

e-ISSN: 25280473

Keputusan Dirjen Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi

No: 225/E/KPT/2022

Terakreditasi Peringkat 2 Hingga Volume 32 Nomor 2 Tahun 2026

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 29 No. 2

Oktober 2023



Carbon Sulphur Analyzer

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
PUSAT RISET TEKNOLOGI DAUR BAHAN BAKAR NUKLIR
DAN LIMBAH RADIOAKTIF**

Urania	Vol. 29	No. 2	Hal: 63 – 124	Tangerang Selatan Oktober 2023	e-ISSN: 25280473
--------	---------	-------	---------------	-----------------------------------	------------------

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

e-ISSN: 25280473

Keputusan Dirjen Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi No: 225/E/KPT/2022
Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



Penanggung Jawab

Direktur Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah

Editor in Chief

Rohmad Sigit Eko Budi Prasetyo, S.T., M.Si (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Associate Editor

Ir. M. Husna Al Hasa, M.T (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Masrukan, MT (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Aslina Br. Ginting (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Supardjo, M.T (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Tri Yulianto (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Maman Kartaman Ajiriyanto, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Deni Mustika, S.Si., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Sri Ismarwanti, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ganisa Kurniati Suryaman, S.T., M. Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Gagad Rahmadi, S.T., M. Sc. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Juan Carlos Sihotang, S.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Editorial Board

Prof. Dr. Ir. Budi Setiawan, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Prof. Dr. Ir. Djarot Sulisty Wisnubroto, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Jan Setiawan, S.Si., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Dede Sutarya (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Ety Mutiara, M.Eng (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Sucipta, M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ir. Dadong Iskandar, M.Eng. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ratiko, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Ir. Aisyah, M.T. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Hendra Adhi Pratama, M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Anis Rohanda, S.T., M.Si. (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Jaka Rachmadetin (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Toto Sudiro (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
Dr. Ir. Sigit, DEA. (Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia)
Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency)
Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia)
Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si, M.Si (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma)
Pipit Fitriani, PhD (Institut Teknologi Bandung)

Copyeditors

Apriwi Zulfitri, S.Si, M.Sc. (Direktorat RMPI Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Layout Editors

Meita Safitri, S.Sn (Direktorat RMPI Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Sekretariat

Noeraida (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

Penerbit

Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif (PRTDBBNLR)
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Alamat Redaksi

PRTDBBNLR, BRIN
Kawasan Sains dan Teknologi B.J. Habibie Gd.720, Serpong, Tangerang Selatan, Banten 15314
HP. 081110646837

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

PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT dan atas rahmat serta karunia-Nya, Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir Volume 29 Nomor 1 dapat hadir ke hadapan pembaca. Saat ini, Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir terbit 2 (dua) kali dalam satu tahun, yaitu setiap bulan April dan Oktober.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas masalah yang berkaitan dengan ilmu fisika yakni pengujian tak merusak (NDT) yang ditulis dengan judul Analisa dan Interpretasi Data Hasil Uji Tak Merusak Dalam Rangka Pengembangan Basis Data Potensi Cacat Pada Pelet UO_2 . Pengembangan bahan bakar untuk reaktor riset dan daya di Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif (PRTDBBNLR) dimulai dari tahap fabrikasi, uji pra-iradiasi, iradiasi dan uji pasca-iradiasi. Instalasi Radiometalurgi (IRM) di PRTDBBNLR dituntut untuk siap melakukan evaluasi unjuk kerja bahan bakar nuklir, salah satunya adalah *short pin PWR-fuel* berisi UO_2 yang saat ini sedang dalam tahap proses iradiasi. Penelitian ini bertujuan menginventarisasi metode dan data potensi cacat pada pelet UO_2 untuk basis data pengujian pascairadiasi. Tulisan berikutnya ditulis dengan judul Komparasi Performa Monitor Radiasi Gamma Dalam Pemantauan Radiasi *Real-Time*. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) memiliki fasilitas riset yang digunakan untuk penelitian bahan nuklir yang memiliki potensi bahaya radiasi dan dapat membahayakan pekerja. Untuk mengurangi potensi bahaya radiasi, dilakukan pemantauan radiasi secara rutin. Untuk mengoptimalkan pemantauan radiasi tersebut, dilakukan pengembangan tiga (3) buah monitor radiasi dengan menggunakan satu detektor radiasi Sintilasi (S) dan dua buah detektor. Pengujian terhadap 3 monitor radiasi yang dilakukan ini untuk mengetahui ketepatan pengukuran masing-masing monitor. Masih berkaitan dengan ilmu fisika, makalah berikutnya ditulis dengan judul Verifikasi Pengukuran Radioaktivitas ^{153}Sm Menggunakan *Dose Calibrator* Multitipe. Verifikasi pengukuran dilakukan untuk menjaga validitas data hasil pengukuran. Pada penelitian ini telah dilakukan verifikasi pengukuran radioaktivitas ^{153}Sm menggunakan alat *dose calibrator* dengan lima tipe yang berbeda, yaitu *dose calibrator* Atomlab 100, Atomlab 300, Atomlab 400, Atomlab 500, dan Capintec CRC-tr5. Parameter verifikasi meliputi akurasi, presisi, linieritas, *Limit of Detection* (LOD), dan *Limit of Quantification* (LOQ). Pada pengujian akurasi, alat *dose calibrator* Atomlab 300 ditetapkan sebagai alat standar untuk menguji akurasi hasil pengukuran alat yang lain.

Topik kedua membahas masalah yang berkaitan dengan limbah radioaktif yang ditulis dengan judul Adsorpsi Uranium Terlarut Oleh Komposit *Ammonium Dihydrogen Phosphate*/Zeolit. Mineral ini banyak dipelajari untuk pengelolaan limbah cair dari industri nuklir, termasuk di antaranya sebagai penyerap uranium dari limbah cair. Pengelolaan limbah cair yang mengandung uranium ini diperlukan pada setiap tahapan. Modifikasi zeolit yang dapat dilakukan secara fisika atau kimia, telah dilaporkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Dalam penelitian ini dilakukan peningkatan kemampuan zeolit dengan menambahkan *Ammonium Dihydrogen Phosphate* (ADP) sehingga terbentuk komposit ADP/zeolit untuk adsorpsi uranium. Penelitian ini bertujuan mempelajari kemampuan komposit ADP sebagai adsorben uranium dari limbah cair. Tulisan berikutnya ditulis dengan judul Adsorpsi Uranium Menggunakan Na dan Zr-Montmorillonite. Montmorillonite dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengolahan limbah uranium secara adsorpsi. Limbah cair uranium berasal dari sisa proses ekstraksi uranium untuk pengambilan radioisotop ^{99}Mo dan juga pada proses pelarutan *yellow cake* yang masih mengandung sedikit uranium. Tujuan dari penelitian ini adalah memodifikasi Na-montmorillonite dengan penambahan *Zirconium(IV) Oxychloride Octahydrate* ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) untuk meningkatkan efisiensinya terhadap uranium. Masih berkaitan dengan masalah limbah dan merupakan tulisan terakhir yang ditulis dengan judul Analisis Perilaku Isoterm, Termodinamika, dan Kinetika Adsorpsi Strontium Menggunakan TiO_2 -Zeolit Lampung. Bahan bakar nuklir setelah digunakan di reaktor menghasilkan beberapa hasil fisi, salah satunya adalah strontium (^{90}Sr). Isotop ^{90}Sr dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan baterai, tetapi ^{90}Sr tersebut masih tercampur dengan hasil fisi atau isotop lainnya sehingga perlu dipisahkan.

Akhir kata, semoga Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir ini bermanfaat bagi masyarakat Indonesia umumnya dan khususnya bagi pengembangan IPTEK Daur Bahan Bakar Nuklir. Selamat menyimak.

Oktober, 2023
DEWAN REDAKSI

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengantar Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Analisa Dan Interpretasi Data Hasil Uji Tak Merusak Dalam Rangka Pengembangan Basis Data Potensi Cacat Pada Pelet UO ₂ (Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Yusuf Gigih Wicaksono, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit)	63 – 70
Komparasi Performa Monitor Radiasi Gamma Dalam Pemantauan Radiasi <i>Real-Time</i> (Rokhmat Arifianto, Robi Sulaiman, Slamet, Ricard Parulian Hutabarat, Roni Cahya Ciputra, Frederikus Dian Indrastomo)	71 – 86
Verifikasi Pengukuran Radioaktivitas ¹⁵³ Sm Menggunakan <i>Dose Calibrator</i> Multitipe (Ligwina Dita Pertiwi, Maskur, Yanto, Nuha Fairusya, Nuri Jannati Wahyu Ekaningsih)	87 – 94
Adsorpsi Uranium Terlarut Oleh Komposit <i>Ammonium Dihydrogen Phosphate</i> /Zeolit (Yuli Purwanto, Dwi Luhur Ibnu Saputra, Mirawaty, Untung Sugiharto, Wati, Jaka Rachmadetin, Pungky Ayu Artiani)	95 – 104
Adsorpsi Uranium Menggunakan Na Dan Zr – Montmorillonite (Dwi Luhur Ibnu Saputra, Yuli Purwanto, Risdiyana Setiawan, Moh. Cecep Cepi Hikmat, Pratiwi Ayuningtyas, Nayandra Dias Fadilla, Malik Musthofa, Mirawaty, Jaka Rachmadetin)	105 – 114
Analisis Perilaku Isoterm, Termodinamika, dan Kinetika Adsorpsi Strontium Menggunakan TiO ₂ – Zeolit Lampung (M. Fiqri Sholahudin, Henny Purwaningsih, Erlina Noerpitasari, Boybul, Yanlinastuti)	115 – 124

ABSTRAK

Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Yusuf Gigih Wicaksono, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 29 No. 2, hal. 63–70

ANALISA DAN INTERPRETASI DATA HASIL UJI TAK MERUSAK DALAM RANGKA PENGEMBANGAN BASIS DATA POTENSI cacat PADA PELET UO_2 . Pengembangan bahan bakar nuklir baik untuk reaktor riset dan daya telah menjadi fokus penelitian Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif (PRTDDBNLR), mulai dari tahap fabrikasi, uji pra-iradiasi, iradiasi dan uji pasca-iradiasi. Sebagai satu-satunya fasilitas uji pasca-iradiasi di Asia Tenggara, Instalasi Radiometalurgi (IRM) dituntut untuk siap melakukan evaluasi unjuk kerja bahan bakar nuklir, salah satunya adalah *short pin PWR-fuel* berisi UO_2 yang saat ini sedang dalam tahap proses iradiasi. Salah satu upaya untuk yang dilakukan IRM adalah dengan mengembangkan teknik uji tak merusak, baik metode, analisis, interpretasi maupun inventarisasi terhadap potensi cacat yang mungkin terjadi secara sistemik pada *short pin PWR-fuel* berisi pelet UO_2 . Tujuan penelitian ini adalah menginventarisasi metode dan data potensi cacat pada pelet UO_2 untuk basis data pengujian pascairadiasi. Karakterisasi dilakukan terhadap lima sampel pelet UO_2 pra-iradiasi dengan variasi kondisi sinter/mentah, baik/cacat dan perbedaan pengayaan uranium (3%, 4%, dan 5%) menggunakan metode uji visual dan radiografi sinar-X digital. Pengamatan visual mampu memberikan interpretasi awal mengenai kondisi permukaan pelet UO_2 . Radiografi sinar-X digital dioperasikan pada tegangan 150 kV dan arus 1800 μ A untuk menghasilkan citra digital yang kemudian akan dilakukan proses *image enhancement* menggunakan *image processor* dalam rangka interpretasi pelet UO_2 . Pengujian menggunakan radiografi sinar-X digital dan proses *image enhancement* menambah informasi hasil interpretasi pelet UO_2 . Retak dan lubang pada permukaan pelet UO_2 telah dapat dipetakan, begitu pula telah didapatkan analisis perbedaan pengayaan uranium yang dapat diamati dari grafik *gray value*. Seluruh informasi terkait metode analisis dan hasil interpretasi pada penelitian ini telah dapat digunakan sebagai basis data untuk menentukan kondisi pelet UO_2 di dalam kelongsong *short pin PWR-fuel* pasca-iradiasi.

Kata kunci: Uji tak merusak, pelet UO_2 , uji visual, radiografi sinar-X digital, basis data.

Rokhmat Arifianto, Robi Sulaiman, Slamet, Ricard Parulian Hutabarat, Roni Cahya Ciputra, Frederikus Dian Indrastomo. Vol. 29 No. 2, hal. 71–86

KOMPARASI PERFORMA MONITOR RADIASI GAMMA DALAM PEMANTAUAN RADIASI *REAL-TIME*. Badan Riset dan Inovasi Nasional memiliki fasilitas riset yang digunakan untuk penelitian terhadap bahan nuklir yang memiliki potensi bahaya radiasi yang dapat membahayakan pekerja. Untuk mengurangi potensi bahaya radiasi, dilakukan pemantauan radiasi secara rutin oleh pekerja. Untuk mengoptimalkan pemantauan radiasi tersebut, dilakukan pengembangan 3 (tiga) buah monitor radiasi dengan menggunakan 1 (satu) detektor radiasi Sintilasi (S) dan 2 (dua) buah detektor GM (GM dan GMT) yang nantinya dapat terpasang dan memantau radiasi secara *real-time*. Pengujian terhadap 3 (tiga) monitor radiasi yang dikembangkan dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui keakuratan pengukuran masing-masing monitor radiasi. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian regresi linear untuk mendapatkan model konversi dari satuan cacah per detik ke satuan mikrosievert per jam. Selain itu, dilakukan pengujian ANOVA untuk melihat apakah ada perbedaan signifikan antara pengukuran laju dosis dari ketiga monitor radiasi dibandingkan dengan surveymeter yang telah terkalibrasi. Pengujian Tukey HSD dilakukan untuk menguji masing-masing monitor radiasi hasil pengembangan dan dibandingkan dengan surveymeter yang terkalibrasi. Hasil pengujian regresi linear antara surveymeter (GS) dengan ketiga monitor radiasi didapatkan koefisien determinasi diatas 0,95. Pengujian ANOVA yang dilakukan didapatkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata hasil pengukuran laju dosis radiasi yang signifikan dari masing-masing monitor radiasi. Hasil pengujian Tukey HSD menunjukkan bahwa hanya salah satu monitor radiasi yang memiliki rata-rata nilai pengukuran laju dosis radiasi yang tidak berbeda secara signifikan dengan rata-rata nilai pengukuran laju dosis radiasi dari surveymeter terkalibrasi. Oleh karena itu monitor radiasi GMT yang telah dikembangkan merupakan monitor radiasi yang telah layak untuk digunakan dalam pemantauan radiasi pada fasilitas riset bahan nuklir.

Kata kunci: Detektor radiasi, regresi linear, ANOVA.

Ligwina Dita Pertiwi, Maskur, Yanto, Nuha Fairusya, Nuri Jannati Wahyu Ekaningsih. Vol. 29 No. 2, hal. 87–94

VERIFIKASI PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS ^{153}Sm MENGGUNAKAN *DOSE CALIBRATOR* MULTITYPE. Verifikasi pengukuran dilakukan untuk menjaga validitas data hasil pengukuran. Pada penelitian ini telah dilakukan verifikasi pengukuran radioaktivitas ^{153}Sm menggunakan alat *dose calibrator* dengan lima tipe yang berbeda, yaitu *dose calibrator* Atomlab 100, Atomlab 300, Atomlab 400, Atomlab 500, dan Capintec CRC-tr5. Parameter verifikasi meliputi akurasi, presisi, kelinieran, *Limit of Detection* (LOD), dan *Limit of Quantification* (LOQ). Pada pengujian akurasi, alat *dose calibrator* Atomlab 300 ditetapkan sebagai alat standar untuk menguji akurasi hasil pengukuran alat yang lain. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa semua alat ukur memiliki *error* akurasi kurang dari 3%, namun setelah dilakukan uji t, ternyata hanya *dose calibrator* Atomlab 400 yang nilai t_{hitung} kurang dari t_{tabel} , sedangkan Atomlab 100, Atomlab 500, dan Capintec CRC-tr5 t_{hitung} lebih besar daripada t_{tabel} . Pada uji presisi diperoleh hasil bahwa kelima tipe alat *dose calibrator* memiliki presisi yang baik. Kelima alat tersebut memiliki nilai kelinieran yang baik untuk pengukuran Sm-153 radioaktivitas 20-140 mCi. Nilai LOQ *dose calibrator* Atomlab 100 = 8,48 μ Ci, Atomlab 300 = 5,08 μ Ci, Atomlab 400 = 8,66 μ Ci, Atomlab 500 = 8,78 μ Ci, dan Capintec CRC-tr5 = 7,23 μ Ci. Nilai LOD *Dose calibrator* Atomlab 100 = 2,54 μ Ci, Atomlab 300 = 1,52 μ Ci, Atomlab 400 = 2,59 μ Ci, Atomlab 500 = 2,64 μ Ci, dan Capintec CRC-tr5 = 2,17 μ Ci. Hal ini menunjukkan bahwa kelima alat tersebut memiliki validitas pengukuran yang baik dengan kepercayaan pengukuran 95%, namun untuk Atomlab 100, 500, dan Capintec CRC-tr5 hasil pengukurannya perlu dikalikan faktor koreksi.

Kata kunci: *Dose calibrator*, verifikasi, radioaktivitas, ^{153}Sm .

Yuli Purwanto, Dwi Luhur Ibnu Saputra, Mirawaty, Untung Sugiharto, Wati, Jaka Rachmadetin, Pungky Ayu Artiani. Vol. 29 No. 2, hal. 95–104

ADSORPSI URANIUM TERLARUT OLEH KOMPOSIT AMMONIUM DIHYDROGEN PHOSPHATE/ZEOLIT. Zeolit merupakan salah satu mineral aluminosilikat yang banyak dipelajari sebagai material penjerap untuk pengelolaan limbah cair. Mineral ini juga banyak dipelajari untuk pengelolaan limbah cair dari industri nuklir, termasuk di antaranya sebagai penjerap uranium dari limbah cair. Pengelolaan limbah cair yang mengandung uranium ini diperlukan pada setiap tahapan daur bahan bakar nuklir. Modifikasi zeolit, yang dapat dilakukan secara fisika atau kimia, telah dilaporkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Dalam penelitian ini dilakukan peningkatan kemampuan zeolit dengan menambahkan *ammonium dihydrogen phosphate* (ADP) sehingga terbentuk komposit ADP/zeolit untuk adsorpsi uranium. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kemampuan komposit ADP/zeolit sebagai penjerap uranium dari limbah cair. Zeolit alam dari Lampung digunakan sebagai material awal. Material komposit dipreparasi dengan mencampurkan ADP dan zeolit dalam labu didih. Komposit ADP/zeolit yang diperoleh dikarakterisasi dengan XRD dan selanjutnya digunakan untuk percobaan adsorpsi uranium yang dilakukan dengan metode *batch*. Hasil penelitian menunjukkan mineral utama pada zeolit yang digunakan adalah klinoptilolit. Keberhasilan preparasi komposit ADP/zeolit dibuktikan melalui pola difraksi XRD. Hasil eksperimen ditunjukkan dengan kinetika adsorpsi uranium oleh komposit ADP/zeolit yang berlangsung cepat dan mencapai kesetimbangan kurang dari 16 menit. Model kinetika adsorpsi uranium oleh komposit ADP/zeolit model pseudo-orde kedua. Variabel pH menunjukkan adsorpsi uranium nitrat oleh komposit ADP/zeolit optimum pada pH 7. Komposit ADP/zeolit menunjukkan peningkatan kemampuan adsorpsi terhadap uranium dibandingkan dengan zeolit alam. Komposisi penyusun komposit ADP/zeolit didapatkan pada perbandingan ADP : zeolit masing-masing adalah 1:1.

Kata kunci: Komposit, zeolit, *ammonium dihydrogen phosphate*, uranium terlarut, adsorpsi.

Dwi Luhur Ibnu Saputra, Yuli Purwanto, Risdiyana Setiawan, Moh. Cecep Cepi Hikmat, Pratiwi Ayuningtyas, Nayandra Dias Fadilla, Malik Musthofa, Mirawaty, Jaka Rachmadetin. Vol. 29 No. 2, hal. 105–114

ADSORPSI URANIUM MENGGUNAKAN Na DAN Zr – MONTMORILLONITE. Montmorillonite dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengolahan limbah uranium secara adsorpsi. Kation pada interlayer montmorillonite dapat digunakan untuk pertukaran ion dengan uranium. Limbah cair uranium berasal dari sisa proses ekstraksi uranium untuk pengambilan radioisotop molibdenum-99 dan juga pada proses pelarutan *yellow cake* yang masih mengandung sedikit uranium. Tujuan penelitian ini adalah memodifikasi Na-montmorillonite dengan penambahan *zirconium(IV) oxychloride octahydrate* ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) untuk meningkatkan efisiensi adsorpsinya terhadap uranium. Modifikasi montmorillonite dikarakterisasi dengan XRD dan XRF. Kinetika adsorpsi uranium ditentukan dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 120, 180, 300, 360, 420 dan 480 menit kemudian ditentukan laju kinetika adsorpsi *pseudo* orde pertama dan orde kedua. Efisiensi adsorpsi uranium optimum ditentukan dengan variasi pH 3, 5, 7 dan 9. Hasil kurva plot *pseudo* orde pertama dan orde kedua menunjukkan bahwa Na dan Zr-montmorillonite berada pada plot orde kedua dengan konstanta (K_2) adalah 0,000354 dan 0,000458 (g/mg.min). Adsorpsi uranium oleh Na-montmorillonite terjadi pada pH 5 sebesar 93,68% dan Zr-montmorillonite pada pH 7 sebesar 96,52%. Zr-montmorillonite diperoleh nilai Kd masing-masing sebesar $23,42 \times 10^3$ dan $48,26 \times 10^3$ mL/g. Modifikasi Zr dapat meningkatkan efisiensi dan kinetika adsorpsi uranium sehingga berpotensi sebagai alternatif adsorben untuk pengolahan limbah uranium cair.

Kata kunci: Adsorpsi, Na-montmorillonite, Zr-montmorillonite, *zirconium(IV) oxychloride octahydrate*, larutan uranium.

M. Fiqri Sholahudin, Henny Purwaningsih, Erlina Noerpitasari, Boybul, Yanlinastuti. Vol. 29 No. 2, hal. 115 – 124

ANALISIS PERILAKU ISOTERM, TERMODINAMIKA, DAN KINETIKA ADSORPSI STRONTIUM MENGGUNAKAN TiO₂ – ZEOLIT LAMPUNG. Bahan bakar nuklir setelah digunakan di reaktor menghasilkan beberapa hasil fisi, dimana salah satunya adalah strontium (⁹⁰Sr). Isotop strontium dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan baterai, tetapi strontium tersebut masih tercampur dengan hasil fisi atau isotop lainnya sehingga diperlukan proses pemisahan. Salah satu metode pemisahan strontium adalah dengan adsorpsi. Dalam penelitian ini, campuran TiO₂-zeolit Lampung dievaluasi kinerjanya sebagai adsorben sehingga dapat digunakan untuk adsorpsi strontium. Zeolit Lampung awal diaktivasi menggunakan asam sulfat pekat untuk membersihkan pori-pori yang masih mengandung pengotor. Kemudian zeolit dicampurkan dengan TiO₂ menggunakan metode *stir casting*. Adsorben TiO₂-zeolit Lampung yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction Spectrometer* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Setelah itu dilakukan uji adsorpsi dengan model isoterm, termodinamika, dan kinetika. Terbentuknya TiO₂-zeolit yang dicirikan menggunakan spektroskopi FTIR ditunjukkan dengan adanya puncak serapan Ti-O-Si pada zeolit Lampung setelah ditambahkan TiO₂. Hasil analisis menggunakan XRD memperlihatkan zeolit Lampung berjenis klinoptilolit dan mordenit, serta TiO₂ yang digunakan memiliki fase anatase. Hasil analisis menggunakan SEM mengindikasikan TiO₂ tersebar pada permukaan zeolit Lampung. Model isoterm adsorpsi untuk adsorben TiO₂-zeolit memenuhi model isoterm Langmuir. Kajian termodinamika menunjukkan proses adsorpsi bersifat endoterm dan tidak spontan, dan kinetika adsorpsi strontium mengikuti orde kedua semu.

Kata kunci: Isoterm, adsorpsi, strontium, TiO₂, zeolit.

ABSTRACT

Refa Artika, Helmi Fauzi Rahmatullah, Yusuf Gigih Wicaksono, Sri Ismarwanti, Rohmad Sigit. Vol. 29 No. 2, pp. 63-70

ANALYSIS AND INTERPRETATION OF NON-DESTRUCTIVE TEST RESULTS TO DEVELOPE A DATABASE OF POTENTIAL DEFECTS IN UO₂ PELLETS. The development of nuclear fuel for both research and power reactors has been the focus of Research Center for Nuclear Fuel Cycle and Radioactive Waste Technology (PRTDBBNLR) research from fabrication, pre-irradiation, irradiation, and post-irradiation examination phases. As the only post-irradiation examination facility in Southeast Asia, Radiometallurgy Installation (IRM) is required to be ready to evaluate the performance of nuclear fuel, one of them is the short pin PWR-fuel containing UO₂ pellets which is currently in the irradiation process. One of the efforts made by IRM is to develop non-destructive testing techniques, including methods, analysis, interpretation, and inventory of potential defects that may occur systematically in short pin PWR-fuel containing UO₂ pellets. The aim of this research is to inventory methods and data of potential defects in UO₂ pellets for a post-irradiation examination database. Characterization was performed on five samples of pre-irradiated UO₂ pellets with variations in sintered/raw, good/defect conditions, and differences in uranium enrichment (3%, 4%, and 5%) using visual test methods and digital X-ray radiography. Visual examination can provide interpretation results regarding the conditions on the surface of the UO₂ pellets. Digital X-ray radiography was operated at a voltage of 150 kV and a current of 1800 μ A to produce a digital image then be carried out an image enhancement process using an image processor to interpret the UO₂ pellets. Digital X-ray radiography method and image enhancement process adds information of UO₂ pellets data. Cracks and surface holes of UO₂ pellets can be mapped. The difference in uranium enrichment can be observed from the gray value graphic. Information from this interpretation will be useful as an initial database of interpretation methods to determine the condition of the UO₂ pellets in the short pin PWR-fuel after the irradiation process.

Keywords: Non-destructive testing, UO₂ pellets, visual testing, digital X-ray radiography, database.

Rokhmat Arifianto, Robi Sulaiman, Slamet, Ricard Parulian Hutabarat, Roni Cahya Ciputra, Frederikus Dian Indrastomo. Vol. 29 No. 2, pp. 71-86

COMPARISON OF GAMMA RADIATION MONITOR PERFORMANCE IN REAL-TIME RADIATION MONITORING. The National Research and Innovation Agency has a research facility used for research on nuclear materials that have potential radiation hazards that can endanger workers. To reduce the potential radiation hazard, radiation monitoring is carried out routinely by workers. To optimize radiation monitoring, three (3) radiation monitors were developed using 1 (one) Synthylation (S) radiation detector and 2 (two) GM detectors (GM and GMT) which can later be installed and monitor radiation in real-time. Testing of the 3 radiation monitors developed was carried out in this study to determine the measurement accuracy of each radiation monitor. The tests carried out were linear regression tests to obtain a conversion model from units of counts per second to units of microsievert per hour. In addition, ANOVA testing was conducted to see if there was a significant difference between the dose rate measurements from the three radiation monitors compared to the calibrated surveymeter. Tukey HSD testing was carried out to test each of the developed radiation monitors and compared with a calibrated surveymeter. The results of linear regression testing between the surveymeter (GS) and the three radiation monitors obtained a coefficient of determination above 0.95. ANOVA testing conducted found that there was a significant difference in the average radiation dose rate measurement results from each radiation monitor. Tukey HSD test results show that only one of the radiation monitors has an average radiation dose rate measurement value that is not significantly different from the average radiation dose rate measurement value of the calibrated surveymeter. Therefore, the GMT radiation monitors that have been developed are radiation monitors that are suitable for use in radiation monitoring at nuclear materials research facilities.

Keywords: Radiation detector, linear regression, ANOVA.

Ligwina Dita Pertivi, Maskur, Yanto, Nuha Fairusya, Nuri Jannati Wahyu Ekaningsih. Vol. 29 No. 2, pp. 87-94

VERIFICATION OF ¹⁵³Sm RADIOACTIVITY MEASUREMENTS USING A MULTITYPE DOSE CALIBRATOR. Measurement verification is crucial to ensure measurement results validity. In this study, we have done verification on ¹⁵³Sm radioactivity using five different types of dose calibrators dose calibrator Atomlab 100, Atomlab 300, Atomlab 400, Atomlab 500, and Capintec CRC-tR5. The parameters of verification process including accuracy, precision, linearity, Limit of Detection (LOD), and Limit of Quantification (LOQ). The dose calibrator Atomlab 300 was established as the standard instrument to examine the others type of dose calibrator accuracy. Verification results showed all the instruments have an error of less than 3%. However, the t-test results exhibited only the dose calibrator Atomlab 400 that had t_{value} less than the corresponding t_{table} value. In contrast, Atomlab 100, Atomlab 500, and Capintec CRC tR5 produced a t_{value} greater than a t_{table} value. In the precision test, all types of dose calibrator gave a satisfactory precision results. All five-dose calibrators demonstrated good linearity for measuring radioactivity within the range of 20-140 mCi. The LOQ values for each dose calibrator were as follows dose calibrator Atomlab 100 = 7,88 μ Ci, Atomlab 300 = 12,65 μ Ci, Atomlab 400 = 17,32 μ Ci, Atomlab 500 = 15,06 μ Ci, and Capintec CRC tR5 = 18,6 μ Ci. As well as the LOQ values of the dose calibrator were determined as calibrator Atomlab 100 = 2,74 μ Ci, Atomlab 300 = 1,14 μ Ci, Atomlab 400 = 8,2 μ Ci, Atomlab 500 = 6,79 μ Ci, and Capintec CRC tR5 = 7,38 μ Ci. These showed that five dose calibrator types offer reliable measurement validity with a 95% confidence level. Nevertheless, it is necessary to employ a correction factor for Atomlab 100, Atomlab 500, and Capintec CRC tR5.

Keywords: Dose calibrator, verification, radioactivity, ¹⁵³Sm.

Yuli Purwanto, Dwi Luhur Ibnu Saputra, Mirawaty, Untung Sugiharto, Wati, Jaka Rachmadetin, Pungky Ayu Artiani. Vol. 29 No. 2, pp. 95–104

ADSORPTION OF AQUEOUS URANIUM ONTO AMMONIUM DIHYDROGEN PHOSPHATE/ZEOLIT COMPOSITE. Zeolite is one of natural aluminosilicate minerals that widely studied for adsorbent for liquid waste treatment. This mineral has also been studied for treatment of waste generated from nuclear industries, including adsorption of uranium from liquid waste. The treatment of this kind of waste is critical in various steps of nuclear fuel cycle. Modification of zeolite, which can be carried out physically or chemically, was reported can increase the adsorption performance of the zeolite. In this research, the capability of zeolite was increased by adding Ammonium Dihydrogen Phosphate (ADP) to form an ADP/zeolite composite for uranium adsorption. The objective of this study is to determine the adsorption performance of ADP/zeolite composite for aqueous uranium. Natural zeolite from Lampung was used as starting material. The composite material is prepared by mixing Ammonium Dihydrogen Phosphate and zeolite in a boiling flask. The resulting composite was characterized using XRD and used for adsorption of aqueous uranium by batch method. The results show that the predominant mineral in the natural zeolite was clinoptilolite. Modification of the zeolite by ADP was succeed as was shown in the XRD pattern. The experimental results are shown by the kinetics of uranium adsorption by the ADP/zeolite composite which takes place quickly and reaches equilibrium in less than 16 minutes. The adsorption kinetics of uranium onto the ADP/zeolite composite was found to follow pseudo-second order. The optimum pH for the adsorption was 7. The uranium adsorption capacity of ADP/zeolite composite was higher than that of natural zeolite. The highest uranium adsorption was obtained for the composite with composition ratio of ADP and zeolite was 1:1.

Keywords: Composite, zeolite, ammonium dihydrogen phosphate, dissolved uranium, adsorption.

Dwi Luhur Ibnu Saputra, Yuli Purwanto, Risdiyana Setiawan, Moh. Cecep Cepi Hikmat, Pratiwi Ayuningtyas, Nayandra Dias Fadilla, Malik Musthofa, Mirawaty, Jaka Rachmadetin. Vol. 29 No. 2, pp. 105–114

URANIUM ADSORPTION USING Na AND Zr-MONTMORILLONITE. The montmorillonite can be used as an alternative for adsorption treatment of uranium waste. Cations in the montmorillonite interlayer can be used as ion exchange in uranium. Uranium liquid waste can be generated from uranium extraction process for molybdenum-99 radioisotope extraction and also in the yellow cake dissolution process. The purpose of this study is to determine the adsorption of uranium using Na montmorillonite and Zr montmorillonite. Modification of Na-montmorillonite was carried out using zirconium (IV) oxychloride octahydrate ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$). The Na and Zr-montmorillonite were characterized using XRD and XRF analysis. Parameters of uranium adsorption were determined by batch experiments with contact time variations of 10, 30, 60, 120, 180, 300, 360, 420 and 480 minutes and pH variations of 3, 5, 7 and 9. Kinetics of uranium adsorption were studied using pseudo first-order and pseudo second-order adsorption. The results show that the optimum pH Na-montmorillonite was pH 5 of 93,68 % and Zr-montmorillonite was pH 7 of 96,52 %. The ratio of K_d values in Na and Zr-montmorillonite were $23,42 \times 10^3$ and $48,26 \times 10^3$ mL/g, respectively. The results of the first-order and second-order pseudo-plot curves show that Na and Zr-montmorillonite were in the second-order plot and constant (k_2) were 0,000354 and 0,000458 (g/mg.min), respectively. In conclusion, modification of montmorillonite using Zr increased the uranium adsorption and kinetics. Therefore, this Zr-montmorillonite can be used as an alternative adsorbent for treatment of uranium liquid waste.

Keywords: Adsorption, Na-montmorillonite, Zr-montmorillonite, zirconium(IV) oxychloride octahydrate, uranium solution.

M. Fiqri Sholahudin, Henny Purwaningsih, Erlina Noerpitasari, Boybul, Yanlinastuti. Vol. 29 No. 2, pp. 115 – 124

ANALYSIS OF ISOTHERM, THERMODYNAMICS, AND ADSORPTION KINETICS BEHAVIOUR OF STRONTIUM USING TiO_2 – ZEOLITE LAMPUNG. After being used in the reactor, nuclear fuel produces several fission products, one of which is strontium (^{90}Sr). Strontium isotopes can be used as raw material for making batteries, but the strontium is still mixed with fission products or other isotopes so a separation process is needed. One method of separating strontium is by adsorption. In this research, the Lampung TiO_2 -zeolite mixture was evaluated for its performance as an adsorbent so that it can be used for strontium adsorption. Lampung Zeolite was initially activated using concentrated sulfuric acid to clean pores that still contained impurities. Then the zeolite is mixed with TiO_2 using the stir casting method. The Lampung TiO_2 -zeolite adsorbent obtained was then characterized using Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction Spectrometer (XRD), and Scanning Electron Microscope (SEM). After that, adsorption tests were carried out using isotherm, thermodynamic and kinetic models. The formation of TiO_2 -zeolite which was characterized using FTIR spectroscopy was shown by the presence of a Ti-O-Si absorption peak in the Lampung zeolite after TiO_2 was added. The results of analysis using XRD show that the Lampung zeolite is clinoptilolite and mordenite, and the TiO_2 used has an anatase phase. The results of analysis using SEM indicate that TiO_2 is distributed on the surface of the Lampung zeolite. The adsorption isotherm model for the TiO_2 -zeolite adsorbent fulfills the Langmuir isotherm model. Thermodynamic studies show that the adsorption process is endothermic and not spontaneous, and the kinetics of strontium adsorption follows pseudo second order.

Keywords: Isotherm, adsorption, strontium, TiO_2 , zeolite.

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

e-ISSN: 25280473

Keputusan Dirjen Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi No: 225/E/KPT/2022
Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



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, perancangan, modeling dan kajian. Naskah harus orisinal dan belum pernah diterbitkan. Ketentuan penulisan naskah karya tulis ilmiah adalah sebagai berikut:

1. JUDUL, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 14, *bold* dengan spasi 1
2. NAMA PENULIS, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10, *bold* dengan spasi 1.
3. ALAMAT/UNIT KERJA/ALAMAT EMAIL, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
4. ABSTRAK, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1 dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris maksimum 250 kata, berisi ringkasan latar belakang, tujuan, pelaksanaan, hasil dan simpulan. Di bawah abstrak dituliskan minimal 3 kata kunci dan maksimal 5 kata kunci.
5. PENDAHULUAN, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. 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 1.
7. METODOLOGI/ TATA KERJA, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. Metodologi/Tata Kerja ditulis secara terinci yang memuat metoda, ruang lingkup, bahan dan peralatan yang digunakanserta cara kerja.
8. HASIL DAN PEMBAHASAN, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1. 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 1 yang berisi simpulan dari hasil pembahasan.
10. UCAPAN TERIMA KASIH, bila ada. ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
11. KONTRIBUTOR PENULIS, bila diperlukan. Ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1.
12. DAFTAR PUSTAKA, ditulis menggunakan jenis huruf Arial 10 dengan spasi 1 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/>. Gunakan aplikasi *reference manager* untuk proses sitasi dan penyusunan daftar Pustaka dalam artikel. 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 Mg2Ni 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/>.
13. LAMPIRAN, jika ada.

Ketentuan lain:

- Naskah diketik menggunakan pengolah kata (seperti *Microsoft Word*) sesuai dengan *template* naskah dengan jumlah halaman maksimal sebanyak 15 sudah termasuk gambar dan tabel.
- Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- Naskah dikirim secara daring melalui beranda jurnal (jurnal.batan.go.id/index.php/urania) paling lambat satu bulan sebelum penerbitan.
- Penerbitan jurnal dilakukan 3 (tiga) kali dalam satu tahun, yakni pada bulan Februari, Juni dan Oktober.
- Urania : Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir tidak menerima naskah dengan penulis naskah tunggal.
- Menyerahkan **Pernyataan Etika** dan **Penyerahan Perjanjian Hak Cipta** sebelum artikel dapat dipublikasikan.