

ISSN 1411-3481

EISSN 2503-1287

AKREDITASI KEMENRISTEKDIKTI Nomor : 21/E/KPT/2018

SINTA 2

# Jurnal

## Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia

Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology

Volume 20. No.2 Agustus 2019

Diterbitkan oleh:

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

INDONESIA

JSTNI

Vol. 20

No. 2

Hal. 57-106

Bandung, Agustus 2019

ISSN 1411 - 3481  
EISSN 2503-1287

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Lembar Abstrak	iii - ix
<b>EVALUASI FORMULASI RADIOFARMAKA <math>^{99m}\text{Tc}</math>-SIPROFLOKSASIN DENGAN REDUKTOR <math>\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> dan <math>\text{Sn-TARTRAT}</math></b> Rizky Juwita Sugiharti, Iim Halimah, Maula Eka Sriyani, Eva Maria Widyasari <a href="http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5348">http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5348</a>	57-70
<b>SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BENZOTRIAZOLIUM-BASED IONIC LIQUIDS FOR TECHNETIUM-99M SEPARATION FROM MOLYBDENUM BY IL-MEDIATED EXTRACTION PROCESS</b> Yanuar Setiadi, Muhamad Basit Febrian, Ahmad Mudzakir, Azmairit Aziz, Duyeh Setiawan, A. K. Illahi, D. A. Rahmawati <a href="http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5588">http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5588</a>	71-78
<b>PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE <math>\text{Fe}_{2-x}\text{La}_x\text{TiO}_5</math></b> Yosef Sarwanto, Titin Angraini, Wisnu Ari Adi, Yunasfi <a href="https://doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5381">https://doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5381</a>	79-88
<b>ANALISIS PENENTUAN PDD BERKAS FOTON 6 DAN 10 MV FREE FLATTENING FILTER (FFF) PADA LAPANGAN KECIL MENGGUNAKAN TIGA DETEKTOR YANG BERBEDA</b> Okky Agassy Firmansyah dan Assef Firnando Firmansyah <a href="http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5385">http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5385</a>	89-98
<b>SYNTHESIS OF BUTHYL BROMIDE LABELED <math>^{82}\text{Br}</math> FOR LEAKAGE DETECTION APPLICATION IN INDUSTRIAL PIPELINE SYSTEM</b> Ade Suherman, Titin Sri Mulyati, Iswahyudi, Badra Sanditya Rattyananda, Dessy Cartika, Winda Putri Silpia, Mentik Hulupi, Duyeh Setiawan, Muhamad Basit Febrian <a href="http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5597">http://dx.doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5597</a>	99-106

- 
- 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, MESC (*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. Prof.Dr. rer.nat. Agus Taftazani (*Kimia Lingkungan- UII*)  
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. Prof. Muchtaridi M.Si, Ph.D, Apt (*Farmasi -UNPAD*)
- Redaksi Pelaksana/  
Managing Editors** : M.Basit Febrian, M.Si  
dr. Prabandhini Wardhani.  
Santiko Tri Sulaksono, M.Si  
Badra Sanditya R
- 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

## 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.20, No.2, Agustus 2019 dapat diterbitkan. Edisi jurnal kali ini, menghadirkan lima makalah bertemakan sains dan teknologi nuklir di bidang radioisotop, radiofarmaka, material dan radiomedik.

Senyawa bertanda  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin disiapkan dengan menggunakan dua macam reduktor yaitu  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan Sn-tartrat. Rizky Juwita dkk melaporkan hasil evaluasinya bahwa formulasi radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin dengan dua macam reduktor  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan Sn – tartrat memiliki karakteristik yang berbeda.

Yanuar dkk telah mengembangkan teknik pemisahan  $^{99m}\text{Tc}$  dari  $^{99}\text{Mo}$  melalui ekstraksi cairan ionik berbasis benzotriazolium sebagai ko-ekstraktan. Kondisi optimum untuk mencapai faktor pemisahan tertinggi menggunakan pelarut  $[\text{MeOcbtu}]\text{-I}$ -kloroform. Cairan ionik berbasis benzotriazolium mempunyai potensi sebagai ekstraktan dalam proses pemisahan  $^{99m}\text{Tc}$ .

Studi efek doping La terhadap struktur dan kehilangan refleksi menyerap gelombang mikro dari *pseudobrookite*  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$  untuk membentuk senyawa sistem  $\text{Fe}_2\text{-xLa}_x\text{TiO}_5$  dengan metode kopresipitasi. Yosef dkk melaporkan hasil pengukuran serapan gelombang mikro dengan VNA menunjukkan bahwa serapan maksimal gelombang mikro diperoleh pada komposisi nilai  $x = 0,04$  ( $\text{Fe}_{1,96}\text{La}_{0,04}\text{TiO}_5$ ) yaitu sekitar 94% pada frekuensi 10,52 GHz.

Penentuan persentase dosis kedalaman dari berkas foton 6 dan 10 MV FFF yang dipancarkan pesawat pemercepat linier medik Versa HD. Menurut Okky dkk dapat disimpulkan bahwa pengukuran menggunakan tiga tipe detektor menunjukkan adanya kesesuaian dengan deviasi terbesar lebih kecil dari 3,5%. Detektor PinPoint 3D, Detektor IBA Razor, dan IBA CC13 dapat digunakan untuk melakukan pengukuran relatif pada lapangan kecil hingga  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  pesawat pemercepat linier medik.

Radioisotop berlabel senyawa butil brom-82 ( $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$ ) sebagai perunut dapat disintesis dengan mereaksikan  $\text{K}^{82}\text{Br}$  dengan 1-butanol dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebagai katalis. Ade dkk melaporkan bahwa  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  dengan komposisi 15 mL larutan  $\text{K}^{82}\text{Br}$  (0,1 gr / mL KBr) dan 10 mL 1-butanol memberikan persentase reaksi tertinggi yaitu 40,95% & 50,00%. Berdasarkan hasil ini,  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  cocok untuk diaplikasikan sebagai perunut untuk deteksi kebocoran dalam sistem pipa dengan senyawa organik sebagai cairan medianya.

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.

**EVALUASI FORMULASI RADIOFARMAKA  $^{99m}\text{Tc}$ -SIPROFLOKSASIN DENGAN REDUKTOR  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan Sn-TARTRAT**

**Rizky Juwita Sugiharti, Iim Halimah, Maula Eka Sriyani, Eva Maria Widyasari**

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan, Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Tamansari No.71, Bandung 40132  
Email : wita@batan.go.id

Diterima: 13-03-2019

Diterima dalam bentuk revisi: 14-03-2019

Disetujui: 11-09-2019

**ABSTRAK**

**EVALUASI FORMULASI RADIOFARMAKA  $^{99m}\text{Tc}$ -SIPROFLOKSASIN DENGAN REDUKTOR  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  DAN SN-TARTRAT.**  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin adalah radiofarmaka berbasis antibiotik untuk diagnosis infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Pada penelitian ini radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin disiapkan dengan menggunakan dua macam reduktor yaitu  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan Sn-tartrat. Penelitian ini bertujuan membandingkan masing-masing reduktor untuk menghasilkan radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin dengan nilai kemurnian radiokimia yang tinggi dan akumulasi yang baik di daerah infeksi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada jumlah reduktor  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 25  $\mu\text{g}$  dengan kemurnian radiokimia sebesar  $94,25 \pm 2,04$  dan Sn-tartrat sebanyak 400  $\mu\text{g}$  dengan kemurnian radiokimia sebesar  $95,06 \pm 1,00$ . Pengujian kemurnian radiokimia  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* memperlihatkan profil kromatogram yang sama untuk masing-masing reduktor dengan puncak dari  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin berada pada waktu retensi 7,17 menit. Hasil uji biodistribusi pada paha mencit yang terinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus* untuk formula  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin dengan reduktor  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  1 jam dan 3 jam pasca injeksi menunjukkan rasio target/nontarget relatif konstan yaitu sebesar 2,71 dan 2,25. Sedangkan rasio target/nontarget  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin dengan reduktor Sn-tartrat pada 1 jam dan 3 jam pasca injeksi sebesar 1,78 dan 2,20. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa formulasi radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin dengan dua macam reduktor  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan Sn – tartrat memiliki karakteristik yang berbeda.

**Kata kunci** : radiofarmaka,  $^{99m}\text{Tc}$ -siprofloksasin, reduktor, kemurnian radiokimia

**ABSTRACT**

**EVALUATION OF  $^{99m}\text{Tc}$ -CIPROFLOXACIN FORMULATION WITH REDUCTOR  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  AND Sn-TARTRAT.**  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin is an antibiotic-based radiopharmaceutical for the diagnosis of infections caused by bacteria. In this study,  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin was prepared by using two kinds of reducing agents which were  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and Sn-tartrate. The aim of this study is to compare each of the reducing agents which produce  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin with high radiochemical purity and good accumulation in the infection site. The results of this study showed that the optimum conditions with radiochemical yield  $94.50 + 1.60$  were obtained at 25  $\mu\text{g}$   $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  while Sn-tartrate at 400  $\mu\text{g}$  were obtained radiochemical yield  $93.28 + 2.26$ . Radiochemical purity analysis of  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin using High-Performance Liquid Chromatography showed the same chromatogram profile for each reducing agent with a peak of  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin found at a retention time of 7.17 minutes. Biodistribution study of each reducing agent on thighs of mice infected with *Staphylococcus aureus* showed that formulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin with  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  showed a relatively constant value of target / non target ratio in 1 hour and 3 hours post-injection; 2.71 and 2.25 respectively. While the target / non target ratio value of  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin with Sn-tartrate reducing agents at 1 hour and 3 hours post-injection was 1.78 and 2.20. From the results of the study it can be conclude that the

formulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofoksasin with  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and Sn-tartrate as reductor has different characteristics.

**Key words:** radiopharmaceutical,  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin, reductor, radiochemical purity

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BENZOTRIAZOLIUM-BASED IONIC LIQUIDS FOR TECHNETIUM-99M SEPARATION FROM MOLYBDENUM BY IL-MEDIATED EXTRACTION PROCESS**

**Yanuar Setiadi<sup>1</sup>, Muhamad Basit Febrian<sup>1</sup>, Ahmad Mudzakir<sup>2</sup>, Azmairit Aziz<sup>1</sup>, Duyeh Setiawan<sup>1</sup>, A. K. Illahi<sup>3</sup>, D. A. Rahmawati<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>) Center for Applied Nuclear Science and Technology, National Nuclear Energy Agency  
Jalan Tamansari 71, Bandung 40132, Indonesia

<sup>2</sup>) Chemistry Education Department, Indonesia University of Education  
Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung 40381, Indonesia

<sup>3</sup>) Chemical Analysis Department, State Polytechnic of Bandung  
Gegerkalong Hilir, Bandung 40012, Indonesia  
Email: yanuar-setiadi@batan.go.id

*Diterima : 12-09-2019*

*Diterima dalam bentuk revisi: 16-09-2019*

*Disetujui: 12-10-2019*

**ABSTRACT**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BENZOTRIAZOLIUM-BASED IONIC LIQUIDS FOR TECHNETIUM-99M SEPARATION FROM MOLYBDENUM BY IL-MEDIATED EXTRACTION PROCESS.** Various separation techniques for separation of technetium-99m (<sup>99m</sup>Tc) from molybdenum-99 (<sup>99</sup>Mo) are being developed to overcome the drawbacks of using <sup>99</sup>Mo from neutron activation technique. Ionic liquids (ILs) were used in many extraction processes in metal separation due to their high selectivity. In this research, two benzotriazolium-based ionic liquids were used as co-extractant in <sup>99m</sup>Tc/ Mo separation process via liquid-liquid extraction. 1-octyl-3-methyl-benzotriazolium iodide ([MeOcBtu]I) and 1-octyl-3-methyl-benzotriazolium bis (trifluoromethanesulfonyl) imide ([MeOcBtu]TF<sub>2</sub>N) were successfully synthesized and analyzed by FTIR, <sup>1</sup>H-NMR and <sup>13</sup>C-NMR. Extraction processes were conducted in various organic solvents, pH, and extraction time without/ with ionic liquids addition. The data of ratio between <sup>99m</sup>Tc distribution coefficient compared to Mo distribution coefficient showed that the addition of ionic liquids exhibited significant improvement of separation factor. The separation factor of extraction using conventional water immiscible solvent ranged between 0 – 8 and increased to 30 – 600 as ILs were added. The optimum conditions which achieved highest separation factor were pH 14 using [MeOcBtu]I-chloroform. Benzotriazolium-based ionic liquid potential to be developed as extractant in the separation of <sup>99m</sup>Tc from <sup>99</sup>Mo.

**Keywords:** Ionic liquids, benzotriazolium, technetium-99m, molybdenum, liquid-liquid extraction.

**ABSTRAK**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI CAIRAN IONIK BERBASIS BENZOTRIAZOLIUM UNTUK PEMISAHAN TEKNESIUM-99M DARI MOLYBDENUM MELALUI PROSES EKSTRAKSI.** Berbagai teknik pemisahan teknesium-99m (<sup>99m</sup>Tc) dari molybdenum-99 (<sup>99</sup>Mo) telah dikembangkan untuk mengatasi kelemahan penggunaan <sup>99</sup>Mo yang dihasilkan melalui teknik aktivasi neutron. Cairan ionik (IL) telah banyak digunakan dalam pemisahan logam melalui ekstraksi karena selektivitasnya yang tinggi. Dalam penelitian ini, dua cairan ionik berbasis benzotriazolium digunakan sebagai ko-ekstraktan dalam proses pemisahan <sup>99m</sup>Tc/ Mo melalui ekstraksi cair-cair. 1-oktil-3-metil-benzotriazolium iodide ([MeOcBtu]I) dan 1-oktil-3-metil-benzotriazolium bis (trifluoromethanesulfonyl) imide ([MeOcBtu]TF<sub>2</sub>N) berhasil disintesis dan dianalisis menggunakan FTIR, <sup>1</sup>H-NMR dan <sup>13</sup>C-NMR. Proses ekstraksi dilakukan dalam berbagai pelarut organik, pH, dan waktu ekstraksi tanpa/ dengan penambahan cairan ionik. Data rasio antara koefisien distribusi <sup>99m</sup>Tc dengan koefisien distribusi Mo menunjukkan bahwa

penambahan cairan ionik dalam sistem ekstraksi meningkatkan faktor pemisahan secara signifikan. Faktor pemisahan ekstraksi menggunakan pelarut tak larut air berkisar antara 0 - 8 dan meningkat menjadi 30 - 600 ketika cairan ionik ditambahkan. Kondisi optimum untuk mencapai faktor pemisahan tertinggi adalah proses pada pH 14 menggunakan pelarut [MeOcBtu]-kloroform. Cairan ionik berbasis benzotriazolium mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai ekstraktan dalam proses pemisahan  $^{99m}\text{Tc}$  dari  $^{99}\text{Mo}$ .

**Kata kunci** : Cairan ionik, benzotriazolium, teknesium-99m, molibdenum, ekstraksi cair-cair

**PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS  
GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$**

**Yosef Sarwanto<sup>1</sup>, Titin Anggraini<sup>2</sup>, Wisnu Ari Adi<sup>1</sup>, Yunasfi<sup>1</sup>**

<sup>1)</sup> Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju – BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong

<sup>2)</sup> Program Studi Kimia FST - UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

Email: yosef@batan.go.id

Diterima: 10-04-2019

Diterima dalam bentuk revisi: 27-06-2019

Disetujui: 30-09-2019

**ABSTRAK**

**PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS  
GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ .** Telah dilakukan studi efek doping La terhadap struktur dan kehilangan refleksi menyerap gelombang mikro dari pseudobrookite  $Fe_2TiO_5$  untuk membentuk senyawa sistem  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  dengan metode ko-presipitasi. Sintesis sistem  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  bertujuan untuk membuat material yang dapat berfungsi sebagai peredam paparan gelombang elektromagnetik peralatan elektronik telekomunikasi. Sistem  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  ( $x = 0,01; 0,04$  dan  $0,2$ ) dibuat dari campuran  $FeCl_3$ ,  $LaCl_3$  dan  $TiCl_4$  sesuai dengan perbandingan molnya masing-masing. Campuran bahan ini ditambahkan larutan  $NH_4OH$  sampai dengan pH 12. Endapan yang terbentuk dicuci dengan air demineral sampai pH 7 dan kemudian dikeringkan pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , disinter pada suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Semua sampel dikarakterisasi dengan XRD (*X-ray diffractometer*) untuk identifikasi fasa, SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk pengamatan morfologi permukaan dan VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengukur serapan gelombang mikronya. Hasil identifikasi fasa menunjukkan bahwa komposisi dengan nilai  $x = 0,01$  dan  $0,04$  terbentuk 2 fasa yaitu fasa  $Fe_2TiO_5$  dan  $FeTiO_3$  sedangkan komposisi dengan nilai  $x = 0,2$  juga terbentuk 3 fasa yaitu fasa  $Fe_2TiO_5$ ,  $FeTiO_3$  dan  $La_2Ti_2O_7$ . Hasil pengamatan morfologi permukaan dengan SEM-EDS, menunjukkan bahwa distribusi partikel yang tidak seragam karena memiliki beda fasa. Sedangkan hasil pengukuran serapan gelombang mikro dengan VNA menunjukkan bahwa serapan maksimal gelombang mikro diperoleh pada komposisi nilai  $x = 0,04$  ( $Fe_{1,96}La_{0,04}TiO_5$ ) yaitu sekitar 94% pada frekuensi 10,52 GHz.

**Kata Kunci:** Pseudobrookite, Sistem  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ , Metode ko-presipitasi, Gelombang mikro, Kehilangan refleksi

**ABSTRACT**

**EFFECT OF LA-DOPANT ON STRUCTURE AND MICROWAVE REFLECTION LOSS OF  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  PSEUDOBROOKITE.** Studying the effect of La doping on the structure and microwave reflection loss of pseudobrookite  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  with co-precipitation method has been carried out. The synthesis of  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  system aimed to create material that can function as an absorber for microwave reflection loss in electronic and telecommunication applications. The  $Fe_{2-x}La_xTiO_5$  system ( $x = 0.01, 0.04$  and  $0.2$ ) was synthesized from a mixture of  $FeCl_3$ ,  $LaCl_3$  and  $TiCl_4$  according to the ratio of each mole. After that the mixture was added a  $NH_4OH$  solution up to pH 12. The precipitate formed was washed with demineralization water to pH 7 and then dried at  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , then sintered at  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  for 5 hours. All samples were characterized by using XRD (*X-ray diffractometer*) to perform phase identification, SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) to observe surface morphology and VNA (*Vector Network Analyzer*) observations to measure the microwaves reflection loss. Phase identification results showed that the composition of  $x = 0.01$  and  $0.04$  was formed in 2 phases, namely  $Fe_2TiO_5$  and  $FeTiO_3$  phases, while the composition of  $x = 0.2$  was formed in 3 phases,

namely  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$ ,  $\text{FeTiO}_3$  and  $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ . Observation of surface morphology with SEM-EDS, shows that the distribution of particles is not uniform because it has a phase difference. Meanwhile the results of the reflection loss measurement showed that the maximum microwave absorption was obtained at the composition  $x = 0.04$  ( $\text{Fe}_{1.96}\text{La}_{0.04}\text{TiO}_5$ ) with a reflection loss about -24.95 (~94%) at a frequency of 10.52 GHz.

**Key words:** *Pseudobrookite,  $\text{Fe}_{(2-x)}\text{La}_x\text{TiO}_5$ , co-precipitation method, microwave, reflection loss.*

**ANALISIS PENENTUAN PDD BERKAS FOTON 6 DAN 10 MV FREE FLATTENING FILTER (FFF) PADA LAPANGAN KECIL MENGGUNAKAN TIGA DETEKTOR YANG BERBEDA**

**Okky Agassy Firmansyah dan Assef Firnando Firmansyah**

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN  
Jl. Lebak Bulus Raya-Pasar Jum'at Jakarta Selatan  
Email: okky-agassy@batan.go.id

Diterima : 10-04-2019

Diterima dalam bentuk revisi: 02-09-2019

Disetujui: 21-11-2019

**ABSTRAK**

**ANALISIS PENENTUAN PDD BERKAS FOTON 6 DAN 10 MV FREE FLATTENING FILTER (FFF) PADA LAPANGAN KECIL MENGGUNAKAN TIGA DETEKTOR YANG BERBEDA.** Analisis penentuan persentase dosis kedalaman untuk berkas foton 6 dan 10 MV *flattening filter free* (FFF) pada lapangan kecil menggunakan variasi detektor. Makalah ini menguraikan penentuan persentase dosis kedalaman dari berkas foton 6 dan 10 MV FFF yang dipancarkan pesawat pemercepat linier medik Versa HD. Pengukuran dilakukan menggunakan 3 jenis detektor yaitu IBA Razor dioda, PTW PinPoint 3D dan IBA CC13 yang dihubungkan dengan elektrometer IBA Dose 1. Pengukuran dilakukan di dalam fantom air Blue Phantom IBA yang dilengkapi dengan perangkat lunak MyQA Accept pada jarak sumber radiasi ke permukaan 100 cm dengan variasi lapangan radiasi 1 x 1 cm<sup>2</sup>, 2 x 2 cm<sup>2</sup>, 3 x 3 cm<sup>2</sup> dan 4 x 4 cm<sup>2</sup>. Berdasarkan data yang didapatkan deviasi pengukuran antara detektor IBA Razor terhadap detektor PinPoint 3D didapatkan rentang deviasi 1.8% - 2.1%. Berbeda dengan deviasi pengukuran antara detektor IBA CC13 terhadap detektor PinPoint 3D yang mendapatkan rentang deviasi 0,15% - 0,21%. Maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran menggunakan tiga tipe detektor ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan deviasi terbesar lebih kecil dari 3,5%. Detektor PinPoint 3D, Detektor IBA Razor, dan IBA CC13 dapat digunakan untuk melakukan pengukuran relatif pada lapangan kecil hingga 1 x 1 cm<sup>2</sup> pesawat pemercepat linier medik.

**Kata kunci** : PDD, Lapangan Radiasi Kecil, Radiasi Pencil, IBA Razor Dioda, IBA CC13, PTW PinPoint 3D.

**ABSTRACT**

**ANALYSIS OF PERCENTAGE DEPTH DOSE DETERMINATION FOR 6 AND 10 MV FLATTENING FILTER FREE (FFF) PHOTONS BEAMS AT SMALL FIELDS USING THREE DIFFERENTS DETECTORS.** Analysis of percentage depth dose determination for 6 and 10 MV *flattening filter free* (FFF) photon beams at small fields using various types of detector. This paper describes the measurement of the percentage depth dose for 6 and 10 MV *flattening filter free* (FFF) photon beams produced from an Elekta Versa HD linear accelerator machine. Measurement were carried out using three types of detector, IBA Razor dioda, PTW PinPoint 3D and IBA CC13. The measurement were performed inside inside the Blue Phantom IBA supported with MyQA Accept software for beam scanning at the source to surface distance of 100 cm with field sizes of 1 x 1 cm<sup>2</sup>, 2 x 2 cm<sup>2</sup>, 3 x 3 cm<sup>2</sup> and 4 x 4 cm<sup>2</sup>. Based on the data obtained, the measurement deviation between the IBA Razor detector and the PinPoint 3D detector shows a deviation range of 1.8% - 2.1%. It is different from the measurement deviation between the IBA CC13 detector and the PinPoint 3D detector which has a deviation range of 0.15% - 0.21%. So it can be concluded that the measurement using these three types of detectors shows that there is a match with the largest deviation smaller than 3.5%. The PTW PinPoint 3D ion chamber, the IBA Razor Detector, and the IBA CC13 ion chamber can be used to make relative measurements to small fields up to 1 x 1 cm<sup>2</sup> of linear accelerators.

**Keywords:** *PDD, Small Field, Ionizing Radiation, IBA Razor Dioda, IBA CC13, PTW PinPoint 3D.*

**SYNTHESIS OF BUTHYL BROMIDE LABELED  $^{82}\text{Br}$  FOR LEAKAGE DETECTION  
APPLICATION IN INDUSTRIAL PIPELINE SYSTEM**

**Ade Suherman<sup>1</sup>, Titin Sri Mulyati<sup>1</sup>, Iswahyudi<sup>1</sup>, Badra Sanditya Rattyana<sup>1</sup>, Dessy Cartika<sup>2</sup>, Winda Putri Silpia<sup>2</sup>, Mentik Hulupi<sup>2</sup>, Duyeh Setiawan<sup>1</sup>, Muhamad Basit Febrina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>) Center for Applied Nuclear Science and Technology, National Nuclear Energy Agency  
Jalan Tamansari 71, Bandung 40132, Indonesia

<sup>2</sup>) Chemical Analysis Department, State Polytechnic of Bandung  
Gegerkalong Hilir, Bandung 40012, Indonesia  
Email: adeshrmn1968@gmail.com

Diterima : 17-09-2019

Diterima dalam bentuk revisi: 26-09-2019

Disetujui: 12-10-2019

**ABSTRACT**

**SYNTHESIS OF BUTHYL BROMIDE LABELED  $^{82}\text{Br}$  FOR LEAKAGE DETECTION APPLICATION IN INDUSTRIAL PIPELINE SYSTEM.** The detection of a leakage in an installation or pipeline in industrial complex is difficult to be done because related to security, safety, and operation condition. With expanded radioisotope application as a tracer in industry, hence a leakage in a pipe can be detected easily and quickly without needed excavation or stop the production process. The selection of radioisotope labeled compound as radiotracer should be examined carefully to determine the appropriate and well mixed radiotracer with the material passing through the pipeline system. Radioisotope labeled compound butyl bromide-82 ( $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$ ) as a radiotracer can be synthesized by reacting  $\text{K}^{82}\text{Br}$  with 1-butanol and sulphuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) as a catalyst. The experiment result shows that synthesized  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  by composition of 15 mL  $\text{K}^{82}\text{Br}$  solution (0.1 gr/mL KBr) and 10 mL 1-butanol gave the highest percentage of reactions amount 40,95% & 50,00%. Characterization by FTIR showed that the product has absorption band for C-Br at 514,99-738,74  $\text{cm}^{-1}$ . GCMS analysis showed the peak of  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  together with other 7 peaks of impurities with 43.03% percentage of  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  peak. In distribution coefficient determination of  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  in the test solution from industry (ethylene dichloride), Kd value of 5,1350 was obtained and more than 98%  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  distilled together with ethylene dichloride in 110°C distillation process whereas no radioactivity detected in distillation flask if  $\text{K}^{82}\text{Br}$  was used. Based on these results,  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  is suitable to be applied as radiotracer for leakage detection in pipeline system with organic compounds as passing liquid including ethylene dichloride.

**Keywords:** Bromine-82, Butyl Bromide, Radiotracer, Leakage Detection.

**ABSTRAK**

**SINTESIS BUTIL BROMIDA BERTANDA  $^{82}\text{Br}$  UNTUK APLIKASI PENDETEKSI KEBOCORAN DI SISTEM PERPIPAAN INDUSTRI.** Deteksi kebocoran pada rangkaian atau jalur pipa di area industri sulit dilakukan terkait dengan faktor keamanan, keselamatan, dan kondisi operasi. Dengan ekspansi aplikasi radioisotop sebagai pelacak dalam industri, maka kebocoran pada pipa dapat dideteksi dengan mudah dan cepat tanpa perlu penggalian atau menghentikan proses produksi. Pemilihan senyawa bertanda sebagai radioperunut harus dikaji dengan cermat untuk menentukan perunut yang sesuai dan tercampur baik dengan bahan yang melewati sistem pipa. Radioisotop berlabel senyawa butil brom-82 ( $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$ ) sebagai perunut dapat disintesis dengan mereaksikan  $\text{K}^{82}\text{Br}$  dengan 1-butanol dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebagai katalis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$  yang disintesis dengan komposisi 15 mL larutan  $\text{K}^{82}\text{Br}$  (0,1 gr / mL KBr) dan 10 mL 1-butanol memberikan persentase reaksi tertinggi yaitu 40,95% & 50,00%. Karakterisasi oleh FTIR menunjukkan bahwa produk memiliki pita serap untuk C-Br pada 514,99-738,74  $\text{cm}^{-1}$ . Analisis GCMS menunjukkan puncak  $\text{C}_4\text{H}_9^{82}\text{Br}$

bersama dengan 7 puncak pengotor lainnya dengan 43,03% persentase puncak  $C_4H_9^{82}Br$ . Dalam penentuan koefisien distribusi  $C_4H_9^{82}Br$  dalam larutan uji dari industri (etilen diklorida), nilai  $K_d$  5.1350 diperoleh dan lebih dari 98%  $C_4H_9^{82}Br$  didistilasi bersama-sama dengan etilen diklorida dalam proses distilasi  $110^\circ C$  sedangkan radioaktivitas tidak terdeteksi dalam labu destilasi jika  $K^{82}Br$  digunakan. Berdasarkan hasil ini,  $C_4H_9^{82}Br$  cocok untuk diaplikasikan sebagai perunut untuk deteksi kebocoran dalam sistem pipa dengan senyawa organik sebagai cairan yang lewat termasuk etilen diklorida.

**Kata kunci** : Brom-82, Butil Bromida, Radioperunut, Deteksi Kebocoran.