

PEMBAKUAN METODE UJI FISIKO KIMIA PELAT ELEMEN BAKAR U-7Mo/Al DAN U-6Zr/Al PASCA IRADIASI

Noviarty, Andi Haidir, Yanlinastuti, Sutri Indaryati,
Dian A, Rosika, Boybul,
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

Kegiatan uji fisiko kimia pelat elemen bakar nuklir (U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al pasca iradiasi dengan sasaran akhir diperolehnya metode baku uji yang dituangkan ke dalam bentuk dokumen teknis. kegiatan ini meliputi pembakuan metode untuk pelarutan PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al, pemisahan uranium dari molibdenum dan zirkonium dalam PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al dengan cara ekstraksi, pemisahan isotop cesium dalam PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al dengan cara pengendapan menggunakan HClO_4 dan penukar kation, serta pemisahan isotop uranium dalam PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al dengan penukar anion. Parameter proses yang optimal telah diperoleh yaitu: pelarutan pelat elemen bakar U-7Mo/Al menggunakan HCl 6N dan HNO_3 6N, pemisahan U dan Mo menggunakan TBP/Hexan perbandingan 30:70, keasaman HNO_3 3N, waktu proses ekstraksi 5 menit dan stripping 1 menit dengan *recovery* hasil analisis 97,921%. Pemisahan isotop cesium dalam PEB U-7Mo/Al telah di peroleh metode yang optimal yaitu dengan cara pengendapan menggunakan HClO_4 , dan diperoleh *recovery* cesium sebesar 95,56%, sedangkan pemisahan dengan penukar kation diperoleh *recovery* cesium sebesar 26,73%. Pembakuan metode pemisahan isotop uranium dalam PEB U-7Mo/Al menggunakan metode kolom penukar anion baru dilakukan terhadap larutan standar karena sampel PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi belum tersedia. *Recovery* hasil analisis terhadap larutan standar isotop uranium hanya sebesar 63,71%, sehingga metoda yang diperoleh perlu disempurnakan lagi agar *recovery* pemisahan isotop uranium dapat ditingkatkan. Metode uji yang diperoleh selanjutnya akan diterapkan pada pengujian PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi

Kata kunci : PEB U-7Mo/Al, pemisahan U, Mo dan Cs,

PENDAHULUAN

Pelat elemen bakar (PEB) U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al merupakan salah satu bahan bakar reaktor riset yang perlu dipelajari dan diteliti demikian juga dengan pengembangan teknologi fabrikasinya. PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar U_3O_8 dan U_3Si_2 karena mempunyai densitas lebih tinggi dibandingkan bahan bakar U_3O_8 dan U_3Si_2 . Densitas bahan bakar yang tinggi menjadikan jumlah uranium yang dimuatkan ke dalam bahan bakar menjadi lebih banyak tiap satuan volum sehingga pemakaiannya dalam reaktor menjadi lebih lama. Untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar di reaktor maka perlu dilakukan pengujian terhadap PEB tersebut sehingga kehandalan bahan bakar dapat diketahui. Untuk tujuan tersebut maka dilakukan pengujian terhadap PEB yang meliputi pengujian pra iradiasi dan pasca iradiasi (*Post Irradiation Examination*, PIE). Pengujian PIE yang dilakukan antara lain adalah uji tidak merusak (*Non Destructive Test*, NDT) dan uji merusak (*Destructive Test*, DT). Salah satu kegiatan uji merusak adalah analisis fisikokimia untuk menentukan *burn up* bahan bakar. Analisis PIE untuk uji merusak (*Destructive Test*) PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al pasca

iradiasi belum dapat dilakukan, karena rencana uji iradiasi bahan bakar PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al masih dalam proses perizinan dari BAPETEN. Sehubungan dengan hal tersebut maka pada kegiatan ini dilakukan optimasi metode pengujian maupun analisis yang berkaitan dengan parameter uji fisiko kimia diantaranya pada : proses pelarutan PEB, proses pemisahan uranium dengan molibdenum, dan proses pemisahan uranium dan cesium dari isotop hasil fisi, sehingga di peroleh metode baku untuk penentuan *burn up* bahan bakar.^[1.2.3]

Pada proses penentuan *burn up* bahan bakar, parameter uji yang harus diketahui adalah parameter pemisahan isotop cesium dan isotop uranium. Pemisahan isotop ^{137}Cs dilakukan dengan metode pengendapan CsClO_4 dan penukar kation menggunakan zeolit Lampung, sedangkan untuk pemisahan isotop ^{235}U dalam larutan PEB dilakukan dengan metode kolom penukar anion menggunakan resin Dowex. Dari kegiatan ini diharapkan diperoleh metode uji yang valid dan siap digunakan untuk analisis *burn up* PEB U-7Mo/Al dan U-6Zr/Al pasca iradiasi apabila sudah tersedia di *hotcell* IRM.^[4.5]

Sebelum dilakukan kegiatan pembakuan metode terlebih dahulu dilakukan penyusunan *Standard Operation Prosedure* (SOP) untuk penanganan bahaya radiasi sebagai persyaratan bekerja pada zona daerah radiasi. Beberapa SOP yang dibuat antara lain: SOP pelarutan dan SOP pemisahan U dengan Mo, SOP pemisahan ^{137}Cs dengan metode penukar kation dan SOP pengendapan, SOP pemisahan ^{235}U dan ^{239}Pu menggunakan kolom penukar anion. Disamping membuat SOP, dilakukan juga penyusunan HIRADC (*Hazard Identification Risk Assesment Determining Control*) yang diketahui dan disahkan oleh bidang keselamatan (BK) PTBBN serta penggunaan APD (alat pelindung diri) yang sesuai dengan besarnya paparan radiasi yang akan ditangani sehingga kemungkinan potensi bahaya radiasi dan kontaminasi yang terjadi dalam pelaksanaan kegiatan dapat diantisipasi dan diminimalisasi.

METODOLOGI

Lingkup kegiatan yang dilakukan adalah :

1. Pembakuan metode pelarutan PEB U-7Mo/Al pra iradiasi ^[6]:

Proses pelarutan PEB U-7Mo/Al dilakukan dengan dua tahap pelarutan yaitu dengan penambahan HCl untuk melarutkan Al, dan dengan penambahan HNO_3 untuk melarutkan UMo.

Persentase PEB terlarut dapat diketahui.menggunakan persamaan :

$$\% \text{ PEB Terlarut} = \frac{\text{Berat PEB Awal} - \text{Berat PEB sisa}}{\text{Berat PEB awal}} \times 100\% \dots\dots(1)$$

2. Pembakuan metode untuk pemisahan uranium dengan Mo dalam PEB U-7Mo/Al pra iradiasi [7]:

Pemisahan uranium dengan molibdenum (Mo) dilakukan dengan metode ekstraksi menggunakan TBP/ hexan. Selanjutnya uranium yang terikat dalam fasa organik di stripping menggunakan air panas. Uranium yang telah terikat dalam fasa air dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Kandungan uranium dalam fasa air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar

$$y = ax + b \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

y = intensitas larutan x = konsentrasi
 a = slope b = intercept

sehingga % recovery pemisahan dapat diketahui.menggunakan persamaan :

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{Jumlah uranium secara teoritis}}{\text{Jumlah uranium hasil analisis}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

3. Pembakuan metode untuk pemisahan isotop cesium dalam PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi [5]:

Pembakuan metode ini dilakukan secara simulasi dengan menambahkan standar isotop ¹³⁷Cs ke dalam larutan PEB U-7Mo/Al pra iradiasi. Selanjutnya dilakukan pemisahan isotop ¹³⁷Cs dalam larutan PEB U-7Mo/Al tersebut dengan menggunakan metode pengendapan yaitu dengan menggunakan larutan HClO₄ pekat. Endapan CsClO₄ yang terbentuk dianalisis menggunakan spektrometer Gamma, sedangkan pada penggunaan metode penukar kation zeolit Lampung yaitu isotop ¹³⁷Cs dalam PEB U-7Mo/Al ditambah dengan zeolit Lampung, sehingga isotop ¹³⁷Cs dalam larutan PEB tersebut terserap oleh zeolit. Selanjutnya besar isotop ¹³⁷Cs yang terserap dianalisis menggunakan spektrometer gamma[5]. Kandungan isotop cesium dalam sampel dihitung menggunakan persamaan :

$$At(dps) = Aoe^{-0,693t/t_{1/2}} \dots\dots\dots(4)$$

$$At (dps) = \frac{Cps}{Y(E). \epsilon(E)} \dots\dots\dots(5)$$

$$\varepsilon(E) = \frac{\text{Cps}}{Y(E) \cdot A_t \text{ (dps)}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- Ao = Aktivitas awal (sertifikat)
- At = Aktivitas pada saat pengukuran (dps)
- T = Waktu Ao ke waktu At
- t_{1/2} = Waktu paro
- ε(E) = Effisiensi
- Y(E) = Yield (tabel)
- Cps = Cacah per detik (dari pencacahan)

4. Pembakuan metode untuk pemisahan isotop uranium dalam PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi [8]:

Proses pemisahan dilakukan terhadap larutan PEB U-7Mo/Al pra iradiasi yang dialirkan ke dalam kolom penukar anion yang berisi resin DOWEX 1x8 dalam bentuk ⁻Cl. Larutan yang keluar (*effluen* isotop U), selanjutnya diproses elektrodeposisi untuk kemudian isotop uraniumnya di analisis menggunakan spektrometer-α. Kandungan uranium yang dapat dipisahkan dihitung menggunakan persamaan 4,5 dan 6.

CARA KERJA :

Bahan dan peralatan

1. Proses pelarutan PEB U-7Mo/Al, memerlukan bahan HCl, HNO₃ untuk melarutkan sampel, dan air bebas mineral sebagai pengencer/pelarut. Untuk penyiapan cuplikan digunakan gelas piala teflon, pemanas, labu ukur dan pipet gondok.
2. Proses pemisahan U dengan Mo, menggunakan bahan TBP/hexan untuk ekstraksi, air bebas mineral untuk stripping dan gelas beker, pipet gondok, labu ekstraksi, labu ukur, dan pemanas. Untuk analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis terhadap bahan U standar, pengomplek arsenazo III dan air bebas mineral, larutan pengatur pH, HNO₃ encer dan NH₄OH encer. Peralatan yang digunakan yaitu, beker glass, labu ukur, pipet efendof, dan seperangkat alat analisis pH meter dan spektrofotometer UV-Vis
3. Proses pemisahan isotop cesium dalam PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi memerlukan bahan isotop cesium standar, CsNO₃ sebagai *carier*, HCLO₄ untuk proses pengendapan, zeolit Lampung untuk proses penukar kation dan HCl encer sebagai media pengencer. Peralatan yang diperlukan *water bath* untuk pendingin, *sheaker* sebagai pengocok, alat gelas vial untuk wadah sampel, pipet efendof untuk mengambil sampel, timbangan, dan seperangkat alat spektrometer gamma.

4. Proses pemisahan isotop U dalam PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi memerlukan bahan isotop U standar, HCl 12M, resin DOWEX 1x8 dalam bentuk Cl^- dan HNO_3 . Pealatan yang diperlukan yaitu beker gelas, kolom penukar anion, pemanas, seperangkat alat elektrodeposisi dan spektrometer alpha.

Cara Kerja

1. Pelarutan PEB U-7Mo/Al:

Ditimbang dengan teliti ± 0.3 gram PEB U-7Mo/Al dalam gelas beker, tambahkan HCl dengan konsentrasi bervariasi 2N, 4N dan 6N sebanyak 10 ml ke dalam gelas beker 100 mL. Larutan dipanaskan hingga PEB terlarut sempurna. Pemanasan dilakukan di dalam lemari asam, selanjutnya ke dalam beker tersebut ditambahkan HNO_3 dengan konsentrasi bervariasi 2N, 4N dan 6N 10 ml sambil dipanaskan, sehingga U terlarut sempurna. Larutan di saring agar endapan putih dari Mo terpisah. Setelah larutan disaring dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditepatkan hingga tanda batas menggunakan HNO_3 3N.

2. Pemisahan U dan Mo dalam PEB U-7Mo/Al

Larutan PEB U-7Mo/Al di pipet 1ml kemudian diencerkan menjadi 25 mL dengan variasi keasaman pengencer 2N, 3N dan 4N, kemudian di ekstraksi dengan TBP/Hexan menggunakan variasi perbandingan TBP/hexan 30:70; 50:50; 70:30. Waktu ekstraksi bervariasi 5 : 10 dan 15 menit. Dialkukan *stripping* dengan air bebas mineral panas suhu 60-70°C dengan waktu *stripping* 1 ; 3 dan 5 menit. Hasil *stripping* selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan pengomplek arsenazo III.

3. Pemisahan Cs dari larutan PEB U-7Mo/Al

- Ke dalam vial kosong yang sudah diketahui beratnya di pipet 2 mL larutan isotop ^{137}Cs yang sudah diketahui aktivitasnya, kemudian ditambahkan larutan PEB U-7Mo/Al sebanyak 150 μL selanjutnya diendapkan dengan 3mL HClO_4 dalam *ice Bath*, sehingga terbentuk endapan CsClO_4 . Selanjutnya endapan dipisahkan dari supernatan dengan cara dekantasi. Supernatan dan endapan yang telah dipisahkan masing-masing di ukur aktivitasnya menggunakan spektrometer gamma.
- Ke dalam vial kosong yang sudah diketahui beratnya di pipet 2 mL larutan isotop ^{137}Cs yang sudah diketahui aktivitasnya, kemudian ditambahkan larutan PEB U-7Mo/Al sebanyak 150 μL dan 200 mg zeolit Lampung, kemudian dikocok selama 2 jam menggunakan *sheaker* sehingga Cs terikat secara sempurna menjadi endapan Cs-zeolit. Setelah larutan dibiarkan selama 1 hari, endapan Cs-zeolit

dipisahkan dari supernatan dengan cara dekantasi. Supernatan dan endapan yang telah dipisahkan, masing-masing di ukur aktivitasnya menggunakan spektrometer gamma

HASIL DAN PEMBAHASAN

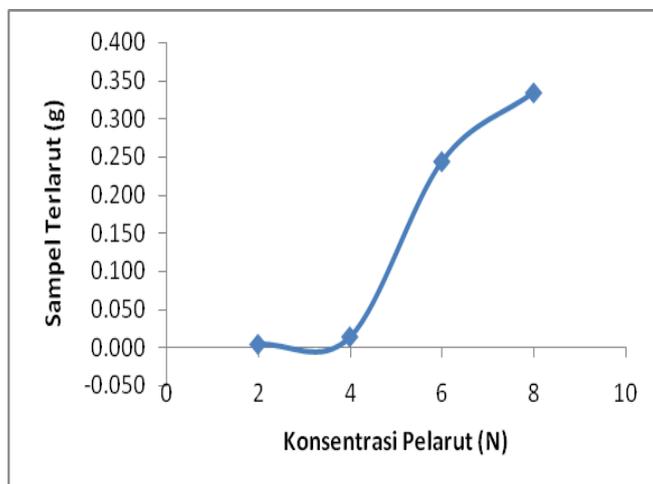
Pelarutan PEB U-7Mo/Al :

Proses pelarutan PEB U-7Mo/Al dilakukan melalui dua tahap yaitu pelarutan Al dan pelarutan UMo. Pelarutan Al dilakukan menggunakan HCl dengan konsentrasi bervariasi berturut-turut 2N, 4N, 6N dan 8N. Setelah proses pelarutan berlangsung selama 10 menit diperoleh data seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 1

Tabel 1 Data pelarutan sampel PEB U-7Mo/Al

Konsentrasi HCl (N)	Berat sampel awal (g)	Berat sampel tersisa (g)	Berat sampel terlarut (g)	% sampel terlarut
2	0,3862	0,3820	0,0042	1,09
4	0,3668	0,3528	0,0140	3,82
6	0,3663	0,1221	0,2442	66,67
8	0,3679	0,0334	0,3345	90,92

Pada Tabel 1 terlihat persentase jumlah sampel yang terlarut paling tinggi yaitu pada konsentrasi pelarut 8N dengan persentase sampel terlarut 90,92%. Untuk pelarutan menggunakan HCl 6N persentase sampel yang terlarut baru mencapai 66,67%. Penggunaan HCl 2N dan 4N persentase sampel yang terlarut baru mencapai 1.09% dan 3.82%. Persentase jumlah sampel yang terlarut semakin banyak dengan semakin tingginya konsentrasi pelarut (HCl) seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar-1 Grafik hubungan jumlah sampel terlarut dengan konsentrasi pelarut

Proses pelarutan sampel dilanjutkan hingga sampel terlarut secara sempurna. Dari proses tersebut diperoleh hasil bahwa sampel telah terlarut secara sempurna menggunakan HCl konsentrasi 8N dalam waktu 12 menit, sedangkan pada konsentrasi 6N proses pelarutan telah sempurna setelah proses pelarutan berlangsung selama 15 menit. Untuk konsentrasi 4N, dan 2N setelah berlangsung selama 7 Jam pelarutan masih belum sempurna karena masih ada PEB yang tersisa, sehingga dapat dinyatakan bahwa untuk proses pelarutan sampel PEB U7Mo/Al, sebaiknya menggunakan larutan HCl 6N atau larutan HCl 8N. Untuk kebutuhan analisis lebih lanjut media larutan dikondisikan dengan HNO₃ dengan keasaman 3N.

Pemisahan unsur U dan Mo dari Larutan PEB U-7Mo/Al

Kegiatan pemisahan U dan Mo diawali dengan mengatur keasaman larutan. Variasi keasaman larutan yaitu 2N, 3N dan 4N, kemudian di ekstraksi menggunakan TBP/hexan bervariasi dengan perbandingan 30:70; 50:50; dan 70:30. Dari hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menggunakan pengomplek arsenazo III, diperoleh parameter optimal penggunaan TBP/hexan untuk pemisahan dengan ekstraksi yaitu pada perbandingan 30:70, dengan keasaman 3N. Hasil analisis ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Pengaruh waktu ekstraksi

No	Keasaman	Konsentrasi U (ppm)
1.	2 N	0.489
2.	3 N	1.480
3.	4 N	0.901

Dari Tabel 2 terlihat kondisi ekstraksi optimal terjadi pada keasaman 3N, sehingga untuk melaksanakan ekstraksi larutan PEB harus dikondisikan dulu medianya pada keasaman 3N. Selanjutnya proses ekstraksi dilakukan dengan variasi TBP/hexan, sehingga diperoleh hasil seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Perbandingan TBP/Hexan

No	Perbandingan TBP/hexan	Konsentrasi U (ppm)
1.	30:70	1,745
2.	50:70	1,179
3.	70:30	0,885

Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil optimal untuk analisis pemisahan U dengan Mo dengan metoda ekstraksi adalah pada perbandingan TBP/hexan 30:70. Setelah diperoleh perbandingan TBP/hexan yang optimal, kemudian dilihat pengaruh waktu ekstraksi pada 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Hasil analisis pengaruh waktu pengocokan ekstraksi ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh waktu pengocokan pada proses ekstraksi

No	Waktu pengocokan, menit	Konsentrasi U (ppm)
1.	5	5,875
2.	10	2,844
3.	15	2,801

Pada Tabel 4 terlihat bahwa lama pengocokan sangat berpengaruh pada pengambilan U dari fasa air, pengocokan yang lama mengakibatkan terjadi pemanasan larutan difasa air sehingga U yang sudah terikat dalam fasa organik terlepas kembali. Untuk melakukan pengukuran U dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga U yang telah terikat dalam fasa organik harus dikembalikan ke fasa air, dengan cara *stripping* menggunakan air panas pada suhu antara 60-70°C. Pada proses *stripping* dilakukan variasi waktu pengocokan dari 5 ; 10 dan 15 menit. Hasil analisis diperoleh waktu *stripping* yang optimal pada pengocokan selama 5 menit, seperti ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh waktu *stripping* U

No	Waktu Ekstraksi, menit	Konsentrasi U, ppm
1.	5	3,893
2.	10	1,596
3.	15	0,309

Pada Tabel 5 pengaruh waktu *stripping*, terlihat bahwa semakin lama pengocokan dilakukan pada proses *stripping* maka semakin kecil U yang dapat dikembalikan ke fasa air. Hal ini disebabkan suhu fasa air sudah berkurang dari suhu (lebih rendah) dari 60°C, sehingga kemampuan air untuk mengikat U melemah. Dari perolehan parameter yang optimal ini dilakukan pemisahan U dengan Mo dalam PEB U-7Mo/Al. Pemisahan dilakukan dengan mengkondisikan media larutan terlebih dahulu pada keasaman 3N, selanjutnya di ekstraksi dengan TBP/hexan 30:70 dan waktu pengocokan 5 menit. Setelah U terikat dalam fasa organik dilakukan proses *stripping* menggunakan air panas pada

suhu antara 60-70°C dengan waktu pengocokan 5 menit. Hasil *stripping* dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil analisis di peroleh *recovery* pemisahan U dengan Mo sebesar 97,921%.

Pemisahan ¹³⁷Cs dari Larutan PEB U-7Mo/Al :

Pemisahan isotop ¹³⁷Cs dari larutan PEB dilakukan dengan dua metode yaitu: pengendapan menggunakan HClO₄ dan penukar kation menggunakan zeolit Lampung. Pemisahan menggunakan metode pengendapan dilakukan secara simulasi dengan penambahan isotop ¹³⁷Cs ke dalam larutan PEB U-7Mo/Al. Selanjutnya endapan dan supernatan hasil proses pengendapan di ukur menggunakan spektrometer gamma. Dari pengukuran di peroleh hasil seperti ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6 Data Hasil Pemisahan Isotop ¹³⁷Cs dari PEB U7Mo/Al.

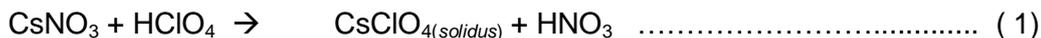
No.	Kode Sampel Pengendapan	Cacah rerata (Count/detik)	Kode Sampel Penukar kation	Cacah rerata (Count/detik)
1.	CsClO ₄ 1	5,6352	Cs-Zeolt 1	1,6252
2.	CsClO ₄ 2	5,5103	Cs-Zeolt 2	1,6099
3.	Supernatan 1	0,2315	Supernatan 1	3,8413
4.	Supernatan 2	0,2339	Supernatan 2	3,8479
5.	Hasil Cacah Standar larutan			5,2476

Hasil cacah sampel yang tertuang dalam Tabel 6 menunjukkan bahwa cesium yang dapat dipisahkan dari PEB U-7Mo/Al dengan menggunakan metode pengendapan lebih banyak dibandingkan dengan cesium yang dapat di dipisahkan dengan metode penukar kation. Berdasarkan hal tersebut dilakukan perhitungan *recovery* pemisahan dari kedua metode tersebut. Hasil perhitungan *recovery* pemisahan cesium dari PEB U-7Mo/Al dituangkan dalam Tabel 7

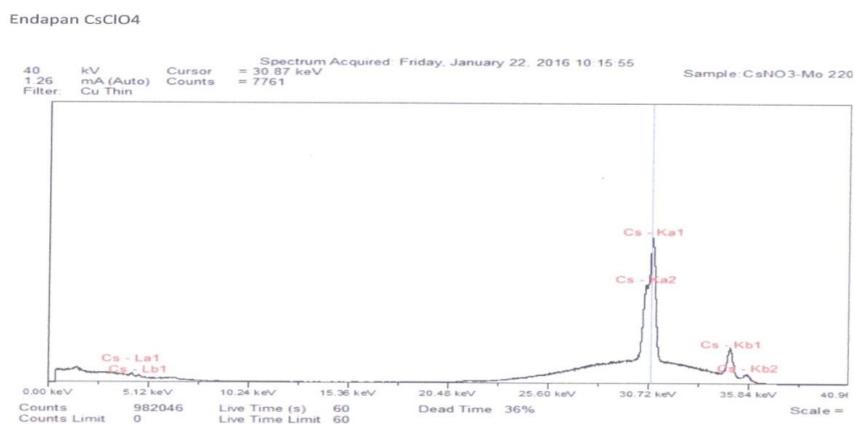
Tabel 7. Data Hasil Perhitungan *Recovery* Pemisahan Isotop ¹³⁷Cs dari PEB U7Mo/Al.

No.	Metode Pengendapan		Metode Penukar kation	
	% Cs dalam Supernatan	<i>Recovery</i> Cs dalam endapan	% U dalam supernatan	% <i>Recovery</i> Cs dalam endapan
1.	4,41	95,59	73,20	26,80
2.	4,46	95,54	73,33	26,67
rerata	4,44	95,56	73,27	26,73

Pada Tabel 7 terlihat bahwa kandungan isotop ¹³⁷Cs rerata hasil proses pengendapan dengan HClO₄ sebesar 95,56%. Hasil pengendapan ini jauh lebih besar dibandingkan hasil proses pemisahan isotop ¹³⁷Cs menggunakan metode penukar kation yaitu 26,73%. Hasil peroses pengendapan menggunakan HClO₄ jauh lebih baik digunakan untuk pemisahan ¹³⁷Cs karena HClO₄ selektif untuk pengendapan cesium. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengendapan tersebut adalah :

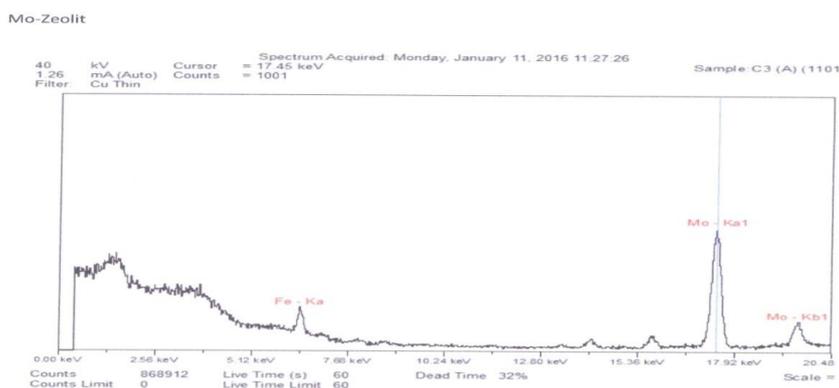


Hal ini dibuktikan dengan spektrum hasil analisis endapan CsClO₄ menggunakan spektrometer XRF (Gambar 2)



Gambar 2. Spektrum hasil analisis endapan CsClO₄ dengan spektrometer XRF

Dari Gambar 2. terlihat bahwa spektrum yang dihasilkan hanya spektrum ¹³⁷Cs, sedangkan spektrum Mo tidak terlihat. Hal ini membuktikan bahwa metode pengendapan menggunakan HClO₄ selektif terhadap pemisahan ¹³⁷Cs. Hasil proses pemisahan isotop ¹³⁷Cs menggunakan metode penukar kation zeolit Lampung terlihat bahwa Cs yang terserap dalam zeolit sangat kecil yang disebabkan Mo juga ikut tertukar dengan kation zeolit membentuk Mo-zeolit. Hal ini dibuktikan dari spektrum hasil pengukuran endapan Mo-zeolit menggunakan alat XRF yang di tunjukkan dalam Gambar 3.



Bagan 1

Gambar 3. Spektrum hasil pengukuran endapan Mo-zeolit dengan spektrometer XRF

Dari kegiatan ini dapat dinyatakan bahwa metoda yang tepat untuk pemisahan isotop Cs dari larutan PEB U-7Mo/Al adalah dengan cara pengendapan menggunakan HClO_4 .

KESIMPULAN

1. Pada pelaksanaan kegiatan DIPA tahun 2015 untuk uji fisiko kimia PEB U-7Mo/Al telah diperoleh parameter yang optimal untuk proses pelarutan PEB U-7Mo/Al yaitu dengan menggunakan HCl 6M dan HNO_3 6M,
2. Pemisahan U dan Mo dalam PEB U-7Mo/Al dengan metode ekstraksi menggunakan TBP/hexan diperoleh parameter optimal dengan perbandingan 30:70, keasaman HNO_3 3N, waktu pengocokan (ekstraksi) 5 menit dan pengocokan waktu *stripping* 1 menit dengan *recovery* hasil analisis 97,921%.
3. Pemisahan isotop Cs dalam PEB U-7Mo/Al telah di peroleh metode yang optimal yaitu dengan pengendapan menggunakan HClO_4 , dan diperoleh *recovery* Cs sekitar 96%.
4. Pembakuan metode pemisahan isotop U di dalam PEB U-7Mo/Al menggunakan metode kolom penukar anion baru dilaksanakan terhadap standar karena sampel PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi belum tersedia.
5. *Recovery* hasil analisis terhadap larutan standar isotop U hanya diperoleh sebesar 63,71%, sehingga metoda ini perlu disempurnakan lagi agar *recovery* pemisahan isotop U dapat ditingkatkan.
6. Metode uji ini selanjutnya akan diterapkan pada pengujian PEB U-7Mo/Al pasca iradiasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih banyak kami sampaikan kepada Bapak Ir. Sungkono M.T dan Bapak Ka. PTBBN Prof Dr. Ridwan atas terlaksananya kegiatan penelitian DIPA tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

1. Supardjo dkk, Pengaruh Serbuk U-7Mo Hasil Proses Mekanik dan *Hydride-Dehydride-Grindingf Mill* Terhadap Kualitas PEB U-7Mo/Al, Majalah Ilmiah Urania Vol.21 No.2 ISSN 0852-4777 BATAN-PTBBN, Juni 2015.
2. Masrukan dkk, Effect of Nb Element Content In UZrNb Alloy on Hardness, Microstructure and Phase Formation, Jurnal Ilmiah Urania Vol.21 No.2 ISSN 0852-4777 BATAN-PTBBN, Juni 2015.
3. Clement J. Rodden, *Analysis of Essential Nuclear Ractor Material*, NEW BRUNSWICK LABORATORY U.S. Atomic Energy Commision, Chappter 6, 1964
4. Siti Amini, Penentuan *Burn up* Bahan Bakar Dispersi U₃O₈-Al, Laporan Teknis, PTBN- BATAN, 2007.
5. American Standard Test Methods, ASTM-E 692-00, Standard Test Methods for Determining the content of cesium-137 in irradiated nuclear fuels by high resolution gamma-ray spectral analysis, Standard Test Method For Nuclear Material, USA, Vol. 12.1(2000).
6. Indaryati,S. Yanlinastuti, "Pemungutan Uranium Dari Gagal Pelat Elemen Bakar U₃Si₂-Al Dengan Cara Pelarutan", Prosiding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir, PTBN-BATAN, Tangerang, 11 September 2007.
7. Yanlinastuti, dkk, "Penentuan Recovery Ekstraksi Uranium dalam TBP/OK dengan Metode Elektrodeposisi", Prosiding Hasil-hasil Penelitian EBN tahun 2008, PTBN-BATAN, Serpong, 2009.
8. American Standard Test Methods, ASTM-E 320-79, *Standar Test Methods for Radiochemical Determination of Uranium Isotopes in Soil by Alpha Spectrometry*, Designation:C1000-90.Vol. 12.01 page 521-524. 1990.