

p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473

Akreditasi No: 595/AU3/P2MI-LIP/03/2015

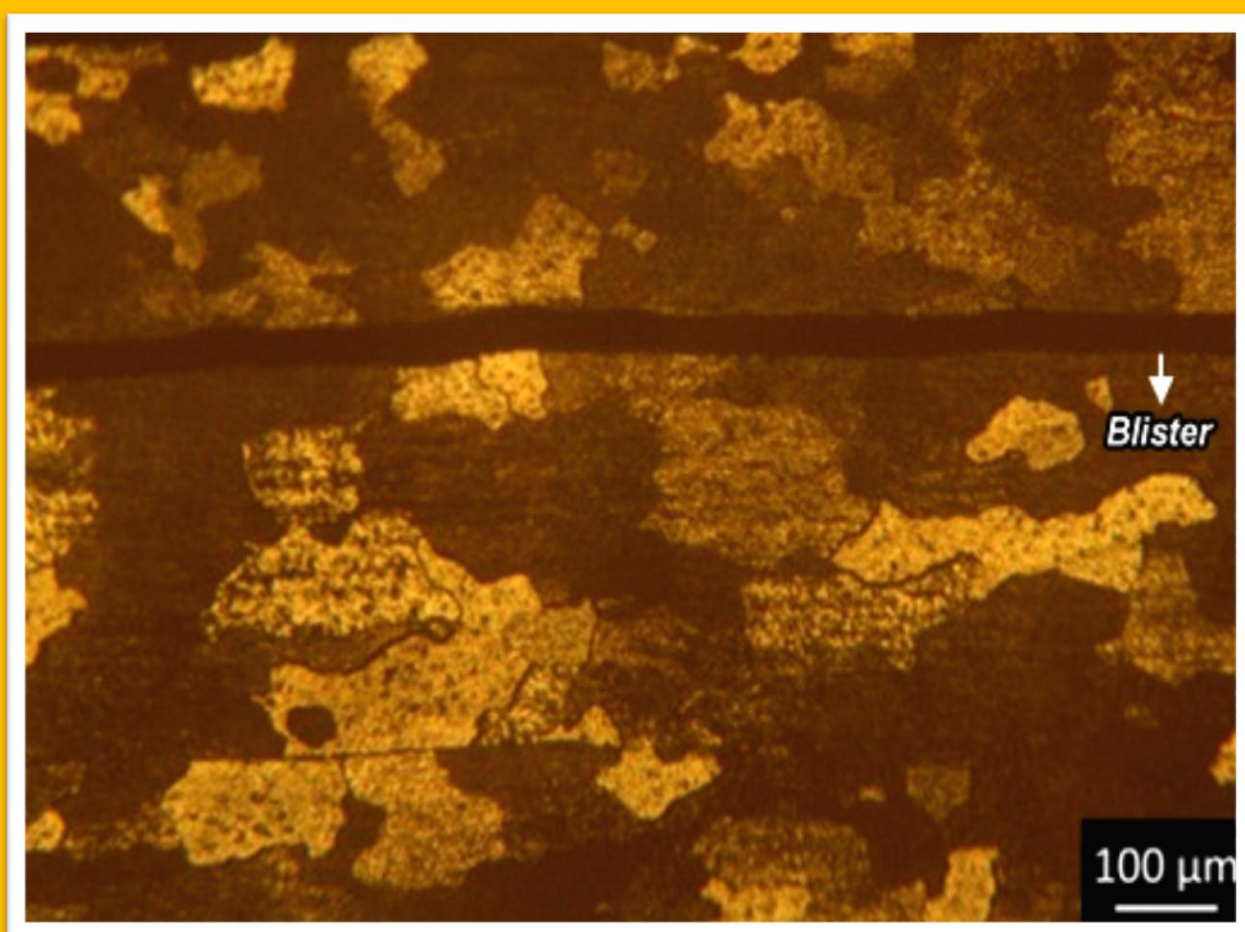
Berlaku s/d April 2018

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 23 No. 3

Oktober 2017



*Cacat Blister Pada Kelongsong AlMg<sub>2</sub>*

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

Urania	Vol. 23	No. 3	Hal : 139-204	Serpong Oktober 2017	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	---------------	-------------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 23 No.3, Oktober 2017

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**

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

### **Pemimpin Redaksi Pelaksana Merangkap Penyunting Ahli**

Ir. Masrukan, MT (Teknik Material, BATAN)

### **Penyunting Ahli**

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

Prof. Dr. Sigit (Kimia, BATAN)

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

Ir. Futichah, M.T (Metalurgi, BATAN)

Dr. Jan Setiawan (Material, BATAN)

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

### **Penyunting Mitra Bestari**

Prof. Dr.Ir.Agus Taftazani (Kimia Lingkungan, BATAN)

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

Dr. Muhammad Subekti (Sistem Reaktor, BATAN)

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

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

### **Pemeriksa Naskah**

Yanlinastuti, S.Si

Waringin Margi Yusmaman, S.ST

### **Sekretaris**

Dwi Agus Wrihatno, S.Kom

---

### **Penerbit**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN), BATAN

---

### **Alamat Redaksi**

PTBBN, BATAN

Kawasan Puspipetek Serpong 15314

Telp. 021-756-0915

Faks.021-756-0909

E-mail:urania@batan.go.id

---

## PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" Vol. 23 No.3 dapat hadir ke hadapan pembaca. Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir terbit secara periodik setiap empat bulan sekali mulai tahun 2011. Periode penerbitan berturut-turut, yaitu periode Februari, Juni dan Oktober.

Topik pertama dalam jurnal ini menampilkan masalah teknologi bahan yaitu bahan bakar reaktor riset yang ditulis dengan judul Identifikasi Fasa Pada Pelet Bahan Bakar U-ZrH<sub>x</sub> Hasil Proses Sinter Dengan Atmosfer Nitrogen. Proses sinter ini dimaksudkan untuk mendapatkan pelet yang mempunyai densitas lebih tinggi sehingga memenuhi persyaratan sebagai bahan bakar dalam reaktor PWR (*Pressurized Water Reactor*). Bahan bakar PWR pelet U-ZrH<sub>x</sub> perlu disinter untuk menaikkan densitasnya. Pelet U-ZrH<sub>x</sub> mentah disinter dalam suasana gas nitrogen pada temperatur 1200 °C dan 1300 °C dengan waktu sinter selama satu jam. Makalah berikutnya masih berkaitan dengan teknologi bahan yaitu bakar reaktor riset yang ditulis dengan judul Analisis Cacat *Blister* Pada Kelongsong Bahan Bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Menggunakan *Ultrasonic Test*. Terbentuknya cacat pada bahan bakar setelah digunakan di dalam reaktor tidak diinginkan, karena dapat mempengaruhi unjuk kerja bahan bakar sehingga perlu dilakukan uji pascairadiasi untuk menjamin integritas bahan bakar. Uji tak merusak menggunakan *ultrasonic test* adalah salah satu metode alternatif untuk melakukan uji pascairadiasi yang bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat *blister* pada kelongsong bahan bakar nuklir tipe pelat. Masih berkaitan dengan teknologi bahan, makalah berikutnya ditulis dengan judul Karakteristik Daktilitas SS304 Yang Teroksidasi Pada Temperatur Tinggi. Dalam industri nuklir, SS-304 merupakan kandidat kelongsong bahan bakar reaktor daya *Supercritical Water-cooled Reactor (SCWR)* dan *Lead-cooled Reactor (LFR)*. Perlakuan panas pada SS-304 dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh karakteristik mekanik tertentu sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Makalah berikutnya menampilkan tulisan yang berkaitan dengan teknologi bahan yaitu bahan bakar reaktor daya yang ditulis dengan judul Pengaruh Hidrogen Terhadap Kekuatan Tarik Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Berbasis Paduan Zirkonium. Selama operasi reaktor nuklir, kelongsong *zircaloy-4 (Zr-4)* berada dalam lingkungan yang berpotensi menimbulkan kegagalan mekanik, terutama akibat interaksinya dengan hidrogen. Teknik pengujian tarik *ring* yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh keberadaan hidrida terhadap kekuatan tarik kelongsong Zr-4.

Topik kedua berkaitan dengan ilmu kimia yaitu masalah kelongsong bahan bakar reaktor daya yang ditulis dengan judul Analisis Korosi Paduan Zirlo-Mo Menggunakan Metode Polarisasi. Salah satu parameter yang harus dipenuhi dan ditingkatkan sebagai kelongsong bahan bakar nuklir adalah sifat ketahanan korosi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan menentukan ketahanan korosi paduan Zirlo-Mo dalam media NaCl. Makalah terakhir dalam jurnal ini, ditampilkan dengan judul Pengaruh Penambahan Ion Sulfat Terhadap Rekoveri Pemisahan Uranium Menggunakan Metode Kolom Penukar Anion. Pada penelitian sebelumnya telah diperoleh rekoveri pemisahan uranium sebesar 68,2137% dengan metode kolom penukar anion menggunakan pelarut HCl 12M. Dalam usaha untuk meningkat rekoveri tersebut maka dilakukan optimasi parameter pemisahan uranium dengan pelarut campuran HCl dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

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, 2017  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 23 No. 3, Oktober 2017

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Identifikasi Fasa Pelet Bahan Bakar U-ZrH <sub>x</sub> Hasil Proses Sinter Dengan Atmosfer Nitrogen (Masrukan, Jan Setiawan)	:	139-152
Analisis Cacat <i>Blister</i> pada Kelongsong Bahan Bakar U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> /Al Menggunakan <i>Ultrasonic test</i> (Muhammad Fauzi, Roziq Himawan, Helmi Fauzi Rahmatullah, Setia Permana, Antonio Gogo)	:	153-164
Karakteristik Daktilitas SS304 Yang Teroksidasi Pada Temperatur Tinggi (Jan Setiawan, Sungkono)	:	165-174
Pengaruh Hidrogen Terhadap Kekuatan Tarik Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Berbasis Paduan Zirkonium (Rohmad Sigit, Fajar Al Afghani, Jan Setiawan, Sungkono)	:	175-182
Analisis Korosi Paduan Zirlo-Mo Menggunakan Metode Polarisasi (Maman Kartaman Ajiriyanto, Dian Anggraini, Rosika Kriswarini)	:	183-194
Pengaruh Penambahan Ion Sulfat Terhadap Rekoveri Pemisahan Uranium Menggunakan Metode Kolom Penukar Anion (Boybul, Yanlinastuti, Dian Anggraini, Aslina Br Ginting, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini)	:	195-204

## ABSTRAK

Masrukan, Jan Setiawan, Dwi Biyantoro. Vol.23 No. 3, hal.139-152

**IDENTIFIKASI FASA PADA PELET BAHAN BAKAR U-ZrH<sub>x</sub> HASIL PROSES SINTER DENGAN ATMOSFER NITROGEN.** Identifikasi fasa bahan bakar pelet U-ZrH<sub>x</sub> hasil proses *sintering* dengan atmosfer nitrogen telah dilakukan. Proses *sintering* ini dimaksudkan untuk mendapatkan pelet yang mempunyai densitas lebih tinggi sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam reaktor PWR (*Pressurized Water Reactor*). Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui perubahan fasa dan densitas pelet U-ZrH<sub>x</sub> pada berbagai konsentrasi Zr setelah proses *sintering* pada berbagai temperatur. Bahan bakar PWR dari U-ZrH<sub>x</sub> berbentuk pelet perlu disinter untuk menaikkan densitasnya. Mula-mula dibuat pelet dari serbuk U-ZrH<sub>x</sub> dengan komposisi Zr berturut-turut sebesar 35, 45 dan 55 % berat melalui proses pengepresan pada tekanan 509-637 MPa. Pelet U-ZrH<sub>x</sub> mentah disinter dalam suasana gas nitrogen pada temperatur 1200 °C dan 1300 °C dengan waktu sinter dibuat tetap selama satu jam. Pelet U-ZrH<sub>x</sub> sinter dianalisis fasanya menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) dan data yang diperoleh dievaluasi menggunakan *software HighScore Plus*. Hasil pengolahan menggunakan *software HighScore Plus* menunjukkan terbentuknya fasa-fasa seperti fasa U(ZrH<sub>2</sub>), UO<sub>3</sub>, UO<sub>2</sub> dan Zr. Fasa UO<sub>2</sub> dan Zr kemudian dianalisis karakteristiknya seperti densitas, parameter kisi dan prosentase beratnya. Dalam percobaan ini diinginkan terbentuknya U-ZrH<sub>x</sub> yang mempunyai densitas tinggi tanpa terbentuknya banyak fasa. Hasil pengujian densitas diperoleh bahwa logam zirkonium dan oksida UO<sub>2</sub> mengalami penurunan densitas apabila temperatur *sintering* dinaikkan dari 1200 menjadi 1300 °C, sedangkan parameter kisinya mengalami kenaikan. Sementara itu dari perhitungan persen berat diperoleh bahwa persen berat logam zirkonium maupun uranium dioksida diperoleh hasil yang lebih tepat/sesuai dengan teoritisnya (perhitungan) bila disinter pada temperatur 1300 °C. Pada temperatur *sintering* 1300 °C juga diperoleh persen logam zirkonium dan uranium dioksida yang lebih tinggi.

**Kata kunci:** *sintering*, pelet U-ZrH<sub>x</sub>, fasa, atmosfer, nitrogen.

Muhammad Fauzi, Roziq Himawan, Helmi Fauzi Rahmatullah, Setia Permana, Antonio Gogo.  
Vol.23 No. 3, hal.153-164

**ANALISIS CACAT BLISTER PADA KELONGSONG BAHAN BAKAR U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al MENGGUNAKAN ULTRASONIC TEST.** Integritas bahan bakar adalah salah satu aspek keselamatan yang harus dipertimbangkan selama reaktor nuklir beroperasi. Terbentuknya cacat pada bahan bakar setelah digunakan di dalam reaktor tidak diinginkan, karena dapat mempengaruhi unjuk kerja bahan bakar. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji pasca iradiasi untuk menjamin integritas bahan bakar. Uji tak merusak menggunakan *ultrasonic test* adalah salah satu metode alternatif untuk melakukan uji pasca iradiasi. Analisis ini bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat blister pada kelongsong bahan bakar nuklir tipe pelat. Pada uji pasca iradiasi menggunakan *ultrasonic test* perlu ditentukan parameter operasi agar diperoleh hasil yang akurat. Penentuan optimasi parameter *ultrasonic test* dilakukan terhadap kelongsong bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al yang terdapat cacat *blister*. Pengujian dilakukan menggunakan dua teknik yaitu teknik *pulse-echo* dan *through transmission*. Dari hasil pengujian diperoleh *display A-scan* berupa sebuah sinyal yang menunjukkan adanya cacat atau tidak. Tingginya sinyal tersebut kemudian dievaluasi sehingga diperoleh parameter optimal untuk penentuan adanya cacat. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa cepat rambat gelombang longitudinal di medium air diperoleh sebesar 1545 m/s. Jarak optimal antara *probe* terhadap benda uji dengan teknik *pulse-echo* adalah 20 mm. Jarak optimal antar kedua *probe* dengan teknik *through transmission* adalah 40 mm. Pengujian pada bagian *blister* dengan teknik *pulse-echo* terjadi penurunan sinyal luaran sebesar 19 %FSH, sedangkan dengan teknik *through transmission* terjadi penurunan sinyal luaran sebesar 80 %FSH. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa metode *ultrasonic test* dapat mendeteksi adanya *blister* pada pelat elemen bakar secara efektif. Dari kedua teknik yang digunakan untuk mendeteksi adanya cacat di dalam kelongsong bahan bakar diperoleh hasil bahwa teknik *through transmission* menunjukkan perbedaan sinyal luaran yang lebih jelas antara bagian normal dengan bagian blister pada kelongsong bahan bakar dibandingkan teknik *pulse-echo*. Parameter optimal dan teknik *through transmission* yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan cacat pada pelat elemen bakar pasca iradiasi.

**Kata Kunci :** *ultrasonic test*, kelongsong AlMg<sub>2</sub>, *blister*, *pulse-echo*, *through transmission*.

Jan Setiawan, Sungkono. Vol. 23 No. 3, hal.165-174

**KARAKTERISTIK DAKTILITAS SS304 YANG TEROKSIDASI PADA TEMPERATUR TINGGI.** Perubahan karakteristik kekerasan, kekuatan tarik dan daktilitas SS304 yang dikenai perlakuan panas pada temperatur tinggi dengan media udara telah dilakukan. Baja SS304 merupakan baja tahan karat yang memiliki berbagai keunggulan sehingga banyak digunakan di dunia industri. Pada penelitian ini digunakan sampel uji dari pipa SS304 dengan diameter 30 mm dipotong secara transversal sehingga berbentuk cincin dengan lebar 3 mm. Sampel dikenai proses oksidasi dengan pemanasan pada temperatur 600 °C, 800 °C dan 1000 °C selama 1 dan 2 jam di dalam media udara. Setelah proses oksidasi sampel dikenai pendinginan baik secara alamiah diluar tungku atau dipercepat menggunakan media air, kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan kekuatan tarik kearah transversal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekerasan pada sampel SS304 yang dikenai pendinginan dipercepat dibandingkan dengan sampel SS304 yang dikenai pendinginan alamiah. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada pemanasan 1000 °C selama 1 jam dengan pendinginan dipercepat. Perubahan nilai kekerasan sebelum dan setelah

melalui proses perlakuan terjadi dari 281,25 HV menjadi 468 HV. Nilai kekuatan tarik sampel SS304 memiliki kecenderungan menurun, namun daktilitasnya mengalami peningkatan. Hasil uji menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tarik dan daktilitas SS304 yang diberi perlakuan pemanasan pada temperatur 600 °C selama 2 jam dan dikenai pendinginan alamiah. Kekuatan tariknya menjadi 744,04 MPa dan elongasinya meningkat sebesar 12,38%. Dari hasil pengujian diperoleh suatu pedoman bahwa penggunaan SS304 dalam lingkungan oksidasi pada temperatur tinggi dibatasi maksimum hanya pada temperatur 600 °C.

**Kata kunci:** daktilitas, SS304, oksidasi, temperatur tinggi.

Rohmad Sigit, Fajar Al Afghani, Jan Setiawan, Sungkono. Vol. 23, No. 3, hal.175-182

**PENGARUH HIDROGEN TERHADAP KEKUATAN TARIK KELONGSONG BAHAN BAKAR NUKLIR BERBASIS PADUAN ZIRKONIUM.** Selama operasi reaktor nuklir, zircaloy-4 (Zr-4) sebagai kelongsong bahan bakar nuklir berada pada lingkungan yang berpotensi menimbulkan kegagalan mekanik, terutama akibat interaksinya dengan hidrogen. Hidrogen berdifusi ke dalam kelongsong dan pada saat melewati batas kelarutan akan terpresipitasi menjadi hidrida rapuh yang menyebabkan degradasi sifat mekanik. Teknik pengujian tarik *ring* digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh keberadaan hidrida terhadap kekuatan tarik kelongsong Zr-4. Kelongsong Zr-4 dipanaskan pada temperatur 500 °C dan 600 °C dalam kondisi vakum selama satu jam yang diikuti dengan proses hidrogenasi bertahap hingga mencapai tekanan 1000 mbar dan ditahan selama tiga jam sebelum didinginkan secara normal di dalam tungku. Menggunakan persamaan gas ideal diperoleh kandungan hidrogen yang terserap oleh kelongsong Zr-4 berturut-turut sebesar 674 ppm dan 1215 ppm pada temperatur hidrogenasi 500 °C dan 600 °C. Proses hidrogenasi pada temperatur 500 °C menyebabkan peningkatan kekerasan mikro hingga 36% dan pada temperatur 600 °C dapat meningkatkan kekerasan mikro hingga 49% jika dibandingkan dengan kelongsong Zr-4 tanpa perlakuan. Sementara itu, analisis mikrostruktur menunjukkan presipitat hidrida lebih banyak menempati batas butir. Presipitat hidrida lebih panjang dan tebal pada temperatur hidrogenasi yang lebih tinggi. Meningkatnya jumlah hidrogen menyebabkan kenaikan nilai tegangan sebesar 4,4%, penurunan nilai regangan sebesar 2,1% dan kenaikan level kekerasan mikro Vickers sebesar 13%. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan hidrida dalam kelongsong dengan jelas menurunkan karakter daktilitasnya.

**Kata kunci:** hidrogenasi, zircaloy-4, uji tarik *ring*, hidrida, daktilitas.

Maman Kartaman Ajiriyanto, Dian Anggraini, Rosika Kriswarini. Vol. 23, No. 3, hal.183-194

**ANALISIS KOROSI PADUAN ZIRLO-Mo MENGGUNAKAN METODE POLARISASI.** Paduan zirlo-Mo merupakan jenis paduan logam zirkonium yang dapat dikembangkan menjadi bahan kelongsong reaktor pendingin air ringan. Parameter penting yang harus diketahui sebagai bahan kelongsong adalah sifat ketahanan korosi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan korosi paduan zirlo-Mo dalam media NaCl dengan variasi konsentrasi 0,03; 0,3 dan 3% kemudian dibandingkan dengan ketahanan korosi paduan *zircaloy-2* dan *zircaloy-4* pada media yang sama. Sampel uji dibuat berbentuk disk kemudian dimounting dan dipreparasi metalografi meliputi pengamplasan menggunakan kertas SiC dengan ukuran 500 sampai 1200 grit secara bertahap. Laju korosi zirlo-Mo dianalisis menggunakan metode polarisasi menggunakan alat Potensiostat. Keunggulan metode tahanan polarisasi adalah waktu pengujian korosi relatif lebih cepat dibandingkan dengan metode perubahan berat, selain itu metode ini dapat menentukan laju korosi yang sangat rendah yaitu kurang dari 0,1 mpy. Pengujian lain yang dilakukan untuk mendukung analisis laju korosi adalah pengujian kekerasan mikro dengan *Microhardness Tester* dan pengamatan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa paduan zirlo-Mo, *zircaloy-2* dan *zircaloy-4* secara keseluruhan memiliki laju korosi sangat rendah yaitu kurang dari 1 mpy. Laju korosi *zircaloy-2* dan *zircaloy-4* dan zirlo-Mo pada media NaCl 3% berturut-turut adalah 0,006; 0,007 dan 0,590 mpy. Laju korosi paduan zirlo-Mo adalah relatif paling tinggi, hal ini disebabkan karena paduan zirlo-Mo mempunyai struktur *lath martensit* atau *accicular* yang memiliki kekerasan tinggi. Struktur *lath martensit* dan kekerasan tinggi sangat rentan terhadap korosi. Nilai kekerasan paduan *zircaloy-2*, *zircaloy-4* dan zirlo-Mo berturut-turut adalah 194,79; 227,95 dan 360,05 HV. Adanya larutan padat Mo dan matrik Zr- $\alpha$  serta struktur *martensite* atau *accicular* pada paduan zirlo-Mo mengakibatkan kekerasan paduan menjadi tinggi.

**Kata kunci :** laju korosi, tahanan polarisasi, paduan zirlo-Mo, mikrostruktur, kekerasan mikro.

Boybul, Yanlinastuti, Dian Anggraini, Asliana Br Ginting, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini. Vol. 23 No. 3, hal.195-204

**PENGARUH PENAMBAHAN ION SULFAT TERHADAP REKOVERI PEMISAHAN URANIUM MENGGUNAKAN METODE KOLOM PENUKAR ANION.** Pada penelitian sebelumnya telah diperoleh rekovery pemisahan uranium sebesar 68,2137% dengan metode kolom penukar anion menggunakan pelarut HCl 12N. Dalam usaha untuk meningkatkan rekovery tersebut maka dilakukan optimasi parameter pemisahan uranium dengan pelarut campuran HCl dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Larutan standar uranil nitrat sebanyak 500  $\mu$ L digunakan sebagai umpan dengan larutan HCl variasi konsentrasi 6M; 9M; 12M dan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> variasi konsentrasi 500; 1000; 1500; 2000; 2500 dan 3500 ppm sebagai larutan pereaksi. Dalam proses penukar anion, uranium terikat dalam resin dalam senyawa kompleks [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>4-</sup> dan [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2-</sup>, kemudian dielusi menggunakan larutan HCl encer 0,15 N sebanyak 15 mL. Hasil elusi dipanaskan sampai hampir kusat dan ditambahkan 1 mL larutan HCl pekat untuk dilakukan proses elektrodeposisi. Planset *stainless steel* yang telah terdeposisi uranium kemudian dicacah menggunakan spektrometer alpha. Hasil pengukuran

isotop uranium diperoleh kandungan  $^{235}\text{U}$  yang paling besar pada penggunaan pelarut HCl 9N dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1500 ppm dengan rekovery pemisahan sebesar 95,7124%. Optimasi parameter pelarut HCl 9N dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1500 ppm selanjutnya digunakan untuk pemisahan uranium di dalam PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi. Supernatan  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  potongan *bagian top*, *middle*, dan *bottom* dipipet masing-masing sebanyak 500  $\mu\text{L}$  sebagai umpan, kemudian dimasukkan ke dalam kolom penukar anion yang telah diberi resin Dowex-Cl sebanyak 1 gram. Dari hasil pemisahan diperoleh kandungan isotop  $^{235}\text{U}$  pada PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi potongan bagian *top*, *middle* dan *bottom* masing-masing sebesar 13265,7866  $\mu\text{g/gPEB}$ ; 6923,9248  $\mu\text{g/gPEB}$ ; dan 12332,4175  $\mu\text{g/gPEB}$ . Penggunaan pelarut HCl 9N dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1500 ppm dalam metode kolom penukar anion dapat meningkatkan rekovery pemisahan uranium dari 68,2137% menjadi 95,7124%.

**Kata kunci:** pemisahan, uranium, rekovery, pelarut HCl dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**ABSTRACT**

Masrukan, Jan Setiawan, Dwi Biyantoro. Vol 23 No.3, page 139-152

**PHASES IDENTIFICATION OF U-ZrH<sub>x</sub> FUEL PELLET SINTERED UNDER NITROGEN ATMOSPHERE.** Phases identification of U-ZrH<sub>x</sub> fuel pellets sintered under nitrogen atmosphere has been carried out. This sintering process is intended to obtain higher density pellets that meet the requirements for use as a fuel in pressurized water reactor (PWR). The results of this study are expected to be used for the determination of phase and density changes occurred in U-ZrH<sub>x</sub> pellets at various Zr concentrations after sintering at various temperatures. PWR fuel from U-ZrH<sub>x</sub> pellet needs to be sintered to increase its density. At first, pellets made from U-ZrH<sub>x</sub> powder with Zr composition of 35, 45 and 55 wt.% through a pressing process at a pressure of 509-637 MPa. The resulted U-ZrH<sub>x</sub> green pellets were subsequently sintered under nitrogen gas atmosphere at 1200 °C and 1300 °C for a fixed sintering time of one hour. Phase analysis of the sintered U-ZrH<sub>x</sub> pellets was done by X-ray diffraction (XRD) technique and the data obtained were processed by using High Score software. The test results with XRD indicate the formation of phases such as U(ZrHr<sub>2</sub>), UO<sub>3</sub>, UO<sub>2</sub> and Zr. The UO<sub>2</sub> and Zr phases were characterized for their density, lattice parameter and percentage of weight. In this experiment it is desired to obtain U-ZrH<sub>x</sub> with high density without the formation of many phases. Density measurement shows that the density of zirconium metal and UO<sub>2</sub> decreases with increasing sintering temperature (from 1200 to 1300 °C), while the lattice parameter increases with increasing sintering temperature. Data calculation of weight percentage for sintering at 1300 °C shows that the percentage values of the resulted zirconium metal and uranium dioxide are the closest to their theoretical calculation results. It was also observed that higher percentage of zirconium metal and uranium dioxide was obtained at sintering temperature of 1300 °C.

**Keyword :** sintering, U-ZrH<sub>x</sub> pellet, phase, atmosphere, nitrogen

Muhammad Fauzi, Roziq Himawan, Helmi Fauzi Rahmatullah, Setia Permana, Antonio Gogo.  
Vol.23 No.3, page 153-164

**BLISTER DEFECT ANALYSIS OF U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al FUEL CLADDING BY ULTRASONIC TEST.** Fuel integrity is one of safety considerations during nuclear reactor operation. Any defect resulted after reactor operation should be avoided. Thus, in nuclear fuel development, post-irradiation examination is necessary to be performed to ensure fuel integrity. Non-destructive test using ultrasonic method is one of alternative methods to perform post-irradiation examination. The objective of this analysis is to detect blister defect in cladding of plate type nuclear fuel. In post irradiation examination (PIE) using ultrasonic method, the operation parameters are necessary to determine. In this experiment, this analysis method was conducted on U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel element cladding consisting blister defect. Ultrasonic tests were done using two techniques, i. e. pulse-echo and through transmission techniques. The results were presented in A-scan display. The results show that the longitudinal wave speed in water used in the testing is 1545 m/s. The optimal distance between the probe and the specimen when using pulse-echo technique is 20 mm. The optimal distance between the two probes when using through transmission technique is 40 mm. Tests at blister area using pulse-echo technique caused output signal to decrease by 19 %FSH, while through transmission technique caused output signal to decrease by 80 %FSH. According to the results it can be concluded that ultrasonic test is effective to detect a blister defect in plate type nuclear fuel, and through transmission technique exhibited a clearer difference between normal area and blister area in fuel cladding when compared to pulse-echo technique.

**Keywords :** ultrasonic test, U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel cladding, blister, pulse-echo, through transmission.

Jan Setiawan, Sungkono. Vol.23 No.3, page 165-174

**DUCTILITY CHARACTERISTIC OF HIGH-TEMPERATURE OXIDIZED SS304.** This paper shows changes in hardness, tensile strength and ductility characteristics of SS304. The SS304 was processed by heat treatment at high temperature in atmospheric environment. SS304 is a type of stainless steel with many superior properties used in industry. In this research, a pipe made of SS304 with 30 mm in diameter was cut in transversal direction at 3 mm width to be used as a sample. The samples were processed by heat treatment at 600, 800 and 1000 °C for 1 and 2 hours in atmospheric environment. After the oxidation process, the samples were cooled by natural cooling outside the furnace or quenched in water. Hardness testing and ring tensile testing were done to the high-temperature oxidized SS304. Analyses were done to study changes in hardness, tensile strength and ductility characteristics of SS304 after oxidation process. The results show that hardness escalation occurs mainly for samples that were cooled by quenching in water compared to natural cooling. The highest hardness value was observed for the sample oxidized at 1000 °C for 1 hour and cooled by quenching, where hardness value changed from 281,25 HV before oxidation to 468,00 HV after oxidation. The tensile strength of the samples, however, tend to decrease, while the ductility of some samples tend to increase. Increase in tensile strength followed by increase in ductility occurs for samples oxidized at 600 °C for 2 hours with natural cooling. The tensile strength after oxidation reaches a value of 744,04 MPa with 12,38% elongation escalation. As a guidance for implementation, SS304 in high temperature oxidation environment should be limited by temperature of 600 °C.

**Keywords:** ductility, SS304, oxidation, high temperature.



Rohmad Sigit, Fajar Al Afghani, Jan Setiawan, Sungkono. Vol.23 No 3, page.175-182

**HYDROGEN IMPACTS ON THE TENSILE STRENGTH OF ZIRCONIUM ALLOY BASED FUEL CLADDING.** During reactor operation, zircaloy-4 (Zr-4) as fuel cladding is under an environment that can potentially cause mechanical failure, especially by the effect of cladding-hydrogen interaction. Hydrogen would diffuse and precipitate to form brittle hydrides when the solubility limit is surpassed. In this experiment, ring tensile test method was used to examine the effect of hydrides existence on tensile strength of Zr-4 cladding. The Zr-4 sample was annealed at 500 and 600°C for an hour in vacuum condition and followed by hydriding with a pressure up to 1000 mbar with 3 hours holding time and slow cooling. According to ideal gas equation, hydrogen content in Zr-4 reaches about 674 ppm and 1215 ppm at hydriding temperature of 500 and 600°C respectively. Microstructure observation shows that hydrides precipitate was formed at grain boundaries. The hydrides were found to be longer and thicker at higher hydriding temperature. As the hydrogen content increases, the ring tensile test shows increasing stress at 4.4%, decreasing strain at 2.1% and increasing microhardness level at 13%. This result confirms that the existence of hydrides in cladding has an effect of decreasing the ductility obviously.

**Keywords:** hydrogen, Zircaloy-4, ring tensile test, hydride, ductility.

Maman Kartaman Ajriyanto, Dian Anggraini, Rosika Kriswarini. Vol. 23 No, page.183-194

**CORROSION ANALYSIS OF ZIRLO-Mo ALLOY BY POLARIZATION TECHNIQUE.** Zirlo-Mo is a zirconium type of alloy, which is developed as cladding material for light water reactor. As cladding material, the important parameter to be characterized is its corrosion resistance properties. The goal of this research is to study the corrosion resistance of zirlo-Mo in NaCl medium with varied concentration of 0,03; 0,3; and 3%, and compare it to the those of zircaloy-2 dan zircaloy-4 in the same medium. Samples were mounted into disk form and metallographically prepared, i.e. treatment with abrasive paper of 500 to 1200 grit SiC. The analysis of zirlo-Mo corrosion rate was performed by polarization method with a potentiostat. The advantage of this polarization resistance method is that it takes shorter testing time if compared to weight gain method, and it can be applied to analysis at low corrosion rate of below 0,1 mpy. Other tests were also done to support the corrosion rate analysis such as microhardness test with microhardness tester and microstructure examination with optical microscope. The tests results show that in general zirlo-Mo, zircaloy-2 and zircaloy-4 possess very low corrosion rate, i.e. below 1 mpy. The corrosion rate of zircaloy-2, zircaloy-4 and zirlo-Mo in NaCl 3% medium are 0,006; 0,007 and 0,590 mpy respectively. The corrosion rate of zirlo-Mo is relatively the highest due to its lath martensite or acicular structure, which has high hardness value. The lath martensite structure and high hardness properties make zirlo-Mo highly susceptible to corrosion. Hardness test results show that the hardness value of zircaloy-2, zircaloy-4 and zirlo-Mo are 194,79; 227,95 and 360,05 HV respectively. The existence of solid solution of Mo and Zr- $\alpha$  as well as the martensite or acicular structure of zirlo-Mo result in high hardness value of the alloy.

**Keywords :** corrosion rate, polarization method, Zirlo-Mo alloy

Boybul, Yanlinastuti, Dian Anggraini, Aslina Br Ginting, Arif Nugroho, Rosika Kriswarini. Vol 23 No.3, page.195-204

**EFFECT OF SULFATE ION ON THE RECOVERY OF URANIUM SEPARATION BY ANION EXCHANGE COLUMN METHOD.** In the previous research, it was observed that the recovery of uranium separation by anion exchange column method with HCl 12 M solvent was 68.2137%. The recovery can be increased by optimizing the uranium separation parameters by the use of HCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solvent mixture. A 500  $\mu$ L uranyl nitrate standard solution was used as feed with varied HCl concentration of 6M, 9M, 12M and varied Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration of 500, 1000, 1500, 2000, 2500 and 3500 ppm as reagent solution. In the anion exchange process, uranium was bound by the resin to form [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>-</sup> and [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2-</sup> complex compounds, and these complexes were eluted with 15 mL of 0.15 M HCl dilute solution. The eluate was heated to nearly dried condition and 1 mL of HCl concentrated solution was added for electrodeposition process. The uranium deposited on stainless steel planchet, as the result of electrodeposition process, was analyzed with alpha spectrometer. It was observed that the largest <sup>235</sup>U content was found in 9M of HCl solvent and 1500 ppm of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with 95.7124% recovery. Therefore, the concentration value of HCl of 9M and 1500 ppm of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> were subsequently applied to the uranium separation of irradiated U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel element plate. An amount of 500  $\mu$ L supernatant of U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al specimen taken from the top, middle and bottom position of fuel element plate (FEP) were put into an anion exchange column containing 1 g of Dowex-Cl resin. The results of the separation process were <sup>235</sup>U isotope identified according to their position in the irradiated U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fuel element plate i.e. top, middle, and bottom. It was found that the recovery values were 13265.7866  $\mu$ g/gFEP; 6923.9248  $\mu$ g/gFEP; and 12332.4175  $\mu$ g/gFEP representing their position of top, middle and bottom respectively. It is concluded that the use of 9M of HCl solvent and 1500 ppm of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by anion exchange column method can improve uranium separation recovery from 68.2137% to 95.7124%.

**Keywords:** separation, uranium, recovery, HCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solvents.

## INDEKS SUBJEK

- atmosfer, 139, 142
- blister*, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
- burn up*, 3, 51, 99, 100, 109, 114, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 135, 185, 197, 198, 203
- cerium, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 85
- cladding*, 1, 3, 4, 5, 6, 9, 154, 164, 173, 176, 181, 182, 184, 193, 194
- colloidal graphite*, 1, 4, 9
- daktilitas, 165, 167, 168, 169, 173, 175, 177, 180, 181
- densitas uranium, 117, 119, 120, 121, 123, 126, 136
- dip-coating*, 1, 4, 6, 9
- dose calibrator*, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66
- effluent process, 11
- ekstraksi, 23, 71
- electrode*, 11, 14, 17, 18, 187
- gamma counter*, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 66
- HTGR, 3, 33, 34, 35, 36, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 54, 55, 71, 85
- ICRP, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 42
- isotop  $^{137}\text{Cs}$ , 107, 109, 110, 111, 112, 114
- kekerasan mikro, 169, 170, 175, 177, 178, 180, 181, 183, 187, 192
- kekuatan tarik, 165, 167, 175, 181
- kelongsong AlMg<sub>2</sub>, 153, 158, 159, 160, 161, 162, 163
- kerosin, 23, 26, 27, 28, 29, 30
- laju dosis neutron, 33, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42
- laju korosi, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193
- NCRP, 33, 34, 36, 38, 40, 41, 42
- neutronik, 117, 120, 123, 185
- PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al, 97, 98, 100, 101, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 195, 198, 199, 202, 203
- pebble*, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 50, 51, 52, 54
- pelarut HCl, 195
- pelet U-ZrH<sub>x</sub>, 139, 142, 148, 149, 150, 152
- penukar anion, 97, 99, 100, 101, 102, 104, 107, 110, 112, 113, 114, 195, 197, 198, 200, 202, 203
- penyimpanan BBNB, 127, 129, 131, 133, 135, 136
- presolidifikasi, 69, 76, 80, 81, 82, 85
- pulse-echo*, 153, 154, 156, 158, 159, 160, 161, 163, 164
- radiofarmaka, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66
- radiokimia, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 99, 101, 109
- radionuklida, 46
- rak aluminium, 127, 129, 133, 134
- RDE, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 71
- reaktor riset, 23, 89, 91, 117, 119, 120, 130, 141
- recovery, 97, 99, 101, 102, 105, 195, 197, 198, 199, 203
- resin Dowex, 97, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 110, 113, 114, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203
- Routine discharge*, 45
- sintering*, 6, 9, 71, 72, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151
- sol-gel, 69, 70, 86
- stripping*, 13, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
- Sub-kritikalitas, 127, 132
- tahanan polarisasi, 183, 186, 187
- TBP, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30

temperatur tinggi, 2, 33, 35, 93, 141, 142, 143, 165, 167, 173, 177, 185, 188

*through transmission*, 153, 154, 156, 157, 158, 160, 161, 163, 164

TRISO, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 85

uji tarik *ring*, 175, 178, 181

*ultrasonic test*, 153, 154, 155, 163

umur bahan bakar, 117

uranil nitrat, 12, 23, 26, 71, 97, 98, 101, 102, 104, 198, 199, 202

U-Zr, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 141, 142, 151

U-Zr-Nb, 87, 88, 89, 90, 93

zirlo-Mo, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193

ZrC, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10

**INDEKS PENULIS**

Adang Hardi Gunawan .....	57	Maskur .....	57
Amal Rezka Putra.....	57	Masrukan .....	87, 139
Antonio Gogo.....	153	Meniek Rachmawati .....	1, 69
Anwar Muchsin .....	23	Mirawaty .....	127
Arif Nugroho.....	97, 107, 195	Muhammad Fauzi.....	153
Aslina Br Ginting.....	97, 107, 195	Pande Made Udiyani .....	45
Bangun Wasito .....	11	Pungky Ayu Artiani .....	127
Boybul.....	97, 107, 195	Rohmad Sigit .....	175
Dede Kurniasih .....	57	Rosika Kriswarini .....	97, 107, 183, 195
Dian Anggraini .....	97, 107, 183, 195	Roziq Himawan.....	153
Dwi Biyantoro.....	139	Saga Octadamailah .....	117
Endang Sarmini .....	57	Setia Permana .....	153
Enny Lestari.....	57	Sigit.....	11
Etty Mutiara.....	1	Sri Kuntjoro .....	45
Fahrunissa .....	11	Sukarsono.....	69
Fajar Al Afghani .....	175	Sungkono.....	165, 175
Ghaib Widodo .....	11, 23	Supardjo .....	117
Helmi Fauzi Rahmatullah .....	153	Suwoto .....	33
Hery Adrial.....	33	Yanlinastuti .....	97, 107, 195
Jan Setiawan .....	87, 139, 165, 175	Yayan Tahyan.....	57
KrisTri Basuki.....	11	Yusuf Nampira .....	97
Kuat Heriyanto .....	127	Zuhair.....	33
Maman Kartaman Ajiriyanto .....	183		

# 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. Prof. Dr. Agus Taftazani (PSTA, BATAN), mempunyai kepakaran dalam bidang kimia.
2. Dr. Azwar Manaf, M.Met (Universitas Indonesia), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
3. Dr. Muhammad Subekti (PTKRN, BATAN), mempunyai kepakaran dalam bidang sistem reaktor nuklir.
4. Prof. Dr. Yanni Sudiyani (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
5. Prof. Drs. Perdamean Sebayang, M.Sc (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang Fisika.

Sebagai penyunting mitra bestari yang telah menyediakan waktu, pikiran serta saran-saran untuk mereview jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" Volume 23 No.3 (edisi Oktober 2017).

Oktober, 2017

Redaksi

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