisis dimensi dalam bentuk bilangan tidak berdimensi. Pembuatan kernel CSZ dilakukan dengan penyiapan larutan umpan. Larutan umpan terdiri dari campuran  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  dan  $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ , urea, *tetrahydrofurfuryl alcohol* (THFA) dan *poly vinyl alcohol* (PVA). Proses gelasi eksternal dilakukan dengan cara meneteskan larutan umpan ke dalam kolom gelasi yang berisi medium ammonium hidroksida sehingga terbentuk gel CSZ. Pembentukan droplet terjadi pada saat larutan umpan melewati *nozzle*. Diameter gel yang terbentuk dapat dihitung dengan mengkorelasikan diameter *nozzle* dan sifat fisis dari larutan umpan menggunakan analisis dimensi. Diameter gel hasil eksperimen diukur dengan menggunakan mikroskop optik. Diameter gel yang diperoleh dari persamaan bilangan tak berdimensi menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan diameter gel eksperimen, walaupun terdapat beberapa penyimpangan hasil yang diperoleh. Dari diameter gel eksperimen dan persamaan bilangan tak berdimensi menunjukkan bahwa diameter *nozzle* berbanding lurus dengan diameter gel.

**Kata Kunci** : gelasi eksternal, diameter, *nozzle*.

Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Iman Kuntoro. Vol. 25 No. 3, hal. 183-192

**ANALISIS NEUTRONIK DAN TERMOHIDRAULIK PENGARUH POSISI BATANG KENDALI TERHADAP KESELAMATAN OPERASI REAKTOR TRIGA 2000.** Analisis parameter neutronik dan termohidraulik dari seluruh siklus operasi sangat penting untuk keselamatan operasi reaktor. Selama siklus operasi reaktor, posisi batang kendali akan berubah karena perubahan reaktivitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi batang kendali terhadap parameter neutronik dan termohidraulik terkait keselamatan operasi reaktor TRIGA 2000 menggunakan bahan bakar silisida jenis MTR. Parameter yang ditentukan adalah faktor puncak daya, koefisien reaktivitas, dan parameter termohidraulika pada keadaan tunak. Perhitungan neutronik dilakukan menggunakan kombinasi program WIMSD/5 dan Batan-3DIFF dan untuk termohidraulik dilakukan menggunakan program WIMSD/5 dan MTRDYN. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai koefisien reaktivitas negatif untuk semua posisi batang kendali baik pada kondisi CZP dan HFP. Nilai MTC berkurang ketika batang kendali dimasukkan ke teras aktif sementara nilai FTC meningkat. Hasil ppf total dan parameter dalam kondisi tunak meningkat dengan memasukkan batang kendali ke dalam teras aktif dimana nilai maksimum terjadi pada posisi batang kendali 20 cm dari bagian bawah teras aktif. Hasil perhitungan ppf, koefisien reaktivitas dan parameter termohidraulik berada di bawah batas keselamatan, ini menunjukkan bahwa reaktor TRIGA 2000 dapat menggunakan bahan bakar silisida  $U_3Si_2-Al$  dengan aman sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar jenis silinder.

**Kata kunci**: neutronik, parameter termohidraulik, efek batang kendali, TRIGA 2000, bahan bakar silisida.

Etty Mutiara, Winter Dewayatna, Tri Yulianto. Vol. 25 No. 3, hal. 193-204

**PEMODELAN DAN SIMULASI KINERJA PIN UJI BAHAN BAKAR PWR DENGAN  $UO_2$  DIPERKAYA.** Pemodelan dan simulasi pin uji bahan bakar PWR telah dilakukan menggunakan kode komputer termomekanik FEMAXI-6. Simulasi dilakukan untuk memprediksi kinerja pin uji dengan variasi pengayaan pelet  $UO_2$ . Dari simulasi ini diharapkan akan diperoleh data mengenai pengaruh tingkat pengayaan bahan bakar, fluks neutron yang diterima pin uji, durasi iradiasi dan tingkat pencapaian *burn-up* pada awal terjadinya kontak antara pelet  $UO_2$  dengan kelongsong *zircaloy* (*pellet cladding mechanical interaction*, PCMI) pada pin uji. Data tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai panduan pada perencanaan eksperimen iradiasi di reaktor RSG GAS Batan Serpong. Data masukan yang diterima kode FEMAXI-6 adalah geometri dan jenis material yang akan diiradiasi serta parameter kondisi iradiasi seperti *flux neutron* atau *linear heat rate*. Selanjutnya dilakukan perhitungan perpindahan panas, distribusi temperatur, lepasan gas hasil fisi serta tekanan di dalam pin bahan bakar untuk seluruh panjang bahan-bakar dalam pin uji. Distribusi temperatur yang dihasilkan dari modul analisis termal digunakan pada modul analisis mekanik rinci (PCMI, lebar gap). Hasil simulasi menunjukkan kecenderungan bahwa semakin besar tingkat pengayaan uranium dalam pelet  $UO_2$ , semakin cepat kontak pelet-kelongsong terjadi pada penggunaan tingkat pembangkitan daya yang relatif sama, tetapi dengan masukan *Linear Heat Rate* yang tinggi. PCMI belum terjadi pada iradiasi uranium alam untuk pencapaian 100% *burn-up* dengan daya penuh sedangkan pada pelet  $UO_2$  diperkaya 5%, PCMI telah terjadi pada 900 jam iradiasi meskipun tingkat dayanya sudah diturunkan menjadi separuhnya dengan pencapaian *burn-up* sekitar 4%.

**Kata kunci** : PRTE, simulasi, pin PWR, FEMAXI, unjuk kerja

---

**ABSTRACT**

Supardjo, Agoeng Kadarjono, Isfandi, Yatno Dwi Agus Susanto, Setia Permana, Guswardani. Vol. 25 No. 3, pp.141–152

**EXPERIMENT ON THE FABRICATION OF U-7Mo-xSi/Al MINI FUEL PLATES.** The purpose of this study is to obtain the optimized process parameters in the fabrication of a U-7Mo-xSi/Al mini plate complying with the specifications. The process flow started with synthesizing U-7Mo-xSi alloys ( $x = 1\%$ ,  $2\%$ , and  $3\%$ ) using depleted uranium and continued to preparing U-7Mo-xSi powder, U-7Mo-xSi/Al fuel core, and U-7Mo-xSi/Al fuel element plates. The quality of the product was determined by analyses/tests including tests of raw materials and products from each end of the process by the appropriate type of test which is commonly applied to the manufacturing process of plate type fuel. The quality of U-7Mo-xSi alloy ingots, U-7Mo-xSi powder, and U-7Mo-xSi/Al fuel core was satisfactorily good and in compliance with the specifications, indicating that the applied process parameters were appropriate. The obtained fuel element plates, however, have not satisfied the requirements especially the thickness of the cladding, where there are still several measurement points whose thickness is  $<0.25$  mm. To obtain cladding thickness according to the required specifications, it is necessary to experiment with other rolling parameters or replacing the cladding material with material of higher hardness.

**Keywords:** The U-7Mo-xSi fuel alloy, high uranium density, research reactor

Tarmizi, Riki Indrawan, Irfan. Vol. 25 No. 3, pp.153–164

**THE EFFECT OF TOOL ROTATION SPEED ON MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOY 6061-T6 DURING FRICTION STIR WELDING PROCESS.** Friction stir welding is a newly developed welding process in 1991, and various studies have been continuously conducted to determine parameters that can produce optimum welded joints as an alternative to fusion welding process which still shows some imperfections. The purpose of this research is to determine the effect of tool rotation speed, which is one of the important parameters in friction stir welding of 6061-T6 aluminum alloy plate with 6 mm thickness, on mechanical properties of the welded joints, where variation of rotation speed applied was 910 rpm, 1175 rpm, 1555 rpm, 1700 rpm and 2000 rpm. The results show that the welded joint resulted from a speed of 910 rpm, 1175 rpm and 1555 rpm indicate no defects and satisfy the acceptance criteria of AWS D17.3 standard. The most optimum mechanical characteristic was found for welded joint with rotation tool speed of 910 rpm because grain coarsening and dissolution of precipitate were not too significant when compared to other rotational speeds.

**Keywords:** Friction Stir Welding (FSW), fusion welding, rotational speed, tool, aluminium alloy 6061-T6

Sungkono, Maman Kartaman Ajiriyanto, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 25 No. 3, pp. 165–172

**CHARACTERIZATION OF MICROSTRUCTURE, HARDNESS, CHEMICAL COMPOSITION AND CRYSTAL STRUCTURE OF LAYERS ON STEEL SURFACE.** Steel and alloys are used as structural material for nuclear reactor components and supporting equipments of hot cells. During the operation of nuclear reactors or hot cell facilities, structural materials suffer from tensile, compressive, and frictional stresses in high radiation environments and thus reduce the life time of the components. One solution for this issue is surface coating of steel with materials having high hardness, corrosion and wear resistance. The aim of this research is to obtain the characteristics of microstructure, thickness, hardness, chemical composition and crystal structure of layers on steel surface. The method used was observation with optical microscope for microstructure, vickers microhardness tester for hardness, spark spectrometry for chemical composition and X-ray diffractometry for crystal structure. The results shows that the base metal microstructure consists of fine equiaxial grains with ferrite and pearlite phases, where the metal-layer interface is clearly visible, and the compact and homogeneous layer has an average thickness of  $624.071 \mu\text{m}$ . The hardness of the layer is 943 VHN. From the chemical composition it is identified that the base metal is S45C carbon steel, and the surface layer is a stable compound of chromium oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) with hexagonal crystal structure.

**Keywords :** surface layer, steel, microstructure, hardness, chemical composition, crystal structure

Kristanty Nurwidyaningrum, Wahyudi Budi Sediawan, Indra Perdana. Vol. 25 No. 3, pp.173–182

**THE EFFECT OF NOZZLE DIAMETER ON GEL DIAMETER IN EXTERNAL GELATION PROCESS OF CERIA STABILIZED ZIRCONIA (CSZ) KERNEL.** In the production of coated particles that meet the requirements for high temperature gas reactor fuels, one of quality control requirements for the kernel is diameter control. The study was conducted by varying the diameter of the nozzle for predicting the size of gel diameter obtained from external gelation process by correlating variables of feed density, feed viscosity, feed solution tension and nozzle diameter quantitatively with dimensional analysis method in the form of dimensionless numbers. Fabrication of CSZ kernel was done by preparing the feed solution, which consists of a mixture of  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , urea, tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA) and poly vinyl alcohol (PVA). External gelation is performed by dripping sol feed solution through a nozzle into gelation column containing ammonium hydroxide solution to form CSZ gel. Droplet formation occurs when the feed solution passes by the nozzle. The diameter of the gel formed can be calculated by correlating nozzle diameter and physical properties of the feed solution using dimensional analysis. Gel diameter of the experimental results was measured using an optical microscope. The diameter of the gel obtained from the dimensionless number equation shows results that are not too different from the diameter of the experimental gel with some deviations in the data. Data of diameter measurement of experimental gel and data of calculation by dimensionless equation show that diameter of the nozzle is directly proportional to diameter of the obtained gel.

**Keywords:** external gelation, diameter, nozzle.

Surian Pinem, Tukiran Surbakti, Iman Kuntoro. Vol. 25 No. 3, pp. 183-192

**NEUTRONIC AND THERMAL HYDRAULICS ANALYSIS OF CONTROL ROD EFFECT ON THE OPERATION SAFETY OF TRIGA 2000 REACTOR.** Analysis of neutronic and thermal-hydraulics parameters of whole operation cycle is very important for the safety of reactor operation. During the reactor operation cycle, the position of the control rods will change due to reactivity changes. The purpose of this study is to determine the effect of control rods position on neutronic and thermal-hydraulics parameters in relation to the safety of reactor operation of the TRIGA 2000 reactor using silicide fuel of MTR plate type. Those parameters are power peaking factor, reactivity coefficients, and steady-state thermohydraulic parameters. Neutronic calculations are performed using a combination of WIMSD/5 and Batan-3DIFF codes and for thermal-hydraulics the calculations are done using WIMSD/5 and MTRDYN codes. The calculation results show that the reactivity coefficient values are negative for all control rod positions both at CZP and HFP conditions. The MTC value decreases when the control rod is inserted into the active core while the FTC value increases. The total ppf results and temperature in steady-state rise when the control rods are inserted of into the active core whereby the maximum value occurs at the position of the control rods of 20 cm from the bottom of the active core. The calculation results of ppf, reactivity coefficient, and thermal-hydraulics parameters lay below safety limits, indicating that the TRIGA 2000 reactor can safely use  $U_3Si_2$ -Al silicide fuel as a substitute fuel for cylindrical type fuel.

**Keywords:** neutronic, thermal-hydraulic parameter, control rod effect, TRIGA 2000, silicide fuel.

Etty Mutiara, Winter Dewayatna, Tri Yulianto. Vol. 25 No. 3, pp. 193-204

**MODELING AND SIMULATION PERFORMANCE OF ENRICHED  $UO_2$  PWR FUEL PIN TEST.** Modeling and simulation of irradiation of PWR type test fuel of mini pin in RSG GAS reactor has been done using thermomechanics computer code of FEMAXI-6. The simulation was conducted by varying fuel enrichment under irradiation to predict fuel performance. The expected result from the simulation is the availability of simulation data on fuel behavior under simulated irradiation with different enrichment, neutron fluxes along the fuel, length of time and burn-up level at the beginning of contact between fuel pellets and cladding (Pellet-Cladding Mechanical Interaction, PCMI). The simulation data will provide valuable information for real irradiation experiment planning in RSG GAS reactor. The input for the simulation includes geometry and materials and operation condition such as neutron fluxes and linear heat rate. The calculations include heat generated by the fuel, heat transferred out of the fuel, axial and radial distribution of temperatures along the fuel, fission gas release and also pressure generated in fuel pin for whole length of the fuel pin. Temperature distribution calculation from thermal analysis module is applied to detailed mechanical analysis module to calculate gap width between the pellet and the cladding. The simulation shows a trend for reduction of contact time between fuel and cladding with increasing enrichment level at a same reactor power level because higher enrichment will cause higher linear heat rate. While PCMI does not occur on natural uranium fuel even for 100% burnup at full power level, fuel pin containing 5% enriched uranium causes the occurrence PCMI at 900 hours of irradiation despite a reduce of power level by half with only 4% burnup.

**Keywords:** PRTF, simulation, PWR pin, FEMAXI, fuel performance.



## INDEKS SUBJEK

6061-T6	153	Pengelasan fusi	153
AISI 304	18, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 171	Penukar anion	93, 95, 96, 97, 102, 144
AVR	45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 130	<i>Perisai biologis</i>	34
<i>Bahan bakar silisida</i>	184	Pin PWR	193, 195
<i>Bentonit</i>	20	PRTF	193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203
COOLOD-N2	59, 60, 61, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71	RDE	40, 42, 43, 45, 46, 47, 57, 58, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139
Cs <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>	103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112	<i>Sensitivitas</i>	60
<i>Efek batang kendali</i>	184	Senyawa lapisan	71
FEMAXI	193, 194, 195, 196, 200, 202, 203	Spektrometer-γ	103, 107, 115, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124
Gelasi eksternal	173, 175, 176, 179, 181	Standar sekunder	115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124
<i>Heathyd</i>	59, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70	<i>Superalloy</i>	81
HTGR 10 MWth	34	<i>Termohidraulik</i>	184
Isotermal	1	<i>Thorium</i>	31, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 139, 140
Isotop <sup>137</sup> Cs	103, 118, 123	TiO <sub>2</sub>	20
Kromatografi	93, 96	TI-208	127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138
<i>Laju Dosis Gamma</i>	34	TRIGA	60
<i>Neutronik</i>	60, 184	TRIGA 2000	43, 59, 60, 62, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191
<i>Nozzle</i>	173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181	TRISO	36, 37, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 129, 175
Oksidasi siklik	81, 84, 85, 86, 87, 88	U-7Mo-xSi	141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151
PARET-ANL	59, 60, 61, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71	Wolfram	81
PEB U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al	93, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 122, 123, 124, 125	Yttrium	1
<i>Pebble</i>	34, 35, 36, 37, 43, 47, 48, 50, 55, 56, 57, 129, 130, 139	Zircaloy-4	1
Pengelasan aduk tekan	153		

---

**INDEKS PENULIS**

Adam Aprilindra	81	Lutfi Aditya Hasnowo	19
Agoeng Kadarjono	141	Maman Kartaman Ajiriyanto	165
Aisyah	45	Mirawaty	45
Amir Hamzah	33	Noviarty	93, 115
Arif Nugroho	103, 115	Perdana Immanuel	1
Aslina Br.Ginting	93, 103, 115	Pradoto Ambardi	1, 81
Boybul	93, 103, 115	R. Andika Putra Dwijayanto	127
Djoko Hadi Prajitno	1, 9, 81	Riki Indrawan	153
Dwi Luhur Ibnu Saputra	45	Risdiyana Setiawan	45
Elza Jamayanti	19	Rohmad Sigit	165
Endiah Puji Hastuti	59	Rosika Kriswarini	103
Entin Hartini	33	Setia Permana	141
Etty Mutiara	193	Sri Ismarwanti	165
Gatot Wurdianto	115	Sungkono	71, 165
Guswardani	141	Supardjo	141
Hermawan Chandra	115	Surian Pinem	183
Hery Adrial	33	Surip Widodo	59
Ihda Husnayani	127	Sutri Indaryati	103
Iis Haryati	93, 103	Syamsul Fatimah	93
Ihwanul Aziz	71	Tarmizi	153
Iman Kuntoro	183	Tri Yulianto	193
Indra Perdana	173	Tukiran Surbakti	183
Irfan	153	Wahyudi Budi Sediawan	173
Isfandi	71, 141	Winter Dewayatna	193
Jan Setiawan	9, 71	Yanlinastuti	93, 115
Kris Tri Basuki	19	Yatno Dwi Agus Susanto	141
Kristanti Nurwidyaningrum	173	Zuhair	127

# 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/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. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
2. Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
3. Dr. Toto Sudiro (LIPI) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
4. Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
5. Daisman P.B. Aji, ST, PhD (Universitas Trisakti) mempunyai kepakaran dalam bidang material.
6. Ir. Tagor Malem Sembiring (BATAN) mempunyai kepakaran dalam bidang fisika reaktor
7. 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 25 No.3 (edisi Oktober 2019).

Oktober 2019

Redaksi

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