

ISSN 1411-3481  
EISSN 2503-1287  
AKREDITASI KEMENRISTEKDIKTI Nomor : 21/E/KPT/2018  
PERINGKAT 2

# Jurnal

## Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia

Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology

Volume 19. No.2 Agustus 2018

Diterbitkan oleh:

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
INDONESIA

JSTNI	Vol. 19	No. 2	Hal. 53-108	Bandung, Agustus 2018	ISSN 1411 - 3481 EISSN 2503-1287
-------	---------	-------	-------------	-----------------------	-------------------------------------

- Pemimpin Redaksi/  
Managing Editor** : Dr. Jupiter Sitorus Pane, M.Sc (*Reaktor - BATAN*)
- Pemimpin Redaksi  
Pelaksana/  
Editor in Chief** : Drs. Duyeh Setiawan, MT (*Radiokimia - BATAN*)
- Redaksi/  
Editorial Board** : 1. Prof. Dr. Mitra Djamal (*Instrumentasi – ITB*)  
2. Dr. Mulya Juarsa, MEng (*Termohidrolika - BATAN*)  
3. Dr. Djoko Hadi Prajitno, MSME (*Ilmu Bahan - BATAN*)  
4. Dr. Topan Setiadipura (*Neutronika - BATAN*)  
5. Dr. rer.nat. Iwan Hastiawan, MS. (*Kimia Anorganik – UNPAD*)  
6. Drs. Putu Sukmabuana, M.Eng. (*Fisika Radiasi - BATAN*)  
7. Dr. Ir. Nathanael Penagung Tendian (*Termodinamika – ITB*)
- Mitra Bestari/  
Peer Reviewer** : 1. Dr. Hussein Kartamihardja, M.Kes, SpKN (*Kedoktrn Nuklir - UNPAD*)  
2. Prof. Dr. Muhayatun, MT (*Kimia Analisis - BATAN*)  
3. Drs. Ketut Kamajaya, MT (*Fisika - BATAN*)  
4. Prof. Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek (*Termodinamika - ITB*)  
5. Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman (*Ilmu Bahan/Metalurgi Fisik - ITB*)  
6. Prof. Drs. Surian Pinem, M.Sc. (*Neutronika – BATAN*)  
7. Prof. Dr. Mikrajuddin Abdullah (*Ilmu Bahan - ITB*)  
8. Prof. Dr. Abdul Waris, M. Eng. *Fisika Reaktor/Fisika Nuklir - ITB*)  
9. Dr. M. Syaifudin (*Biologi Radiasi/Radiobiologi - BATAN*)  
10. Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng (*Ilmu Bahan – BATAN*)  
11. Dr. Rochadi Awaludin (*Radiofarmaka – BATAN*)
- Staf Administrasi/  
Administrative Officers** : Rina Yuliyani  
Dra. Arie Widowati, MT  
M.Basit Febrian, M.Si  
dr. Prabandhini Wardhani.  
Santiko Tri Sulaksono, M.Si
- Alamat Penerbit /Redaksi  
Publisher/Editor Address** : Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan  
(Centre for Applied Nuclear Science and Technology)  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
(NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY OF INDONESIA)  
JL. Tamansari 71 Bandung 40132, Indonesia  
Telp. +62 (22) 2503997 Fax: +62 (22) 2504081  
<http://www.batan.go.id/pstnt>
- Website** : <http://jstni.batan.go.id>
- E-mail** : [jstni\\_batan@batan.go.id](mailto:jstni_batan@batan.go.id)  
[jstni.batan@gmail.com](mailto:jstni.batan@gmail.com)  
[jstni.batan@yahoo.com](mailto:jstni.batan@yahoo.com)
- Frekuensi terbit/Issue** : Setiap bulan Februari dan Agustus  
Every February and August

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Lembar Abstrak	ii - vii
ANALISIS DAN KARAKTERISASI $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$ SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG MIKRO PADA PERALATAN TELEKOMUNIKASI <b>Yunasfi, Siti Nurfadilah, Mashadi dan Wisnu Ari Adi</b> <a href="https://doi.org/">https://doi.org/</a>	53 - 60
EVALUASI UJI PROFISIENSI WEPAL 2015.1 PADA CUPLIKAN TANAH <b>Woro Y. N. Syahfitri, Syukria Kurniawati, Natalia Adventini, Endah Damastuti, Diah D. Lestiani dan Muhayatun</b> <a href="https://doi.org/">https://doi.org/</a>	61 - 70
SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM CONTENT IN $^{99m}Tc$ SOLUTION VIA Mo-TGA-KSCN COMPLEXES FORMATION <b>Muhamad Basit F., Titin Sri Mulyati, Ade Suherman, Natalia Adventini, Yanuar Setiadi, Duyeh Setiawan, Azmairit Aziz</b> <a href="https://doi.org/">https://doi.org/</a>	71 - 80
OPTIMIZATION FOR METHOD IN DETERMINATION OF CHLOR CONCENTRATION IN $PM_{2,5}$ USING EDXRF EPSILON 5 <b>Sri Royani, Muhayatun Santoso, Diah D. Lestiani, Dyah K. Sari and Anni Anggraeni</b> <a href="https://doi.org/">https://doi.org/</a>	81 - 90
RANCANGAN TANGKI TUNDA REAKTOR TRIGA PELAT BANDUNG <b>Reynaldi Nazar, Sudjatmi K. Alfa, Ketut Kamajaya, Rian Fitriana</b> <a href="https://doi.org/">https://doi.org/</a>	91 - 108

Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia  
**Terakreditasi Peringkat 2**  
Sesuai Keputusan Dirjen Penguatan Risbang Kemenristekdikti  
Nomor: 21/E/KPT/2018, tanggal 9 Juli 2018  
Masa berlaku : Vol 17 No.1 tahun 2016 – Vol 21 No.2 tahun 2020

---

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia vol.19, No.2, Agustus 2018 dapat diterbitkan. Edisi jurnal kali ini, menghadirkan lima makalah bertemakan sains dan teknologi nuklir di bidang bahan maju, lingkungan, radioisotop dan reaktor.

Di bidang bahan maju Yunasfi dkk telah melakukan penelitian karakteristik bahan maju  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  menggunakan teknik analisis difraksi sinar-x. Bahan maju ini memiliki prospek untuk digunakan sebagai penyerap gelombang mikro untuk meningkatkan kualitas sistem telekomunikasi. Disimpulkan bahwa  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  dapat diaplikasikan sebagai bahan penyerap gelombang mikro.

Woro Yatu N dkk mengevaluasi validitas metode analisis cuplikan tanah menggunakan teknik Analisis Aktivasi Neutron (AAN). Berdasarkan studi hasil uji profisiensi oleh WEPAL 2015.1 didapatkan kesimpulan bahwa metode AAN baik untuk analisis multielemen matrik tanah dengan hasil analisis yang andal dan tingkat validitas yang baik.

Pengembangan metode spektrofotometri untuk penentuan kadar molibdenum dilakukan untuk pengujian kualitas radioisotop teknesium-99m yang dipisahkan dari molibdenum-99. Pada penelitian yang dilakukan oleh M. Basit. F dkk, didapatkan kesimpulan bahwa metode pengompleksan dengan asam tioglikolat dan kalium tiosianat dapat digunakan untuk penentuan kandungan molibdenum dalam larutan Tc-99m sebagai bagian dari kontrol kualitas

Pengukuran konsentrasi radionuklida alam di tanah sekitar PLTU Labuan telah dilakukan oleh Niken Hayudanti Anggarini dkk. Dalam penelitiannya diketahui radionuklida  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  dan  $^{40}K$  alam tidak ada peningkatan rata-rata konsentrasi radionuklida tersebut di sekitar PLTU Labuan yang signifikan.

Sedangkan Reynaldi Nazar dkk. Membuat Rancangan tangki tunda dari reaktor TRIGA pelat Bandung dan didapatkan kesimpulan bahwa model tangki tunda dengan 3 *baffle plate* adalah model paling menguntungkan karena aliran inlet pendingin primer jatuh bebas, sehingga lebih meringankan kerja pompa, dan mengurangi terjadinya *pressure drop* pada aliran di dalam tangki tunda. Rancangan ini nantinya akan menjadi bagian dari desain konversi reaktor TRIGA 2000 menjadi TRIGA pelat.

Melalui jurnal ini diharapkan para peneliti dari berbagai bidang ilmu dapat saling berbagi informasi hasil penelitian yang telah dilakukannya, sehingga masyarakat mengetahui aplikasi teknik nuklir diberbagai bidang. Semoga Jurnal ini bermanfaat sebagai sumber informasi dalam kegiatan penelitian di Indonesia, dan kepada para penulis yang telah berkontribusi dalam bentuk naskah hasil penelitiannya serta semua pihak yang telah membantu penerbitan Jurnal ini kami ucapkan terima kasih.

Editor

**ANALISIS DAN KARAKTERISASI  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  SEBAGAI  
PENYERAP GELOMBANG MIKRO PADA PERALATAN TELEKOMUNIKASI**

Yunasfi<sup>1)</sup>, Siti Nurfadilah<sup>2)</sup>, Mashadi<sup>1)</sup> dan Wisnu Ari Adi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) – BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan – 15413

<sup>2)</sup>FMIPA – Kimia, Institut Pertanian Bogor (IPB) - Bogor, Alamat, Kota, Kode Pos,  
Email: yunasfi@gmail.com; fadilahsitiurul@gmail.com

Diterima: 08-12-2017

Diterima dalam bentuk revisi: 12-01-2018

Disetujui: 27-07-2018

**ABSTRAK**

**ANALISIS DIFRAKSI SINAR-X DAN KARAKTERISASI  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  SEBAGAI  
PENYERAP GELOMBANG MIKRO OLEH PADA PERALATAN TELEKOMUNIKASI.** Telah dilakukan analisis dan karakterisasi  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  sebagai penyerap gelombang mikro pada peralatan telekomunikasi. Sistem  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  (dengan  $x = 0,50; 0,75; 1,0$  dan  $1,25$ ) disintesis dengan mencampurkan serbuk  $Zn(NO_3)_2$  dan  $Fe(NO_3)_3$  sesuai dengan perbandingan molnya dengan metode sol-gel dan kemudian disintering pada suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Hasil *refinement* dari pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel dengan nilai  $x < 1$  membentuk fasa  $ZnFe_2O_4$  dan  $Fe_2O_3$ , untuk nilai  $x = 1,0$  membentuk fasa tunggal dari  $ZnFe_2O_4$ , sedangkan untuk nilai  $x > 0$  membentuk fasa  $ZnFe_2O_4$  dan  $ZnO$ . Fasa  $ZnFe_2O_4$  memiliki struktur spinel kubik (*space group*  $Fd\bar{3}m$ ), parameter kisi  $a = b = c = 8,428\text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ . Fasa  $Fe_2O_3$  memiliki struktur trigonal (*space group*  $R\bar{3}c$ ), parameter kisi  $a = b = 5,03\text{ \AA}$  dan  $c = 13,7\text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$  dan  $\gamma = 120^\circ$ . Fasa  $ZnO$  memiliki struktur kristal heksagonal (*space group*  $P6_3mc$ ), parameter kisi  $a = b = 3,246\text{ \AA}$  dan  $c = 5,198\text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$  dan  $\gamma = 120^\circ$ . Hasil pengukuran serapan gelombang mikro menunjukkan bahwa sistem  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  dengan nilai  $x = 1,0$  ( $ZnFe_2O_4$ ) memiliki serapan gelombang mikro paling tinggi, yaitu  $\sim 91\%$ . Dengan demikian,  $ZnFe_2O_4$  dapat diaplikasikan sebagai bahan penyerap gelombang mikro.

**Kata kunci :**  $ZnFe_2O_4$ , Difraksi sinar-X, Serapan gelombang mikro, Metode *sol-gel*.

**ABSTRACT**

**ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF THE  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  AS MICROWAVE  
ABSORBER ON THE TELECOMMUNICATION EQUIPMENTS.** Analysis and characterization of the  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  as microwave absorber on the telecommunication have been carried out. The  $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$  (with  $x = 0.50; 0.75; 1.0$  dan  $1.25$ ) system was synthesized by mixing the powder of  $Fe(NO_3)_3$  and  $Zn(NO_3)_2$  with sol-gel methods, and then sintered at  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  for 5 hours. Result of refinement from X-ray diffraction pattern indicated that the sample with the value of  $x < 1$  formed the  $ZnFe_2O_4$  and  $Fe_2O_3$  phase, for the value of  $x = 1.0$  formed a single phase of  $ZnFe_2O_4$ , whereas for the value  $x > 0$  formed the  $ZnFe_2O_4$  and  $ZnO$  phase. The  $ZnFe_2O_4$  phase has a structure of cubic spinel (*space group*  $Fd\bar{3}m$ ) with lattice parameters  $a = b = c = 8.428\text{ \AA}$ ,  $\gamma = \beta = \alpha = 90^\circ$ . The  $Fe_2O_3$  phase has a trigonal structure (*space group*  $R\bar{3}c$ ) with lattice parameters  $a = b = 5.03\text{ \AA}$  and  $c = 13.7\text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$  and  $\gamma = 120^\circ$ . The  $ZnO$  phase has a hexagonal structure (*space group*  $P6_3mc$ ) lattice parameters  $a = b = 3.246\text{ \AA}$  and  $c = 5.198\text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$  and  $\gamma = 120^\circ$ . The results of microwave absorption measurements showed that for the value of  $x = 1.0$  ( $ZnFe_2O_4$ ) has largest microwave absorption of  $\sim 91\%$ . Thus,  $ZnFe_2O_4$  can be applied as a microwave absorbent material.

**Key words:**  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ , X-ray diffraction, microwave absorption, sol-gel methods

**EVALUASI UJI PROFISIENSI WEPAL 2015.1  
PADA CUPLIKAN TANAH**

**Woro Yatu Niken Syahfitri\*, Syukria Kurniawati, Natalia Adventini,  
Endah Damastuti, Diah Dwiana Lestiani dan Muhayatun**

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan, BATAN  
JL. Tamansari No. 71, Bandung, 40132  
\*Email: woro@batan.go.id

Diterima: 06-02-2018  
Diterima dalam bentuk revisi: 29-03-2018  
Disetujui: 10-07-2018

**ABSTRAK**

**EVALUASI UJI PROFISIENSI WEPAL 2015.1 PADA CUPLIKAN TANAH.** Pengendalian kualitas prosedur analitik sangat penting untuk menghasilkan data analisis yang andal. Partisipasi dalam program uji profisiensi yang diselenggarakan oleh WEPAL (*Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories*) 2015.1, merupakan salah satu proses penting untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan teknik analisis yang digunakan di laboratorium serta dalam peningkatan pemanfaatan reaktor riset. Cuplikan ISE (*International Soil Analytical Exchange*) diiradiasi pada fasilitas rabbit system dan dianalisis menggunakan metode AAN (Analisis Aktivasi Neutron). Evaluasi kinerja metode dilakukan dengan uji akurasi dan Z-score. Unsur yang dilaporkan sebanyak 14 unsur yang meliputi Al, As, Ca, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Sc, Ti, V dan Zn. Berdasarkan hasil analisis 14 unsur yang dilaporkan, 57,1-78,6% memuaskan dengan  $|Z| \leq 2$ ; 7,14-21,4% dipertanyakan dengan  $2 < |Z| < 3$  dan 21,4-35,7% tidak memuaskan dengan  $|Z| \geq 3$ . Pada hasil yang tidak memuaskan/*outlier* dilakukan tindakan perbaikan dan hasil analisis menunjukkan terdapat kesesuaian dengan nilai Z-score berkisar antara  $-2 < Z < 2$ . Secara umum, metode AAN baik untuk analisis multielemen matrik tanah dengan hasil analisis yang andal dan tingkat validitas yang baik.

**Kata kunci :** uji profisiensi, AAN, tanah.

**ABSTRACT**

**EVALUATION OF 2015.1 WEPAL PROFICIENCY TEST IN SOIL.** Quality control of analytical procedures is essential for generating reliable analytical data. Participation in the WEPAL (*Wageningen Evaluating Programs for Analytical Laboratories*) 2015.1 is an important process to improve accuracy and precision of analytical techniques used in laboratory and increasing research reactor utilization. ISE (*International Soil Analytical Exchange*) sample was irradiated at the rabbit system facility and analyzed using NAA (neutron activation analysis). Evaluation of method performance was carried out by accuracy test and Z-score calculation. As much as 14 elements were reported i.e.: Al, As, Ca, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Sc, Ti, V, and Zn. Based on analysis result of 14 elements reported, 57.1-78.6% were satisfactory with  $|Z| \leq 2$ ; 7.14-21.4% were questionable with  $2 < |Z| < 3$  and 21.4-35.7% were unsatisfactory with  $|Z| \geq 3$ . For unsatisfactory results/ outliers, corrective action was performed and the results of the analysis are in good agreement with the Z-score value ranging from  $-2 < Z < 2$ . In general, the NAA method is good for the analysis of soil matrices with reliable analysis results and good validity levels.

**Key words:** proficiency test, NAA, soil

---

**SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM CONTENT IN <sup>99m</sup>Tc SOLUTION VIA Mo-TGA-KSCN COMPLEXES FORMATION**

**Muhamad Basit Febrian, Titin Sri Mulyati, Ade Suherman, Natalia Adventini, Yanuar Setiadi, Duyeh Setiawan, Azmairit Aziz**

Center for Applied Nuclear Science and Technology, National Nuclear Energy Agency,  
Jalan Tamansari 71 Kota Bandung 40132  
Email : mbasitf@batan.go.id

*Diterima: 16-02-2018*

*Diterima dalam bentuk revisi: 05-04-2018*

*Disetujui: 02-08-2018*

**ABSTRACT**

**SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM CONTENT IN <sup>99m</sup>Tc SOLUTION VIA Mo-TGA-KSCN COMPLEXES FORMATION.** Quality of Technetium-99m solution is determined from its radiochemical, radionuclidic and chemical purity. One of the major concern about chemical purity of Tc-99m from irradiated natural molybdenum is its molybdenum content or Mo breakthrough. Spectrophotometric method is one of method that could be applied for Mo determination in Tc-99m solution. Molybdenum (V) could form a colored complexes with potassium thiocyanate (KSCN) but Molybdenum (VI) must be reduced before formed a complexes with KSCN. Thioglycolic Acid (TGA) was used as reducing agent to obtain reduced Mo (Mo(V)). A series of optimization process was carried out to find optimum condition of complex formation for analysis purposes. Optimized condition were 3 mL of 25% HCl was added into a volume of Mo sample, followed by 200  $\mu$ L of 10% TGA, 1 mL of 10% KSCN, and water addition up to 10 mL total volume. The method is linear over 2 ppm to 30 ppm Mo with regression coefficient  $0.9988 \pm 0.0007$ . The detection limit was 0.212 ppm Mo. Color of the complex has a stability of absorbance up to 120 minutes while stored at room temperature. No significant deviation occurred when 1000 ppm of oxalic acid, methyl ethyl ketone and iron added into sample solution. This complexing method is suitable for spectrophotometric determination of molybdenum content in Tc-99m solution as a part of quality control process.

**Keywords:** Technetium-99m, Mo breakthrough, activation, complexes, spectrophotometric

**ABSTRAK**

**PENENTUAN KANDUNGAN MOLIBDENUM DALAM LARUTAN <sup>99m</sup>Tc DENGAN SPEKTROFOTOMETRI MELALUI PEMBENTUKAN KOMPLEKS Mo-TGA-KSCN.** Kualitas dari sediaan teknesium-99m ditentukan dari kemurnian radiokimia, radionuklida dan kimianya. Salah satu masalah terkait kemurnian kimia dari Tc-99m hasil iradiasi molibdenum alam adalah kandungan molibdenumnya atau molibdenum lolos. Metode spektrofotometri adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan Mo dalam larutan Tc-99m. Molibdenum (V) dapat membentuk kompleks berwarna dengan kalium tiosianat (KSCN) namun molibdenum (VI) harus direduksi terlebih dahulu sebelum membentuk kompleks dengan KSCN. Asam tioglikolat (TGA) digunakan sebagai reduktor untuk memperoleh Mo tereduksi (Mo(V)). Suatu seri optimasi telah dilakukan untuk menentukan kondisi optimum pembentukan kompleks untuk tujuan analisis. Kondisi optimum itu adalah penambahan 3 mL HCl 25% terhadap sejumlah volume sampel Mo dilanjutkan dengan 200  $\mu$ L TGA 10%, 1 mL KSCN 10% dan penambahan air sampai tanda batas 10 mL. Metode ini linear dari 2 ppm sampai 30 ppm Mo dengan koefisien regresi  $0.9988 \pm 0.0007$ . Limit deteksi metode sebesar 0.212 ppm. Warna kompleks cenderung stabil selama 120 menit pada temperatur ruang. Penyimpangan berlebih tidak terdeteksi saat 1000 ppm asam oksalat, metil etil keton dan besi ditambahkan ke dalam larutan



sampel. Metode pengompleksan ini dapat digunakan untuk penentuan kandungan molibdenum dalam larutan Tc-99m sebagai bagian dari kontrol kualitas.

**Kata kunci:** Teknesium-99m, lolsan Mo, aktivasi, kompleks, spektrofotometri.

---

**OPTIMIZATION FOR METHOD IN DETERMINATION OF CHLOR CONCENTRATION IN PM<sub>2,5</sub> USING EDXRF EPSILON 5**

**Sri Royani<sup>1\*</sup>, Muhayatun Santoso<sup>2</sup>, Diah Dwiana Lestiani<sup>2</sup>, Dyah Kumala Sari<sup>2</sup> and Anni Anggraeni<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Chemistry Padjadjaran University, Bandung, Indonesia.

<sup>2</sup>National Nuclear Energy Agency of Indonesia-BATAN, Bandung, Indonesia.

Email: [sriroyani73@gmail.com](mailto:sriroyani73@gmail.com)

Diterima: 08-06-2018

Diterima dalam bentuk revisi: 19-07-2018

Disetujui: 07-08-2018

**ABSTRACT**

**OPTIMIZATION FOR METHOD IN DETERMINATION OF CHLOR CONCENTRATION IN PM<sub>2,5</sub> USING EDXRF EPSILON 5.** Airborne particulate matter with aerodynamics diameter less than 2.5  $\mu\text{m}$ , PM<sub>2,5</sub>, is one of air pollutant parameter which have adverse impacts for human health and environment. To minimize those adverse impacts, elemental composition of PM<sub>2,5</sub> needs to be characterized so that can be estimated their sources. One of instruments for characterize PM<sub>2,5</sub> is Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) spectrometer. EDXRF was used for measuring the elemental composition of PM<sub>2,5</sub> in Indonesia. This study focused in determination of chlor concentration in PM<sub>2,5</sub> since the optimal condition of chlor quantification using EDXRF spectrometer has not been obtained yet, whereas chlor is one of key element which is needed for source identification of air pollution. Concentration of chlor were determined using calibration curve and sensitivity curve methods. Both of curves were performed using Micromatter standards. The multi-element International Atomic Energy Agency (IAEA) reference materials were used for evaluating the accuracy and precision of the procedure. Our measurements result showed good agreement between observed value and certified value. Their accuracy and precision are more than 90%, to ensure the reliability of analytical results, the comparison with the Particles Induced X-ray Emission (PIXE) results from the same samples were also carried out. The result showed that there was good correlation between EDXRF and PIXE results, this is evidenced by the value of R<sup>2</sup> is 0.9592. It can be concluded that calibration curve and sensitivity curve can be used to quantify of chlor in PM<sub>2,5</sub> accurately.

**Keywords:** Chlor, PM<sub>2,5</sub>, EDXRF Epsilon 5, Calibration Curve, Sensitivity Curve

**ABSTRAK**

**OPTIMISASI UNTUK METODE PENENTUAN KADAR UNSUR KLOOR DALAM PM<sub>2,5</sub> MENGGUNAKAN EDXRF EPSILON 5.** Partikulat udara dengan diameter aerodinamis kurang dari 2,5  $\mu\text{m}$  disebut PM<sub>2,5</sub>, merupakan salah satu polutan udara yang keberadaannya memiliki dampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dalam upaya meminimalisasi dampak buruk tersebut perlu dilakukan identifikasi PM<sub>2,5</sub> melalui karakterisasi kandungan berbagai unsur di dalamnya sehingga dapat diperkirakan sumber penghasilnya. Salah satu instrument untuk karakterisasi PM<sub>2,5</sub> adalah Spektrometer *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (EDXRF). EDXRF telah digunakan untuk analisis multi unsur PM<sub>2,5</sub> di Indonesia. Penelitian ini difokuskan pada penentuan kadar unsure klor dalam PM<sub>2,5</sub> karena kondisi optimal identifikasi unsure klor menggunakan spektrometer EDXRF belum diperoleh, sedangkan klor merupakan salah satu unsure penanda sumber pencemar. Penentuan kadar unsure klor dilakukan menggunakan kurva kalibrasi dan kurva sensitivitas. Standar *Micromatter* digunakan untuk memperoleh kurva sensitivitas dan kurva kalibrasi. Uji akurasi dan presisi dilakukan menggunakan *Certified Reference Material* (CRM) dari *International Atomic Energy Agency*

(IAEA). Hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat kesesuaian yang baik antara nilai terobservasi dengan nilai sebenarnya pada sertifikat, dengan akurasi dan presisi lebih dari 90%. Untuk memastikan hasil analisis, perbandingan dengan *Particles Induced X-ray Emission* (PIXE) dari sampel yang sama juga dilakukan. Hasil menunjukkan terdapat korelasi yang baik antara hasil analisis EDXRF dan PIXE, ini terbukti dengan nilai  $R^2$  sama dengan 0,9592. Hal ini menunjukkan bahwa kurva kalibrasi dan kurva sensitivitas dapat digunakan secara akurat untuk kuantifikasi unsure klor dalam  $PM_{2,5}$ .

**Kata kunci:** Klor,  $PM_{2,5}$ , EDXRF Epsilon 5, Kurva Kalibrasi, Kurva Sensitivitas

**RANCANGAN TANGKI TUNDA  
REAKTOR TRIGA PELAT BANDUNG**

**Reinaldy Nazar, Sudjatmi Kustituantini Alfa, Ketut Kamajaya, Rian Fitriana**

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-BATAN  
Jalan Tamansari No. 71, Bandung, 40132  
E-mail : reinaldynazar@batan.go.id

Diterima: 23-02-2018  
Diterima dalam bentuk revisi: 27-03-2018  
Disetujui: 30-08-2018

**ABSTRAK.**

**RANCANGAN TANGKI TUNDA REAKTOR TRIGA PELAT BANDUNG.** Mengingat elemen bakar TRIGA tidak diproduksi lagi oleh produsen aslinya *General Atomic*, maka perlu diusahakan suatu solusi agar reaktor TRIGA 2000 tetap dapat beroperasi. PSTNT bersama satker-satker lain di BATAN melakukan terobosan baru dengan mengusulkan konversi bahan bakar standard TRIGA ke elemen bakar tipe pelat yang saat ini sudah diproduksi di dalam negeri. Salah satu yang harus mendapatkan perhatian dalam konversi reaktor TRIGA 2000 ke reaktor TRIGA Pelat adalah naiknya paparan radiasi Nitrogen-16 ( $^{16}\text{N}$ ) di permukaan tangki reaktor, karena mengganti moda pendinginan teras reaktor menjadi konveksi paksa. Oleh karena itu perlu dirancang sistem tunda yang ditempatkan pada sistem primer, untuk menunda aliran air pendingin dengan kandungan  $^{16}\text{N}$  keluar dari tangki reaktor hingga paparan radiasi  $^{16}\text{N}$  yang keluar dari tangki reaktor menjadi 1000 mikroSv/jam. Sistem tunda ini diantaranya dapat berupa tangki tunda. Hasil penelitian dengan menggunakan paket program Fluent dan Gambit, diketahui tangki tunda tiga baffle dapat menunda selama 50 detik aliran air pendingin keluar tangki reaktor, untuk meluruhkan  $^{16}\text{N}$  selama 7 kali peluruhan. Pada makalah ini disampaikan hasil kajian rancangan tangki tunda tiga baffle untuk digunakan pada sistem tunda reaktor TRIGA Pelat sebagai reaktor TRIGA 2000 Bandung yang dikonversi.

**Kata kunci:** Reaktor TRIGA Pelat, konversi, elemen bakar tipe pelat,  $^{16}\text{N}$ , tangki tunda

**ABSTRACT.**

**DELAY TANK DESIGN OF BANDUNG TRIGA PLATE REACTOR.** Due to no further production of TRIGA fuel elements by the fuel manufacturer of General Atomic, it is necessary to find a solution so that the TRIGA 2000 reactor can still operate. CANST with other work units in NNEA make a new breakthrough by proposing the conversion of standard TRIGA fuel to the fuel element of plate type which currently has been produced domestically. One of the concerns in the TRIGA 2000 reactor conversion activity is the rising exposure of  $^{16}\text{N}$  radiation in the surface of the reactor tank, since replacing the reactor core cooling modes into forced convection. Therefore it is necessary to design a delay system that is placed on the primary system, to delay the flow of cooling water with  $^{16}\text{N}$  content coming out of the reactor tank until exposure to  $^{16}\text{N}$  radiation coming out of the reactor tank to 1000 microSv/hour. This delay system can be in the form of a delay tank. The results of the study using the Fluent and Gambit program package, it is known that the three baffle delay tank can delay for 50 seconds the flow of cooling water out of the reactor tank to shed  $^{16}\text{N}$  for 7 times. In this paper the results of the study of the delay tank design which has three baffles to be used on the delay system of the TRIGA Plate reactor as the Bandung TRIGA 2000 reactor being converted.

**Keywords:** TRIGA Plate reactor, conversion, plate type fuel element,  $^{16}\text{N}$ , delay tank