

## PEMISAHAN UMo PADA PEB UMo/Al SECARA ELEKTROLISIS

Heri Hardiyanti<sup>1</sup>, Banawa S Galuh<sup>2</sup>, Lilis Windaryati<sup>3</sup> dan Anne Ariyanita<sup>4</sup>

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Setu, Banten, Indonesia, 15346

e-mail: [hrdyanti@batan.go.id](mailto:hrdyanti@batan.go.id)

### ABSTRAK

PEMISAHAN UMo PADA PEB UMo/Al SECARA ELEKTROLISIS. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) Batan Serpong sedang melakukan penelitian dan pengembangan salah satunya bahan bakar UMo/Al. Adapun produk dari penelitian yang tidak sesuai spesifikasi harus diolah ulang. Oleh karenanya dalam penelitian ini dilakukan pemisahan UMo dengan metoda elektrolisis. Pemisahan serbuk UMo/Al telah dilakukan secara elektrolisis dengan elektroda platina (Pt) sebagai anoda, dan gagal pelat elemen bakar (PEB) sebagai katoda. Sampel yang digunakan merupakan potongan dari PEB UMo/AL dengan ukuran 1x7 cm. Parameter yang dipelajari dalam percobaan ini adalah dengan variabel konsentrasi elektrolit HNO<sub>3</sub> dan arus listrik. Setelah elektrolisis selesai, hasil serbuk UMo yang terendap pada larutan elektrolit dan berat akhir elektroda Pt ditimbang. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi elektrolisis terbaik dicapai pada elektrolit HNO<sub>3</sub> 0,5 N dengan hasil endapan serbuk UMo 0,1632g serta arus listrik 3,5 ampere (A).

**Kata Kunci** – Elektrolisis , Serbuk UMo 2, UMo/Al , Plat Elemen Bakar

### ABSTRACT

*EXTRACTION OF UMo IN UMo/AL FUEL PLATE BY ELECTROLYSIS. Center for Fuel Technology is conducting research and development of nuclear material extraction from rejected fuel product UMo/Al fuel plate. The purpose of the research is to minimize waste containing nuclear material from fuel fabrication. Minimizing the waste can be done by extracting the nuclear material using electrolysis. Extraction of UMo/Al powder has been done by electrolysis method using platinum electrode as anoda and sample sizing 1x7 cm of rejected fuel plate as cathode. The parameters studied are concentration of HNO<sub>3</sub> electrolyte and electric current. Weight of precipitated UMo powder and the rest of platinum electrode are recorded. The experiment results precipitated powder UMo 0,1632 g under optimum condition at Concentration of HNO<sub>3</sub> 0,5 N and electric current 3,5 A.*

*Kata Kunci* – Electrolysis, Serbuk UMo powder, UMo/Al , Fuel Plate

## I. PENDAHULUAN

Penelitian pengembangan bahan bakar reaktor riset di dunia terus dilakukan secara berkelanjutan agar kelak diperoleh bahan bakar baru yang mempunyai tingkat muat uranium (TMU) tinggi. Material bahan bakar reaktor riset yang dikembangkan di dunia diantaranya adalah paduan  $U_3Si_2$ ,  $UZr$ , dan  $UMo$ . Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) Batan, Serpong sedang melakukan penelitian dan pengujian salah satunya bahan bakar  $UMo/Al$ . Bahan bakar  $UMo/Al$  merupakan bahan bakar tipe pelat yang disiapkan sebagai kandidat pengganti bahan bakar sebelumnya yaitu  $U_3O_8/Al$  dan  $U_3Si_2/Al$ . Kedua produk bahan bakar tersebut lebih awal dikonsumsi oleh RSG-GAS yaitu bahan bakar bentuk keramik  $U_3O_8/Al$ , kemudian produk berikutnya yaitu bahan bakar bentuk logam  $U_3Si_2/Al$  [1].

Pemilihan paduan  $UMo$  sebagai kandidat bahan bakar reaktor riset memiliki beberapa keunggulan antara lain : penampang lintang serapan neutron unsur  $Mo$  rendah, tahan terhadap korosi dan berat jenisnya  $>16,4 \text{ g/cm}^3$ , sehingga densitas uranium di dalam bahan bakar dapat ditingkatkan  $> 8 \text{ gU/cm}^3$ . Densitas uranium yang tinggi sangat menguntungkan karena muatan  $^{235}U$  di dalam bahan bakar dapat lebih banyak sehingga umur pemakaian dapat lebih lama dan ekonomis.[2]

Plat Elemen bakar  $UMoAl$  yang dibuat ditunjukkan pada gambar 1, adalah PEB dengan densitas uranium bahan bakar  $U-7Mo/Al$  :  $7 \text{ g U/Cm}^2$ , Berat  $U-7Mo$  dan  $Al$  :  $10,334 \text{g}$ . Dimensi IEB mini :  $(25 \times 15 \times 2,98) \text{ mm}$ , setelah mengalami pengerolan IEB akan mengalami pemanjangan pelat rata rata menjadi  $(150 \times 15 \times 0,5) \text{ mm}$ .



Gambar 1.PEB  $UMo/Al$

Pada setiap proses baik bahan bakar  $UMo/Al$  maupun bahan bakar lainnya, harus dikenai uji kualitas mulai dari uji bahan dasar, produk setengah jadi hingga produk akhir bahan bakar. Apabila hasil uji yang diperoleh tidak memenuhi persyaratan

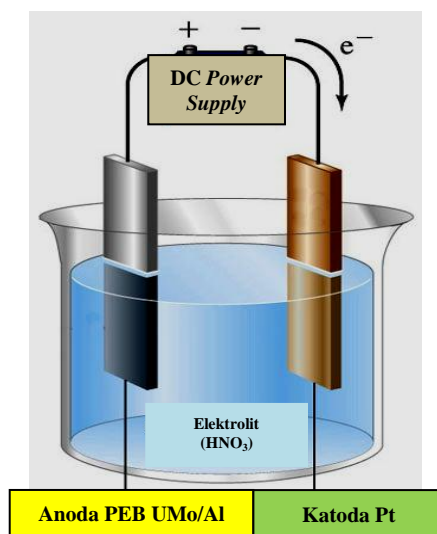
atau spesifikasi bahan bakar, maka bahan bakar tersebut dianggap sebagai produk gagal. Setiap proses fabrikasi tentunya akan ada produk yang tidak sesuai spesifikasi dan harus diolah ulang. Penelitian dan pengembangan mengenai fabrikasi UMo tentunya harus diimbangi dengan penelitian dan pengembangan untuk pengambilan ulang gagal. Agar supaya segi ekonomi, akuntabilitas bahan nuklir, serta keselamatan lingkungan terpenuhi, maka UMo yang berada dalam bahan bakar UMo/Al harus dipungut kembali menggunakan teknologi olah ulang dingin (*cold recovery process*).<sup>[3]</sup>

Teknik elektrolisis (*short recovery process*) dilakukan untuk meningkatkan hasil *recovery* UMo yang dilakukan secara konvensional. <sup>[4]</sup> Penanganan proses dilakukan dengan jalan gagal PEB UMo/Al dipotong-potong dan dipakai sebagai elektroda (anoda), sedangkan katoda menggunakan bahan platina (Pt) yang dapat dipakai sebagai parameter proses elektrolisis.<sup>[5]</sup>

## II. TEORI

Proses pengambilan ulang UMo dari gagal PEB UMo/Al mengadopsi teknik elektrolisis dengan menggunakan Hukum deret volta's , yang menyatakan bahwa unsur-unsur logam Li, Mg, Al, dan seterusnya (bertindak sebagai anoda), sedangkan di sebelah kanan unsur hidrogen (H) yaitu Cu, Hg, Ag, Pt, dan Au (bertindak sebagai katoda). Dalam hukum tersebut dikatakan pula bahwa semakin ke kanan dari unsur hidrogen semakin kuat menarik/mengikat unsur di sebelah kiri unsur hidrogen. <sup>[6]</sup>

Persamaan Nernst menyatakan bahwa selama proses elektrolisis berlangsung, dapat terjadi proses oksidasi, atau proses reduksi, dan atau dapat terjadi proses kedua-duanya (oksidasi-reduksi). Ilustrasi proses *recovery* UMo dari gagal PEB UMo/Al menggunakan teknik elektrolisis seperti ditunjukkan pada Gambar 1 <sup>[5]</sup>.



Gambar 2. Foto percobaan elektrolisis dari gagal PEB UMo/Al [7]

### III. METODE

#### A. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah gagal PEB UMo/Al, larutan elektrolit  $\text{HNO}_3$  dan plat Pt. Rangkaian peralatan elektrolisis yang digunakan pada penelitian ini adalah DC Power Supply, Beker Glass. Gambar 3 adalah rangkaian proses penelitian elektrolisis yang dilakukan.

#### B. Tata kerja

Proses pengambilan ulang UMo menggunakan metoda elektrolisis pada penelitian ini dilakukan dengan cara memotong gagal PEB UMo/Al berukuran 10 mm x 70 mm (sebagai anoda), kemudian dicelupkan dalam beker gelas yang berisi larutan elektrolit  $\text{HNO}_3$  dan sebagai katoda digunakan Pt, selanjutnya dialiri arus searah dari sumber DC power supply. Susunan peralatan untuk proses elektrolisis ditunjukkan pada gambar 3. Dalam percobaan digunakan parameter arus dengan rentang (2 A s/d 4.5 A) dan konsentrasi elektrolit dengan rentang konsentrasi (0,5 N, s/d 3 N). Pembahasan dilakukan berdasarkan berbagai pustaka yang mengetengahkan proses elektrolisis dengan berbagai parameter, selanjutnya dilakukan evaluasi dari berbagai parameter tersebut.



Gambar 3. Rangkaian peralatan Elektrolisis

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses pemisahan UMo pada PEB dengan cara elektrolisis bisa dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 serta gambar 1 dan gambar 2 dibawah ini. Parameter yang berpengaruh pada penelitian ini adalah variabel konsentrasi dari larutan elektrolit dan variabel arus pada proses elektrolisis.

##### 1. Pengaruh Konsentrasi larutan Elektrolit

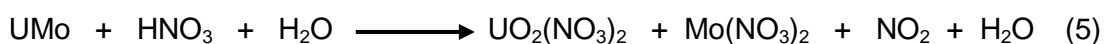
Dalam proses elektrolisis larutan elektrolit  $\text{HNO}_3$  terurai menjadi ion-ion seperti ditunjukkan pada reaksi (1-2)<sub>[14]</sub> berikut :



Selama berlangsungnya proses elektrolisis pada elektroda akan dilepaskan gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Untuk menghindari agar tidak terlalu banyak/cepat laju gas  $\text{H}_2$  yang mengakibatkan letupan, maka *setting* parameter yang harus diperhatikan .

Pada reaksi ionisasi (1) selanjutnya bereaksi dengan Al (*cladding* dan matriks) dari gagal PEB UMo/Al membentuk reaksi (5) dan diawali oleh paduan fisik :

$\text{UMo/Al} \longrightarrow \text{UMo} + \text{Al}$  dan reaksi ikatan ion (3-5) <sub>[1,8-13,14]</sub>



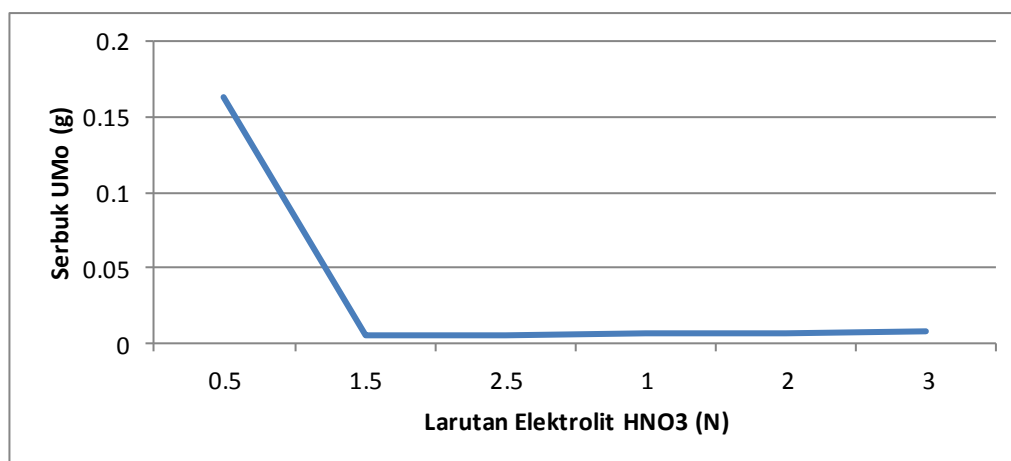
Reaksi-reaksi (1-5) tersebut dapat terjadi apabila proses elektrolisis belum dilaku-kan/dijalankan. Namun, apabila sampai proses elektrolisis terjadi kegagalan,

maka tetap dapat diperoleh UMo meskipun memerlukan proses pemungutan yang panjang (*long recovery process*). Oleh karena itu untuk mengatasi agar dapat terhindar dari terjadinya reaksi (1-3), maka pengaturan parameter proses harus diterapkan sebelum proses dimulai.

Tabel 1. Hasil Penimbangan serbuk UMo setelah proses elektrolisis Parameter tetap : Arus 3,5 ampere (A) , waktu 1 jam , jarak 5 cm antara elektroda

| NO | Larutan HNO <sub>3</sub> (N) | Penambahan Berat Pt setelah proses (g) | Berat Serbuk UMo (g) | Berat U terlarut (g) | Berat PEB Rontok dan terlarut (%) |
|----|------------------------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1  | 0,5                          | 0,0126                                 | 0,1632               | 0,5320               | 81,44                             |
| 3  | 1                            | 0,0008                                 | 0,0069               | 0,5638               | 77,43                             |
| 4  | 1,5                          | 0,0009                                 | 0,0045               | 0,5192               | 74,57                             |
| 5  | 2                            | 0,0005                                 | 0,0069               | 0,5696               | 74,71                             |
| 6  | 2,5                          | 0,0002                                 | 0,0046               | 0,5951               | 82,47                             |
| 7  | 3                            | 0,0004                                 | 0,0073               | 0,5949               | 83,70                             |

Tabel 1 menunjukkan data hasil penambahan berat plat katoda Pt, berat serbuk UMo yang dihasilkan juga berat U yang terlarut dalam larutan elektrolit setelah proses elektrolisis berlangsung. Parameter larutan elektrolit HNO<sub>3</sub> yang digunakan dengan rentang (0,5 N s/d 3 N).



Gambar 4. Grafik hubungan antara Larutan Elektrolit dengan serbuk UMo hasil elektrolisis

Berdasarkan grafik pada gambar.4 terlihat bahwa endapan serbuk UMo yang paling banyak dihasilkan pada proses elektrolisis menggunakan parameter larutan elektrolit HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 0,5N. Sehingga berdasarkan parameter tersebut, di peroleh endapan serbuk UMo sebanyak 0,1632 g.

## 2. Pengaruh Arus Listrik

Penggunaan parameter arus yaitu dinyatakan dengan berat unsur (Al) yang diikat/menempel pada elektroda (katoda). Dengan banyaknya Al yang menempel pada plat Pt mengakibatkan pula endapan serbuk UMo yang diperoleh lebih banyak. Dari analisis yang dilakukan pada katoda Pt dengan XRF ditemukan adanya Al yang menempel pada katoda Pt. Sedangkan serbuk UMo menjadi endapan di dalam larutan elektrolit HNO<sub>3</sub>.

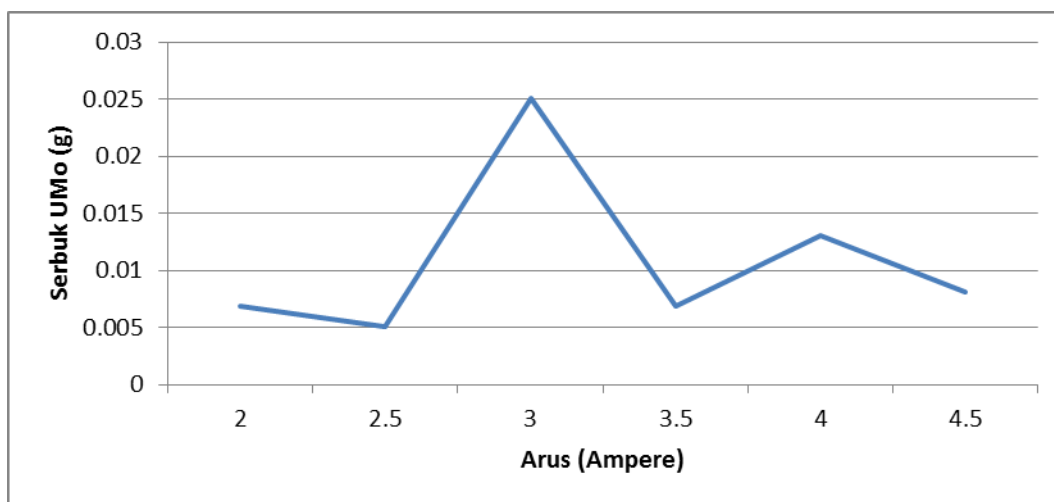
Penggunaan parameter arus sesuai dengan hukum Faraday yang menyatakan bahwa efisiensi arus yang terjadi pada proses pelapisan Al menempel pada katoda (Pt) sangat erat kaitannya dengan arus listrik yang mengalir dalam proses elektrolisis.

[8]

Tabel 2. Hasil Penimbangan serbuk UMo setelah proses elektrolisis Parameter tetap :  
Larutan elektrolit 1 N , waktu 1 jam, jarak 5 cm antara elektroda

| NO | Arus (ampere) | Berat Pt (g) | Berat Serbuk UMo (g) | Hasil U terlarut (g) | Berat PEB Rontok dan terlarut (%) |
|----|---------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1  | 2             | 0,0013       | 0,0069               | 0,5844               | 78,6                              |
| 2  | 2,5           | 0,0015       | 0,0051               | 0,5777               | 79,45                             |
| 3  | 3             | 0,0015       | 0,0251               | 0,6188               | 76,54                             |
| 4  | 3,5           | 0,0014       | 0,0069               | 0,5638               | 79,49                             |
| 5  | 4             | 0,0014       | 0,0130               | 0,5556               | 74,5                              |
| 6  | 4,5           | 0,0012       | 0,0081               | 0,6036               | 76,6                              |

Tabel 2 menunjukkan data hasil penambahan berat plat katoda Pt, berat serbuk UMo yang dihasilkan juga berat U yang terlarut dalam larutan elektrolit setelah proses elektrolisis berlangsung. Parameter arus yang digunakan dengan rentang (2 A s/d 4,5 A).



Gambar 5. Grafik hubungan antara arus listrik dengan serbuk UMo hasil elektrolisis

Berdasarkan grafik pada gambar 5 terlihat bahwa endapan serbuk UMo yang paling banyak dihasilkan pada proses elektrolisis menggunakan arus listrik dengan parameter 3 A dan di peroleh endapan serbuk UMo sebanyak 0,0251 g.

## V. KESIMPULAN

Konsentrasi elektrolit  $\text{HNO}_3$  dan arus berpengaruh terhadap hasil serbuk UMoAl pada pemisahan UMo dari PEB UMoAl secara elektrolisis menggunakan elektroda Pt. Dimana terlihat bahwa dengan parameter konsentrasi elektrolit yang lebih rendah justru mendapatkan serbuk yang lebih banyak. Namun pada arus tertentu yaitu pada pada arus 3 A serbuk yang diperoleh akan semakin banyak ,tapi semakin tinggi arus maka serbuk yang diperoleh semakin sedikit.

Kondisi proses elektrolisis yang relatif baik pada variabel konsentrasi elektrolit yaitu pada konsentrasi 0,5N ketika menggunakan parameter tetap arus listrik 3,5 ampere (A), waktu 1 jam, jarak 5 cm antara elektroda , ditandai dengan Al yang menempel pada Pt dengan berat 0,0126 g dan banyaknya serbuk UMoAl yang mengendap di dasar larutan elektrolit sebanyak 0,1632 g,

Kondisi proses elektrolisis yang relatif baik pada variabel arus listrik yaitu pada 3 A ketika menggunakan parameter tetap larutan elektrolit 1 N, waktu 1 jam, jarak 5 cm antara elektroda ditandai dengan banyaknya Al menempel pada elektroda Pt dengan berat 0,0015 g serbuk UMoAl yang mengendap di dasar larutan elektrolit sebanyak 0,0251 g.



## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada seluruh rekan rekan tim elektrolisis dan bapak Ir M Husna Al Hasa,MT

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- [1]. Schulz, W.W.,(1962) :”Preprocessing Uranium–Molybdenum Alloy Fuels-Dissolution in Concentrated Nitric Acid”, HW-64432, UC-10, Chemistry-Separation Processes for Plutonium and Uranium (TID-4500, 15th Ed), Hanford Atomic Products Operation Richlad, Washington, copy rate (1962)
- [2]. G. Svehla, (1985) :”Texbook of macro and semimicro qualitative inorganic analysis”, Vogel’s, Library of Congress Cataloging in Publication Data, New York 1985

### Jurnal

- [1]. Supardjo dan Masrukan, (2007) :”Pembuatan dan Karakteristik Paduan UMo Sebagai Kandidat Bahan Bakar Nuklir Tipe Dispersi”, Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir, PTBN-BATAN, Vol. 4 No. 2, hal. 48-57 Serpong (2007), ISSN 1907-2635, Akreditasi No. : 82/Akred – LIPI/P2MBI/5/2007
- [2]. Supardjo dan Ghaib Widodo, (2007) :”Kajian Pengaruh Bentuk Butir Serbuk UMo Dalam Fabrikasi Bahan Bakar Dispersi UMo/Al Tipe Pelat”, Buletin Triwulan Daur Bahan Bakar Nuklir,”URANIA”, PTBN-BATAN, Vol. 13 No. 4, hal. 147-154 Serpong (2007), ISSN 0852-4777, Akreditasi No. : 71/Akred-LIPI/P2MB/5/2007
- [3]. Youjian Yang, Bingliang Gao, Zhaowen Wang, Zhongning Shi, Xianwei Hu, (2015) :”The Formation and Dissolution of Crust Upon Alumina Addition into Cryolite Electrolyte”, The Journal Of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), ISSN: 1047-4838 (Print) 1543-1851, 08 Jul 2015, China
- [4]. Youjian Yang, Bingliang Gao, Zhaowen Wang, Zhongning Shi, Xianwei Hu, Jiangyu Yu, (2014) :”Dispersion Caused by Carbon Dioxide During Secondary Alumina Dissolution: A Lab-Scale Research”, Metallurgical and Materials Transactions B, June 2014, Volume 45, Issue 3, pp 1150-1156
- [5]. Y. Yang, B. Gao, X. Hu, Z. Wang, and Z. Shi, (2014) :”Influence of LOI on Alumina Dissolution in Molten Aluminum Electrolyte”, Molten Salts Chemistry and Technology, DOI: 10.1002/-9781118448847.china. 1h, 11 May 2014
- [6]. Ghaib Widodo dan Supardjo, (2007) :”Pemungutan Serbuk U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> Dari PEB Dispersi berisi U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>-Al Secara Elektrolisis Dengan Menggunakan Elektroda Selektif”, Urania

- 
- Buletin Daur Bahan Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-Batan, ISSN 0852-4777, Akreditasi No. : 71/Akred-LIPI/P2MB/5/2007, Vol. 13 No. 4, Oktober 2007
- [7]. Lounis, A., Setti, L., Djennane, A., and Melikehi, R. (2007) : "Separation of Molybdenum-Uranium by a Process Combining Ion Exchange Resin and Membrane", Journal of Applied Sciences 7 (14), ISSN 1812-5654, Algeria (2007)
- [8]. Ghaib Widodo dan Prayitno, (2006) : "Pemungutan Serbuk U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> Dari Gagalan Produksi PEB Dispersi berisi U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>-Al Secara Elektrolisis Menggunakan Elektroda Tembaga", Jurnal Teknologi Bahan Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-Batan, ISSN 1907-2635, Vol. 2 No. 2 Juni 2006
- [9]. Kaveh Mazloomi, Nasri b. Sulaiman, Hossein Moayedi, (2012) : "An Investigation Into The Electrical Impedance Of Water Electrolysis Cells-With A View To Saving Energy", Int. J. Electrochem. Sci., 7 (2012) 3466 – 3481, Malaysia, Iran

#### Prosiding

- [1]. M. Husna Al Hasa dan Asmedi, S. (1999) : "Karakterisasi Mekanik dan Struktur Mikro UMo Sebagai Kandidat Bahan Bakar Reaktor Riset", Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar, Serpong 1999
- [2]. Buchholz, B.A. and Vandegift, G.F, (1965) : "Processing of LEU Targets for Mo-99 Production – Dissolution of U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> Targets By alkaline Hydrogen Peroxide", International Meeting on RERTR, Prancis, 18-21 September (1995)
- [3]. Ghaib Widodo, (2010) : "Kajian Pemungutan Uranium dari Gagalan Kandidat Bahan Bakar UMo-Al Tipe Pelat", Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, Seminar Nasional XIII, ISSN : 0854-4778, Akta No. : 24/15/IV/1993, Jogjakarta, 15 Juli 2010
- [4]. J. Figueroa, M.A. Williamson, M.A. Van Kleeck, R.J. Blaskovitz, T.A. Cruse, J.L. Willit, S. Chemerisov, and G.F. Vandegift, (2011) : "GTRI Progress in Developing Pyrochemical Processes For Recovery of Fabrication Scrap and Reprocessing of Monolithic UMo Fuel", International Meeting on RERTR , Santiago, Chile, October 23-27, 2011

#### Dokumen Instansi

- [1]. PT. Batan Teknologi, (2005) : "Sertifikat Uji, Elemen Bakar Uji (EBU) U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al Tingkat Muat Uranium 4,5 dan 5,2 g/cm<sup>3</sup>, No. Dokumen BT021-F01-035, Serpong 2007
- [2]. PT. Batan Teknologi, (2005) : "Proses Olah Ulang Gagalan Produk (5F)", BT.121-A01-30306, Petunjuk Pelaksanaan , April 2005
- [3]. Suroto Ronodirdjo , (1988) : "Proses Ulang Bahan Bakar Bekas", Diklat Teknologi Industri Bahan Bakar Nuklir, PUSDIKLAT-PEBN- BATAN, Serpong 1988

- [4]. Nukem, (1983) :”Basic and Detail Engineering Process Element Fabrication Plant for BATAN”, Vol. 4 Nukem VT. No. 2.0080., Hanau, (1983).

Pustaka Elektronik

- [1]. L.E. Seran, (2012) :”Hukum Faraday”, Universitas Negeri Malang, MIPA, wanibesak- wordpress.com, oktober 2012
- [2]. WWW.AJMENRIVO.COM.AU. :”Separation and Recovery of Molybdenum Value From Uranium Process Waste”, United Statet Patent 4584184

Paten

- [1]. Anomin :”Method of Separating Molybdenum From Uranium”, United Statet Patent 4407781

