

---

## PENGARUH PARAMETER PROSES ELEKTRODEPOSISI TERHADAP PENENTUAN BERAT ISOTOP $^{235}\text{U}$ DALAM PEB $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ PASCA IRADIASI

Yanlinastuti, Boybul, Aslina Br.Ginting, Dian Anggraini  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314  
e-mail: ellyhasta@yahoo.com

(Naskah diterima : 21-04-2016, Naskah direvisi: 17-05-2016, Naskah disetujui: 24-05-2016)

### ABSTRAK

**PENGARUH PARAMETER PROSES ELEKTRODEPOSISI TERHADAP PENENTUAN BERAT ISOTOP  $^{235}\text{U}$  DALAM PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  PASCA IRADIASI.** Parameter proses elektrodiposisi yang sangat mempengaruhi penentuan berat  $^{235}\text{U}$  dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi adalah kuat arus, waktu proses, volume umpan dan jenis larutan buffer elektrolit iradiasi. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan parameter proses elektrodiposisi yang optimum dalam menentukan berat isotop  $^{235}\text{U}$  dalam PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi. Proses elektrodiposisi dilakukan dengan beberapa variasi parameter antara lain kuat arus 1; 1,2; dan 1,4 ampere dengan waktu 1; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 jam, volume umpan standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  % mulai dari 100; 300; 500; 700  $\mu\text{L}$  dengan variasi jenis larutan buffer elektrolit  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Hasil proses elektrodiposisi menunjukkan bahwa kondisi optimum proses elektrodiposisi untuk isotop  $^{235}\text{U}$  diperoleh pada kuat arus 1,2 ampere dengan waktu proses selama 2 jam serta jumlah volume umpan sebesar 300  $\mu\text{L}$  dengan buffer elektrolit  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  pada pH 3,5. Hasil proses elektrodiposisi diperoleh berat endapan isotop  $^{235}\text{U}$  sebesar 2,314  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* pengendapan sebesar 99,91%. Parameter optimum yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk proses elektrodiposisi untuk menentukan berat isotop  $^{235}\text{U}$  yang terkandung di dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi dengan volume umpan sebesar 300  $\mu\text{L}$ . Hasil pengukuran dan analisis dengan menggunakan spektrometer alpha diperoleh berat isotop  $^{235}\text{U}$  sebesar 0,403  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* pengendapan sebesar 91,80 %. Dari hasil yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa metoda elektrodiposisi cukup baik digunakan untuk menentukan berat isotop  $^{235}\text{U}$  di dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi.

**Kata kunci:** Elektrodiposisi, isotop  $^{235}\text{U}$ , spektrometer alpha, PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi.

---

## ABSTRACT

**EELECTRODEPOSITION PARAMETER EFFECT ON THE DETERMINATION OF  $^{235}\text{U}$  ISOTOPE IN  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  IRRADIATED FUEL ELEMENT.** *Electrodeposition process for determination of  $^{235}\text{U}$  isotope is effected by current, contact time, feed volume and type of buffer solution. The aim of this research is to obtain optimum parameter of electrodeposition process for  $^{235}\text{U}$  determination in  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  irradiated fuel plate. Electrodeposition process is done by some variation of parameters, that are the current 1; 1.2; and 1.4 ampere with variation of time 1; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0 hours. The standard solution volume of 20%  $\text{U}_3\text{O}_8$  are 100; 300; 500; 700  $\mu\text{L}$  with variation of electrolyte buffer solution  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . The result of electrodeposition process showed that optimum condition electrodeposition process for  $^{235}\text{U}$  isotope was obtained currents 1.2 ampere with process time during 2 hours, and 300  $\mu\text{L}$  volume feed with electrolyte buffer  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  in pH 3,5. The results of the electrodeposition process was obtained 2.314  $\mu\text{g}$  deposition of the isotope  $^{235}\text{U}$  with recovery of 99.91%. The condition optimum parameter above was used for electrodeposition process in determination of  $^{235}\text{U}$  isotope which contained in  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  irradiated fuel element. The spectrometer alpha analysis was obtained weight of  $^{235}\text{U}$  isotope as 0.403  $\mu\text{g}$  with recovery of 91.80%. The conclusion of this research, the electrodeposition methods is good enough to be used for determining  $^{235}\text{U}$  isotope in  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  irradiated fuel plate.*

**Keywords:** *Electrodeposition,  $^{235}\text{U}$  isotope, alpha spectrometre,  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  irradiated fuel plate.*

## PENDAHULUAN

Bahan bakar  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  dengan tingkat muat uranium (TMU)  $2,98 \text{ gU/cm}^3$  yang telah mengalami proses iradiasi di teras reaktor G.A.Siwabessy (RSG-GAS) dengan *burn up* tertentu akan dikirim ke Instalasi Radiometalurgi (IRM) untuk dilakukan pengujian dan analisis PIE (*Post Irradiation Examination*). Kegiatan PIE yang dilakukan di IRM antara lain adalah penentuan *burn-up* secara radiokimia. Dalam penentuan *burn up* secara radiokimia harus ditentukan besarnya kandungan hasil fisi (*fission product*) maupun unsur-unsur bermassa berat (*heavy element*) yang terdapat di dalam bahan bakar  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi khususnya kandungan isotop  $^{235}\text{U}$  yang sisa ( $^{235}\text{U}$  tidak terbakar)<sup>[1]</sup>. Bahan bakar  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi mengandung beberapa hasil fisi seperti isotop  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ba}$ , dan  $^{90}\text{Sr}$  dan unsur bermassa berat diantaranya adalah isotop  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ , dan  $^{238}\text{Pu}$ . Isotop  $^{144}\text{Ba}$  adalah isotop hasil fisi yang masih dapat meluruh dan menghasilkan isotop lain sebagai hasil fisi yang lebih stabil yaitu  $^{90}\text{Sr}$  dan  $^{137}\text{Cs}$ <sup>[2,3]</sup>. Hasil fisi sebagai pemancar radiasi gamma harus dipisahkan dari unsur-unsur bermassa berat sebagai pemancar radiasi sinar alpha. Pemisahan bertujuan untuk mendapatkan kandungan isotop hasil fisi khususnya  $^{137}\text{Cs}$  maupun isotop  $^{235}\text{U}$  yang akurat, sehingga pada saat perhitungan diperoleh *burn up* yang benar. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pemisahan hasil fisi khususnya isotop  $^{137}\text{Cs}$  dengan hasil fisi lainnya menggunakan metode penukar kation dengan zeolit Lampung, sedangkan untuk pemisahan  $^{235}\text{U}$  dengan isotop lainnya sebagai unsur bermassa berat dilakukan dengan kolom penukar anion menggunakan resin Dowex 1x8. Pengukuran dan analisis Isotop hasil fisi pemancar gamma dapat dilakukan dengan spektrometer gamma dan pengukuran unsur bermassa berat pemancar radiasi sinar alpha dilakukan dengan menggunakan spektrometer alpha<sup>[4,5]</sup>.

Spektrometer alpha merupakan alat analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi radiasi sinar alpha dari bahan radioaktif yang diukur pada energi tertentu. Pengukuran dilakukan dengan cara mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi radiasi dengan detektor. Pengukuran radiasi alpha harus dilakukan melalui proses elektrodeposisi terlebih dahulu untuk selanjutnya dapat diukur dengan menggunakan spektrometer alpha<sup>[5,6]</sup>. Hal ini disebabkan karena radiasi sinar alpha mempunyai daya tembus yang sangat kecil sehingga dibutuhkan ketebalan sampel yang sangat tipis dan merata agar dapat dianalisis dengan spektrometer alpha.

Isotop  $^{235}\text{U}$  merupakan unsur radioaktif pemancar alpha ( $\alpha$ ) atau unsur yang mengandung zarah alpha memiliki massa dan muatan yang relative besar, sehingga zarah tersebut dapat berinteraksi dengan materi secara efektif. Akibatnya zarah alpha tersebut mempunyai jarak jangkauan pendek (daya tembus rendah) atau tidak tembus dengan adanya halangan materi walaupun sangat tipis. Isotop uranium yang terdiri dari  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  dan  $^{236}\text{U}$  yang mempunyai energi (MeV) saling bertumpukan antara satu dengan yang lainnya. Hal ini menyebabkan sulit dideteksi secara keseluruhan pada saat pengukuran dengan spektrometer alpha. Isotop  $^{235}\text{U}$  yang terletak di bawah akan tertutupi oleh  $^{235}\text{U}$  yang berada di atasnya sehingga pada saat pengukuran dengan spektrometer alpha tidak dapat dicacah secara sempurna. Hal ini disebabkan karena tenaga zarah alpha mudah diserap oleh bahan yang dilewatinya, mengakibatkan zarah alpha yang dipancarkan dari bagian dalam terhalang oleh ketebalan sampelnya, sehingga besar cacahan yang dihasilkan tidak menyatakan besaran aktivitas (Bq) sampel yang sebenarnya. Untuk mengatasi kendala tersebut, perlu dilakukan penyiapan cuplikan dengan pengendapan uranium secara tipis dan merata menggunakan

metode elektrodeposisi<sup>[7]</sup>. Hasil endapan isotop uranium pada planset *stainless steel* pada katoda dapat dideteksi oleh detektor PIPS secara spektrometer alpha. Untuk mendapatkan sampel yang tipis dapat dilakukan preparasi sampel dengan metoda elektrodeposisi pada kondisi parameter yang optimum. Beberapa parameter yang sangat berpengaruh pada proses elektrodeposisi adalah kuat arus (ampere), tegangan (volt), waktu (jam), volume umpan dan jenis larutan buffer elektrolit yang digunakan<sup>[8,9]</sup>. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter proses elektrodeposisi yang optimum dan selanjutnya digunakan untuk menentukan kandungan isotop <sup>235</sup>U dalam sampel larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi.

#### a. Proses Elektrodeposisi (ED)

Metode elektrodeposisi adalah suatu proses elektrolisa, sama dengan cara-cara pelapisan elektrokimia penyepuhan maupun galvanisasi, tetapi dalam metode ini dilakukan hingga diperoleh hasil pelapisan tipis dan merata. Proses yang terjadi pada elektrodeposisi adalah proses pelapisan katodik. Bilamana sejumlah arus tetap dialirkan ke dalam larutan (dalam sistim elektrokimia) pada rapat arus sekitar 0,01A/cm<sup>2</sup>, maka akan dihasilkan potensial-lebih (*overvoltage*) dan menimbulkan gas O<sub>2</sub> atau H<sub>2</sub>. Kenaikan potensial-lebih dari katoda dan anoda (E<sub>o.c</sub> + E<sub>o.a</sub>) semakin tinggi jika temperatur bertambah, sehingga rapat arus akan menurun secara kontinu selama proses reduksi-oksidasi tersebut berlangsung. Terjadi perubahan konsentrasi hingga mencapai kesetimbangan, sampai ion uranium terendapkan secara sempurna pada katoda. Potensial reduksi tersebut berbanding lurus dengan konsentrasi ion uranium sesuai dengan persamaan Nerst. Reaksi kimia yang terjadi proses elektrodeposisi adalah reaksi reduksi dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

$$E = E^0 - \frac{0,059}{n} \log \frac{[M]_{red}}{[M^{n+}]}$$

reaksi:



dengan E<sup>0</sup> adalah potensial reduksi dari ion logam M<sup>n+</sup> dan E adalah potensial elektroda dengan keaktifan atau konsentrasi logam [M]<sub>red</sub> yang berbilangan oksidasi n serta konsentrasi ion logam [M]<sup>n+</sup>.

#### b. Spektrometri Alpha dandetektor PIPS.

Spektrometri alpha adalah suatu metode untuk pengukuran sumber radioaktif, baik secara kualitatif maupun kuantitatif dengan menganalisis spektrum energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu sampel. Energi sinar alpha yang terukur dipakai sebagai dasar analisis kuantitatif. Efek serapan diri (*self absorption*) merupakan kendala yang harus dihilangkan pada analisis secara spektrometer alpha, karena dapat melemahkan daya tembus zarah alpha yang diterima oleh detektor PIPS (*Passivated Implanted Planar Silicon*). Analisis secara kuantitatif menggunakan spektrometer alpha dilakukan perhitungan dengan persamaan peluruhan radioaktivitas sebagai berikut<sup>[11]</sup>.

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \frac{t}{T}} \quad (2)$$

keterangan:

A<sub>t</sub> = aktivitas pada saat t (Bq atau dps)

A<sub>0</sub> = aktivitas pada saat t=0 (dps)

t = waktu saat t (detik)

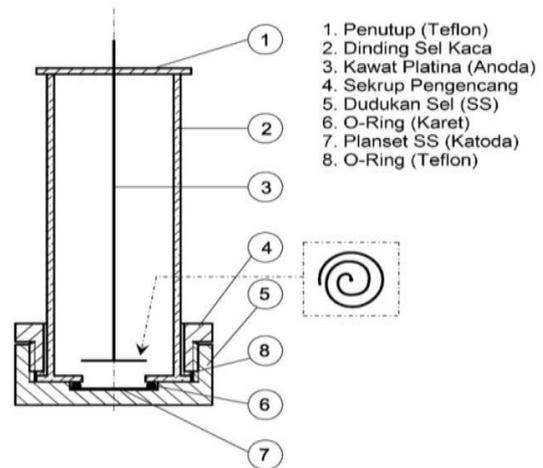
T = waktu paro (detik)

#### METODOLOGI

Penentuan parameter proses elektrodeposisi yang optimum dilakukan dengan menggunakan standar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> dan standar AMR 43. Larutan uranium standar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 20% yang mengandung isotop <sup>235</sup>U dengan konsentrasi 1000 mg/L dan standar AMR 43 digunakan untuk kalibrasi energi Spektrometer alpha. Untuk mendapatkan

(Yanlinastuti, Boybul, Aslina Br. Ginting, Dian Anggraini)

parameter proses elektrodeposisi yang optimal beberapa parameter yang divariasikan antara lain adalah kuat arus (ampere), waktu (jam), volume umpan dan pengaruh penggunaan variasi media buffer-elektroplating dalam proses elektrodeposisi. Waktu proses elektrodeposisi dilakukan dengan variasi 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 jam dengan kuat arus 1,2; 1,4 dan 2,0 A serta volume umpan yang digunakan sebesar 100, 300; 500; 700  $\mu\text{L}$  dengan variasi jenis buffer elektrolit  $\text{NaHSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Planset *stainless steel* (SS) yang bersih diletakkan pada dasar sel elektrodeposisi dan dipasang sel kaca seperti pada Gambar 1. Larutan umpan dengan volume 100  $\mu\text{L}$  ditambahkan larutan buffer elektrolit amonium sulfat,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  1M dengan pH 3,5 hingga mencapai volume 20 mL, kemudian dipasang platina sebagai anoda pada jarak 1 cm di atas katoda. Hidupkan power supply elektrodeposisi dengan kuat arus 1,0 A dan waktu proses selama 1 jam seperti pada Gambar 2. Setelah itu ditambahkan 1mL larutan  $\text{NH}_3$  pekat kemudian planset dibersihkan dengan  $\text{NH}_3$  0,1M dan dibilas menggunakan alkohol, selanjutnya planset SS dikeringkan secara alami. Hal yang sama dilakukan untuk variasi waktu elektrodeposisi sebesar 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 jam dengan variasi kuat arus ;1,2; 1,4 dan 2,0 A serta volume umpan sebesar 300; 500; 700  $\mu\text{L}$ . Hasil proses elektrodeposisi diperoleh endapan sampel diatas planset SS yang mengandung isotop  $^{235}\text{U}$ . Planset SS kemudian diukur kandungan isotop  $^{235}\text{U}$ -nya menggunakan spektrometer alpha dengan waktu cacah selama 20000 detik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil cacahan selanjutnya dievaluasi sehingga diperoleh kandungan isotop  $^{235}\text{U}$  dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi.



Gambar 1. Komponen-komponen sel elektrodeposisi (ED)



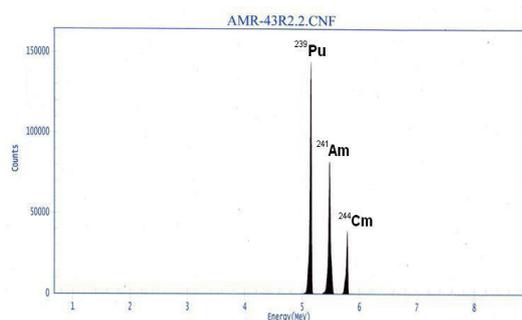
Gambar 2. Rangkaian sel elektrodeposisi dan *power supply*



Gambar 3. Peralatan Spektrometri Alpha

## HASIL DAN PEMBAHASAN

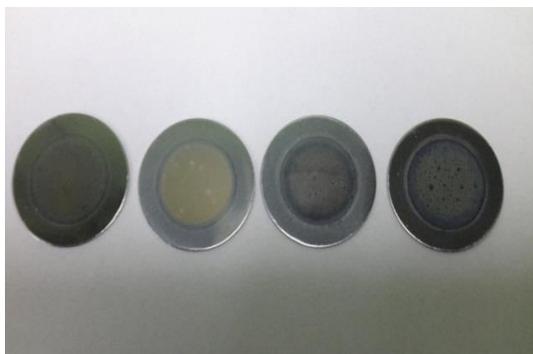
Hasil kalibrasi energi menggunakan sampel standar AMR-43 diperoleh berupa spektrum campuran isotop  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  dan  $^{243}\text{Cm}$  seperti yang terlihat pada Gambar 4.



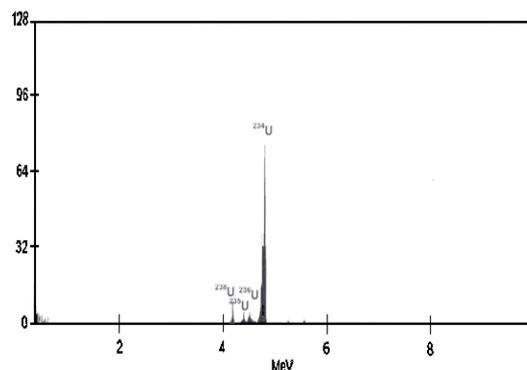
Gambar 4. Spektrum isotop AMR-43 (isotop  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , dan  $^{244}\text{Cm}$ )

Gambar 4 menunjukkan bahwa diperoleh isotop  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , dan  $^{244}\text{Cm}$  dengan energi spesifik masing-masing. Besaran energi tersebut selanjutnya digunakan untuk mengkalibrasi energi alat spektrometer alpha.

Hasil proses elektrodeposisi menggunakan standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  20% dengan variasi volume sampel menghasilkan endapan isotop  $^{235}\text{U}$  yang tipis diatas plasset *stainless steel* seperti yang terlihat pada Gambar 5.

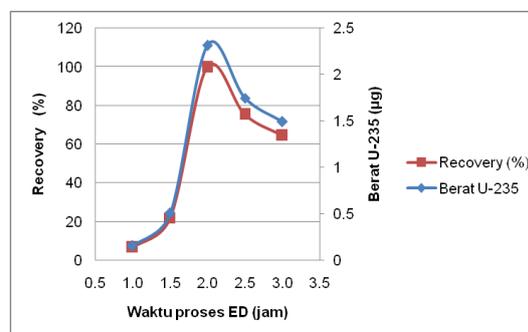


Gambar 5. Endapan  $^{235}\text{U}$  hasil proses ED variasi volume umpan dalam standar  $\text{U}_3\text{O}_8$



Gambar 6. Spektrum isotop  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  dalam standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  20%

Hasil analisis kandungan berat isotop  $^{235}\text{U}$  di dalam larutan standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  20% variasi waktu, arus dan volume dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  20% mengandung berbagai isotop antara lain adalah isotop  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$  dan  $^{234}\text{U}$  yang berada pada masing-masing energi  $^{234}\text{U}=4,774$  MeV,  $^{235}\text{U}=4,397$  MeV,  $^{236}\text{U}=4,494$  MeV,  $^{238}\text{U}=4,194$  MeV. Luas spektrum isotop  $^{235}\text{U}$  yang dihasilkan sebagai variasi waktu proses elektrodeposisi, kemudian dievaluasi sehingga diperoleh waktu proses elektrodeposisi yang optimum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

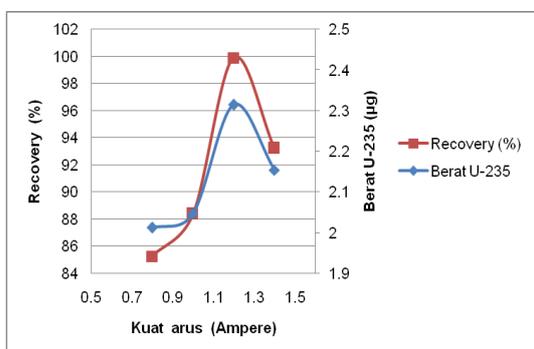


Gambar 7. Pengaruh waktu proses elektrodeposisi terhadap berat  $^{235}\text{U}$

Gambar 7 menunjukkan bahwa waktu proses elektrodeposisi selama 1 dan 1,5 jam diperoleh berat  $^{235}\text{U}$  masih relative kecil yaitu sebesar  $0,154 \mu\text{g}$  dan  $0,507 \mu\text{g}$  atau dengan *recovery* pengendapan sekitar 6,65 % dan 21,89 %. Hal ini disebabkan karena dengan waktu yang digunakan untuk proses elektrodeposisi terlalu singkat, sehingga  $^{235}\text{U}$  belum terendapkan secara sempurna di atas plasset SS. Waktu proses selama 2 jam diperoleh kondisi optimum proses elektrodeposisi untuk pengendapan isotop  $^{235}\text{U}$  diperoleh berat sebesar  $2,314 \mu\text{g}$  atau *recovery* 99,91%. Penggunaan waktu proses elektrodeposisi yang lebih besar yaitu pada 2,5 jam hingga 3 jam menghasilkan berat  $^{235}\text{U}$  lebih kecil yaitu sebesar  $1,748 \mu\text{g}$  dan  $1,493 \mu\text{g}$  atau dengan *recovery* pengendapan masing-masing sebesar 75,47% dan 64,46%. Hal ini terjadi karena endapan  $^{235}\text{U}$  sebenarnya terbentuk

lebih besar bila dibandingkan dengan waktu elektrodeposisi selama 2 jam, namun pada saat pengukuran dengan spektrometer alpha terjadi efek serapan diri (*self absorption*) yang disebabkan karena lapisan endapan <sup>235</sup>U terlalu tebal, sehingga tidak dapat dideteksi oleh detektor PIPS pada saat pengukuran dengan spektrometer alpha.

Pengaruh kuat arus terhadap berat uranium sebagai hasil proses elektrodeposisi ditunjukkan pada Gambar 8.

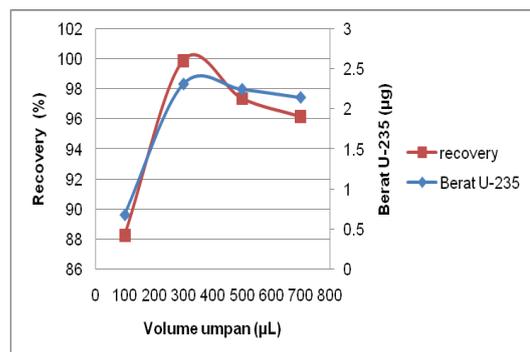


Gambar 8. Pengaruh kuat arus proses elektrodeposisi terhadap berat <sup>235</sup>U

Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa kondisi optimum proses elektrodeposisi untuk pengendapan isotop <sup>235</sup>U berlangsung selama 2 jam dengan kuat arus sebesar 1,2 ampere. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan waktu proses elektrodeposisi dan kuat arus yang digunakan memegang peranan cukup penting. Semakin lama waktu proses elektrodeposisi dan semakin tinggi arus yang digunakan semakin besar endapan isotop <sup>235</sup>U yang diperoleh. Namun setelah waktu elektrodeposisi mencapai 2,5 jam dan kuat arus sebesar 1,4 ampere menyebabkan berat isotop <sup>235</sup>U yang diperoleh justru menurun. Hal ini disebabkan karena isotop <sup>235</sup>U semakin besar yang terendapkan mengakibatkan isotop <sup>235</sup>U pada planset SS semakin menjadi tebal. Pada saat pengukuran dengan spektrometer alpha akan mengganggu pencacahan isotop <sup>235</sup>U pada endapan. Fenomena ini dikenal dengan

efekserapan diri (*self absorption*). Hal ini dapat melemahkan daya tembus sinar alpha dan merupakan kendala yang harus dihilangkan pada pengukuran menggunakan spektrometer alpha.

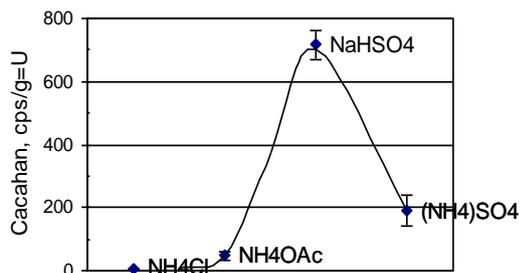
Selain waktu dan kuat arus, proses elektrodeposisi untuk isotop <sup>235</sup>U sangat dipengaruhi oleh volume umpan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar volume umpan yang digunakan semakin besar endapan <sup>235</sup>U yang diperoleh. Namun ketebalan endapan kadangkala menyebabkan isotop <sup>235</sup>U tidak terukur oleh spektrometer alpha secara optimal. Hal ini terjadi karena isotop <sup>235</sup>U merupakan isotop pemancar radiasi alpha mempunyai sifat daya tembus kecil dan daya ionisasi tinggi. Gambar 9 menunjukkan bahwa volume umpan sebanyak 100 µL diperoleh *recovery* pengendapan isotop <sup>235</sup>U sebesar 88,21 %, demikian halnya dengan penggunaan volume umpan sebanyak 300 µL, 500 µL dan 700 µL diperoleh *recovery* pengendapan isotop <sup>235</sup>U masing masing sebesar 99,91 %; 97,38% dan 96,16%. Hasil evaluasi volume umpan standar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> yang optimal diperoleh pada volume umpan 300 µL dengan *recovery* pengendapan sebesar 99,911%.



Gambar 9. Pengaruh volume umpan proses elektrodeposisi terhadap berat <sup>235</sup>U

Pengukuran dan analisis isotop <sup>235</sup>U yang terdapat di dalam standar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 20% dilakukan melalui proses elektrodeposisi dengan 4 jenis media larutan elektrolit yaitu

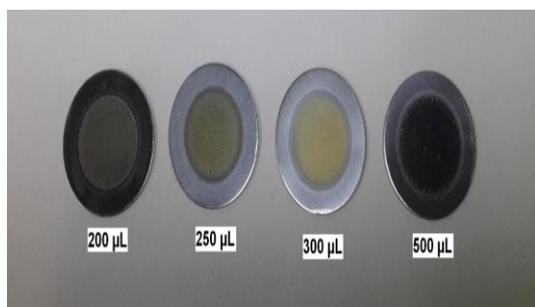
NH<sub>4</sub>-sulfat (ASTM), NH<sub>4</sub>Cl, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, dan NaHSO<sub>4</sub>. Hasil pengukuran dengan spektrometer alpha diperoleh hasil bahwa pada kondisi proses elektrodeposisi yang optimum dalam media buffer NaH-sulfat menunjukkan cacahan lebih tinggi dari pada cacahan hasil elektrodeposisi dalam media lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh penggunaan media buffer-elektrolit terhadap cacahan isotop <sup>235</sup>U

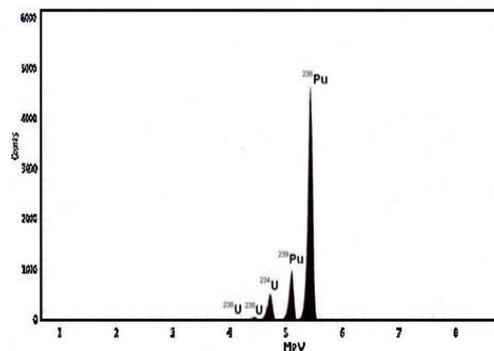
Hasil analisis kandungan isotop <sup>235</sup>U dalam larutan standar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> dengan metode elektrodeposisi diperoleh parameter yang optimum yang sangat berpengaruh meliputi waktu, kuat arus, volume umpan dan jenis larutan buffer elektrolit. Parameter optimal ini selanjutnya digunakan untuk penentuan kandungan isotop <sup>235</sup>U dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi.

Hasil dari proses elektrodeposisi terhadap larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi dengan variasi volume umpan diperoleh endapan isotop <sup>235</sup>U pada plasset SS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Endapan isotop <sup>235</sup>U variasi volume umpan larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi

Hasil pengukuran isotop <sup>235</sup>U yang terkandung di dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi menggunakan spektrometer alpha dengan waktu cacah 20000 detik ditunjukkan pada Gambar 12

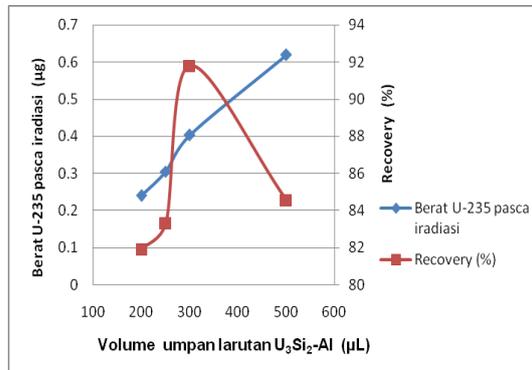


Gambar 12. Spektrum isotop <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>236</sup>U, <sup>234</sup>U dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi

Gambar 12 menunjukkan bahwa spektrum isotop <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>236</sup>U, <sup>234</sup>U sesuai dengan besar energi masing-masing sesuai dengan energi yang terdapat pada Gambar 4 dan 6. Hasil evaluasi diperoleh bahwa hasil proses elektrodeposisi isotop <sup>235</sup>U dan pengukuran isotop <sup>235</sup>U dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi variasi volume umpan 200 µL sampai dengan 500 µL pada kuat arus 1,2 A dan waktu proses elektrodeposisi selama 2 jam menggunakan buffer NaHSO<sub>4</sub> ditunjukkan pada Gambar 13 dan 14.

Gambar 13 menunjukkan bahwa semakin besar volume umpan larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi yang digunakan, semakin besar berat endapan isotop <sup>235</sup>U yang diperoleh. Hal ini sesuai dengan persamaan Nerst, semakin besar volume umpan akan meningkatnya energi potensial ion uranium dalam sampel dan menyebabkan konsentrasi ion uranium yang tereduksi juga semakin besar. Volume umpan sebanyak 200 µL, 250 µL, 300 µL dan 500 µL diperoleh berat isotop <sup>235</sup>U masing-masing sebesar 0,24 µg dengan *recovery* sebesar 81,91 %; 0,305 µg dengan *recovery* pengendapan sebesar 83,33 %;

0,403  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* sebesar 91,80 % dan 0,619  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* 84,56 %.



Gambar 13. Pengaruh volume umpan larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  terhadap berat isotop  $^{235}\text{U}$

Volume umpan sebanyak 200  $\mu\text{L}$  diperoleh berat isotop  $^{235}\text{U}$  sebesar 0,24  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* sebesar 81,91 %. Pada saat pengukuran isotop  $^{235}\text{U}$  menggunakan spektrometer alpha diperoleh kandungan isotop  $^{235}\text{U}$  sebagai hasil dari proses elektrodeposisi yang maksimal pada volume umpan sebanyak 300  $\mu\text{L}$  dengan berat isotop  $^{235}\text{U}$  sebesar 0,403  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* pengendapan sebesar 91,80 %.

## SIMPULAN

Parameter proses elektrodiposisi meliputi kuat arus, waktu proses, volume umpan dan jenis buffer elektrolit sangat mempengaruhi penentuan kandungan  $^{235}\text{U}$  dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi. Parameter proses elektrodeposisi yang optimum untuk penentuan berat isotop  $^{235}\text{U}$  di dalam larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  pasca iradiasi telah diperoleh pada kuat arus 1,2 ampere, waktu proses selama 2 jam dan volume umpan sebanyak 300  $\mu\text{L}$  dengan larutan buffer elektrolit  $\text{NaHSO}_4$ . Berat isotop  $^{235}\text{U}$  di dalam standar  $\text{U}_3\text{O}_8$  20% diperoleh sebesar 2,314  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* pengendapan sebesar 99,91%. Berat isotop  $^{235}\text{U}$  dalam volume umpan 300  $\mu\text{L}$  larutan PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  diperoleh berat isotop  $^{235}\text{U}$  sebesar 0,403  $\mu\text{g}$  dengan *recovery* pengendapan sebesar 91,80%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Bidang Uji Radiometalurgi dan teman-teman kelompok fisikokimia yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini sehingga makalah ini dapat terwujud.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.B. Ginting, (2011), Analisis Isotop Transurium Dalam Bahan Bakar PEB  $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$  Pasca Iradiasi Menggunakan Spektrometer Alpha, URANIA, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, Vol. 17 No.2, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN, Juni 2011.
- [2] J. Real, F. Persin, C. Camarasa Cauret, (2012), *Mechanisms of Desorption Cesium and Strontium Aerosols Deposited on Urban Surfaces*, Journal of Environmental Radioactivity, Volume 62, Issue 1.
- [3] H. Simger, F. Arnold, H. Aufurhoff, R. Bauman, F. Kaether, S. Lindemann, L. Rauch, (2014), *Detection of  $^{133}\text{Xe}$  from the Fukushima Nuclear Power Plant in The Upper Troposphere above Germany*, Journal of Environmental Radioactivity, Volume 132, June 2014.
- [4] J. Janda, P. Sladek, D. Sas, (2010), Electrodeposition of Selected Alpha-emitting Radionuclides from oxalate-ammonium sulfate electrolyte and measured by means of solid-state alpha spectrometry, Journal Radioanal Nuclear Chemistry 286:687-69.
- [5] Aslina .B. Ginting, dkk, (2014), Pembuatan Isotop  $^{137}\text{Cs}$  Sebagai Sumber Radiasi Gamma Untuk Digunakan Dalam Industri, URANIA, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, Vol.3, Oktober 2014, hal 147-155, ISSN 0852-4777.
- [6] Noviarty, Dian.A, Rosika. K, D. Adiantoro, (2009), Optimasi Pengukuran Keaktifan Radioisotop Cs-137 Menggunakan Spektrometer Gamma,

- Prosiding Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-0176, 5 November 2009.
- [7] Muzakky, B.Irianto, (2013), Korelasi Antara Waktu Tinggal, Arus Dan Randemen Pada Penentuan U-234, U-235 Dan U-238 Dengan Spektrometri Alpha, Prosiding Seminar Nasional Tahun 2013, Yogyakarta 22 Oktober 2013, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan –BATAN.
- [8] B.Irianto, Muljono, T.Rusmanto, (2011), Optimasi Rendemen Elektrodeposisi  $^{232}\text{Th}$  Dan Anak Luruhnya Menggunakan Elektrolit  $\text{NH}_3$  Pekat Dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2mL Untuk Spektrometri Alpha, (2011), Prosiding Seminar Penelitian Dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Yogyakarta, 27 Juli 2011, ISSN 1410 – 8178, Buku II hal 194.
- [9] American Standar Test Methods, Standar Practice for The Ion Exchange Separation of Uranium and Plutonium Prior to Isotopic Analysis: (1992), ASTM No C-1411-01. Vol. 12.01.
- [10] Aslina .B.Ginting, Dian .A, Noviarty, Yanlinastuti, A.Nugroho, Boybul, R.Kriswarini, (2013), Pemungutan Isotop Hasil Fisi  $^{137}\text{Cs}$  Dan Unsur Bermassa Berat Dari Bahan Bakar  $\text{U}_3\text{Si}_2\text{-Al}$  Pasca Iradiasi, Seminar Nasional IX SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-017631, Oktober 2013.
- [11] K.Sawada, Y.Enokida, M.Kamiya, T.Koyama, And K.Aoki, (2009), *Distribution Coefficients of U(VI), Nitric Acid and FP Elements in Extraction from Concentrated Aqueous Solutions of Nitrates by 30% Tri-n-butylphosphate Solution*, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.46, No.1.
- [12] A.H.Orabi, (2013). *Determination of Uranium After Separation Using Solvent Extraction from Slightly Nitric Acid Solution and Spectrophotometric Detection*, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, Volume 6, Issue 2, page1-10.