

## PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT, TEGANGAN DAN WAKTU TERHADAP KADAR URANIUM PADA ELEKTROLISIS PEB $U_3Si_2$ -Al

Ghaib Widodo, Rahmiati

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN, Serpong  
(Diterima 15 April 2009, disetujui 26 Oktober 2009)

### ABSTRAK

**PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT, TEGANGAN DAN WAKTU TERHADAP KADAR URANIUM PADA ELEKTROLISIS PEB  $U_3Si_2$ -Al.** Telah dilakukan studi tentang pengaruh konsentrasi elektrolit, tegangan, dan waktu terhadap konsentrasi kontaminan uranium pada proses elektrolisis PEB  $U_3Si_2$ -Al. Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan proses elektrolisis hingga diperoleh serbuk  $U_3Si_2$  sebanyak 4,536 g, dimana sebagian uranium terlarut dalam elektrolit sebagai kontaminan. Apabila kontaminan uranium ini dibiarkan terus, maka selain banyak uranium terlarut juga akan mengakibatkan gangguan pada proses elektrolisis berikutnya. Oleh karena itu uranium yang berupa kontaminan harus dipungut (*recovery*). Pada penelitian ini selama proses elektrolisis berlangsung, dilakukan pencuplikan larutan elektrolit guna menentukan kontaminan uraniumnya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi yang relatif baik diperoleh pada konsentrasi elektrolit 2 N, waktu elektrolisis 90 menit dan tegangan 4 volt. Pada kondisi tersebut, kadar kontaminan uranium yang diperoleh sebesar 125 mg/L.

KATA KUNCI: kontaminan uranium, proses elektrolisis, elektrolit

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF ELECTROLYTE CONCENTRATION, VOLTAGE AND TIME ON URANIUM CONTENT IN THE ELECTROLYSIS OF  $U_3Si_2$ -Al FUEL PLATE.** Research on the influence of electrolyte concentration, voltage and time on uranium content in the electrolysis of  $U_3Si_2$ -Al fuel plate has been conducted. In the previous research, electrolysis process of  $U_3Si_2$ -Al fuel plate resulted in the gaining of 4.536 g of  $U_3Si_2$  powder, in which some of the uranium was dissolved in the electrolyte as a contaminant. If not treated, the dissolved uranium content will increase and may interfere with the subsequent electrolysis process. The uranium contaminant, therefore, needs to be recovered. In this research, during the electrolysis process, sampling of electrolyte was done to determine the uranium content. The experiment showed that a relatively good condition was achieved in the electrolysis process with an electrolyte concentration of 2 N for 90 minutes at 4 volts. In this condition, the uranium content as the contaminant was found to be 125 mg/L.

FREE TERMS : uranium contaminant, electrolysis process, electrolyte

## I. PENDAHULUAN

Teknologi produksi bahan bakar nuklir di Indonesia telah beranjak dari bahan dasar serbuk ke bahan dasar (BB) logam menjadi BB  $U_3Si_2$ . Sejak tahun 1998, BB  $U_3Si_2$  telah mencapai tingkat muat hingga 2,96 gU/cc dan telah dikonsumsi oleh RSG-GAS secara tetap. Produk pelat elemen bakar (PEB) merupakan penyusun BB sehingga harus memenuhi spesifikasi yang

diizinkan sebagai bahan bakar. Oleh karena itu, selama berlangsungnya proses produksi PEB tersebut dilakukan uji yang sangat ketat<sup>[1]</sup>. Di luar ketentuan uji tersebut dimungkinkan adanya produk PEB yang gagal. Karena kandungan  $U_3Si_2$  di dalam PEB  $U_3Si_2$ -Al cukup tinggi, maka  $U_3Si_2$  harus dipungut kembali dari PEB yang gagal beserta kontaminannya, guna memenuhi akuntabilitas bahan nuklir dan keselamatan.

Dalam penelitian ini uranium sebagai kontaminan yang berada dalam larutan elektrolit dipungut kembali dengan cara menambahkan amonium karbonat pada setiap parameter baik parameter konsentrasi, waktu elektrolisis maupun tegangan. Diharapkan dapat diperoleh suatu metode pemungutan serbuk  $U_3Si_2$  dari gagal PEB  $U_3Si_2$ -Al sebanyak mungkin<sup>[2]</sup>. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa, konsentrasi elektrolit, waktu elektrolit dan tegangan akan mempengaruhi jumlah serbuk  $U_3Si_2$  yang diperoleh dan berkurangnya kadar kontaminan dalam larutan elektrolit.

Teknologi Jerman yang diaplikasikan ke BATAN kala itu yaitu apabila terjadi gagal PEB  $U_3O_8$ -Al, maka gagal tersebut dilarutkan di dalam NaOH 20% berlebih sehingga semua Al baik sebagai kelongsong maupun matriks larut membentuk natrium alumina,  $NaAlO_2$ . Teknologi ini kemudian diadopsi oleh PT. Batan Teknologi, Serpong yang diberlakukan terhadap gagal produk PEB  $U_3Si_2$ -Al, yaitu dengan melarutkannya dalam NaOH 20% berlebih. Setelah pelarutan selesai diperoleh serbuk uranium silisida /  $U_3Si_2$  berimpuritas dipisahkan, kemudian dipanggang pada suhu 800 °C selama 3 jam<sup>[2,3]</sup> agar berubah menjadi bentuk oksida yang mudah dilarutkan dalam asam nitrat. Proses berikutnya adalah pemurnian dan pemekatan dengan maksud agar diperoleh uranium berderajat nuklir/murni yang memenuhi persyaratan sebagai bahan bakar. Proses ini merupakan proses pemungutan uranium menuju bahan bakar yang panjang, karena hasil yang diperoleh bukan berupa serbuk  $U_3Si_2$  siap umpan sebagai bahan bakar melainkan uranil nitrat  $UO_2(NO_3)_2$  kotor<sup>[3]</sup>.

Sebagai alternatif untuk mengatasi proses panjang tersebut, salah satu cara adalah dengan menerapkan teknologi elektrolisis. Teknologi ini mengadopsi proses elektrolisis yang menyatakan teori Deret Volta<sup>[2,3,4]</sup> dimana pada teori elektrolisis dikatakan bahwa unsur-unsur logam Li, Mg, Al dan seterusnya (bertindak sebagai anode) yang berada di sebelah kiri unsur hidrogen akan mudah ditangkap oleh unsur-unsur logam sebelah kanan unsur hidrogen seperti Cu, Hg, Ag, Pt dan Au (bertindak sebagai katode) dalam suatu media elektrolit. Diikatakan pula bahwa semakin ke kanan, unsur hidrogen semakin kuat menangkap unsur logam di sebelah kiri unsur hidrogen. Oleh karena itu, struktur pembangun PEB yang berupa aluminium dan bertindak baik sebagai kelongsong maupun matriks akan mudah ditangkap/dijerat dengan baik oleh logam yang berada di sebelah kanannya. Adapun logam penjerat yang digunakan sebagai elektrode adalah karbon (C), tembaga (Cu), platina (Pt), baja tahan karat (SS) atau emas (Au)<sup>[5,6]</sup>. Dalam elektrolisis harus diperhatikan konsentrasi elektrolit, waktu, tegangan, kuat arus dan lainnya<sup>[7]</sup>.

Dalam penelitian ini dilakukan proses elektrolisis dengan gagal PEB dispersi  $U_3Si_2$ -Al sebagai anode dan Pt sebagai katode serta asam nitrat sebagai larutan elektrolit dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi elektrolit, waktu dan tegangan terhadap endapan  $U_3Si_2$  yang diperoleh.

Pada saat proses elektrolisis berlangsung, Al berada dalam PEB  $U_3Si_2$ -Al larut dan ditarik ke katode, sedang  $U_3Si_2$  berada dalam larutan elektrolit dan mengendap. Karena elektrolit yang digunakan adalah  $HNO_3$ , maka ada sebagian  $U_3Si_2$  yang larut yang disebut dengan kontaminan U berbentuk  $UO_2(NO_3)_2$ . Apabila kontaminan U ini dibiarkan terus, maka akan banyak uraniumnya terlarut yang mengakibatkan laju proses elektrolisis terganggu. Dalam hal ini diinginkan jumlah

$U_3Si_2$  yang terpisah dari Al banyak. Apabila kontaminan U ini dibiarkan terus, maka akan banyak uranium terlarut yang mengakibatkan laju proses elektrolisis terganggu.

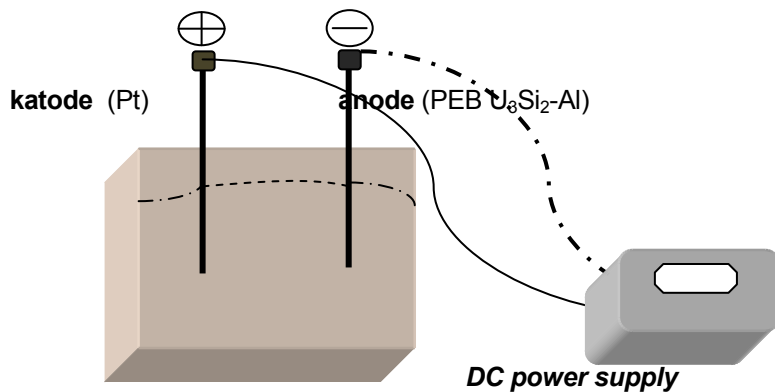
## II. TATA KERJA

### 2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah gagalan PEB dispersi berisi  $U_3Si_2$ -Al, elektrode Pt,  $HNO_3$ ,  $(NH_4)_2CO_3$  dan air bebas mineral (ABM).

### 2.2. Alat

Alat yang digunakan adalah satu unit DC *power supply*, jam digital, beker glas, statif-klem, penjepit dan rangkaian alat elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat elektrolisis gagalan PEB  $U_3Si_2$ -Al

### 2.3. Cara Kerja

Cara kerja dalam eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Gagalannya pelat elemen bakar  $U_3Si_2$ -Al dipotong berukuran  $1 \times p = 1 \times 4$  cm. Gagalannya PEB ini bertindak sebagai elektrode (katode), sementara yang bertindak sebagai anode adalah platina (Pt).
2. Proses elektrolisis dilakukan sebagai berikut:
  - a. Pengaruh konsentrasi larutan elektrolit ( $HNO_3$ ).  
Konsentrasi yang digunakan adalah 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 dan 4 N. Untuk tiap larutan konsentrasi tersebut, waktu elektrolisis yang digunakan adalah 90 menit dan tegangan 4 volt. Setelah proses elektrolisis selesai, larutan elektrolit dicuplik kemudian kandungan uranium dianalisis menggunakan potensiometer, sedangkan endapan  $U_3Si_2$  disaring.
  - b. Pengaruh waktu elektrolisis  
Waktu elektrolisis divariasikan sebesar 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit, dengan tegangan 4 volt dan konsentrasi elektrolit sesuai dengan hasil yang relatif baik pada butir 2a. Analisis kontaminan U dan penentuan  $U_3Si_2$  dilakukan seperti pada butir 2a.

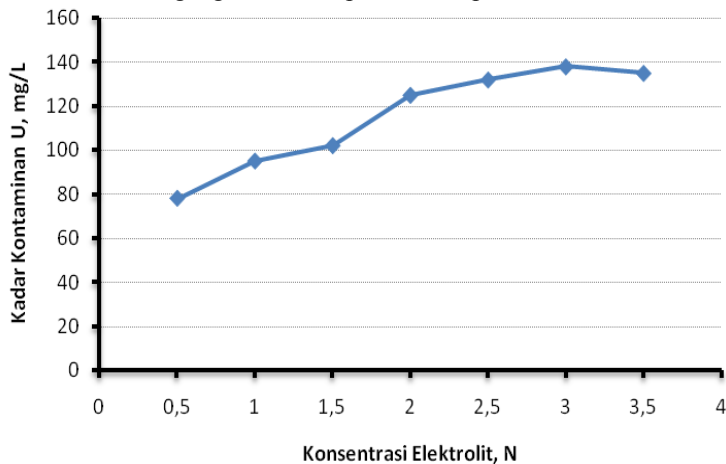
- c. Pengaruh tegangan elektrolisis  
Tegangan divariasi pada 3; 3,5; 4; 4,5 dan 5, sedangkan konsentrasi larutan elektrolit dan waktu elektrolisis digunakan sesuai dengan hasil yang relatif baik pada parameter sebelumnya.
3. Pada ketiga parameter yaitu konsentrasi, waktu dan tegangan dilakukan pencuplikan larutan elektrolit untuk menentukan kadar uranium sebagai kontaminan yang berada dalam larutan elektrolit, dan selanjutnya dilakukan pengendapan menggunakan larutan  $(NH_4)_2CO_3$ .

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses elektrolisis pemungutan serbuk  $U_3Si_2$  dari gagal produksi PEB  $U_3Si_2$ -Al dengan parameter konsentrasi, waktu dan tegangan masing-masing diperlihatkan pada Gambar 2, 3 dan 4, serta Tabel 1, 2 dan 3.

#### 3.1. Parameter Konsentrasi Elektrolit

Hasil analisis kontaminan dalam elektrolit pada parameter konsentrasi elektrolisis dengan waktu 90 menit dan tegangan 4 volt diperlihatkan pada Gambar 2 dan Tabel 1.

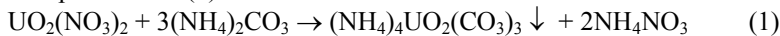


Gambar 2. Korelasi kadar kontaminan terhadap konsentrasi elektrolit

Tabel 1. Hasil analisis kontaminan pada parameter konsentrasi larutan elektrolit

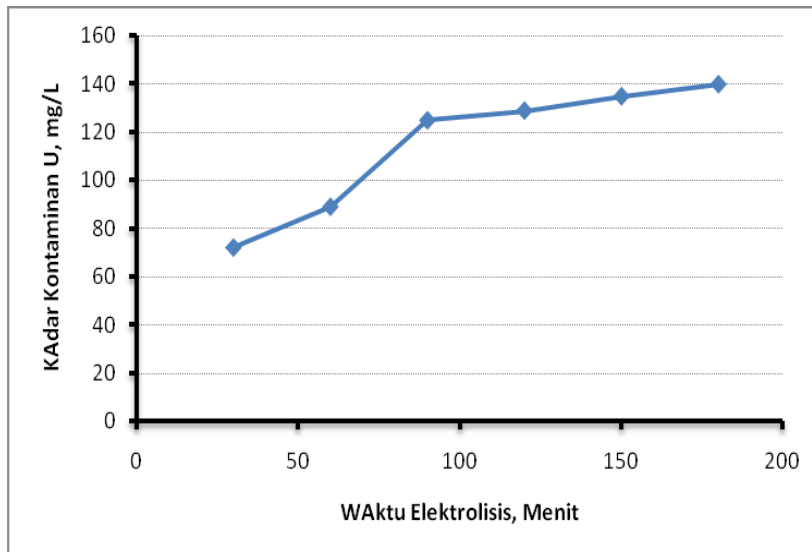
No.	Konsentrasi elektrolit, N	Kadar kontaminan (mg/L)
1	0,5	78
2	1	95
3	1,5	102
4	2	125
5	2,5	132
6	3	138
7	3,5	135

Pada Gambar 2 dan Tabel 1 disajikan hasil analisis kadar uranium sebagai kontaminan dalam larutan elektrolit pada proses elektrolisis. Terlihat konsentrasi asam nitrat (larutan elektrolit) beranjak dari konsentrasi 0,5 N menjadi 2 N. Kadar uranium sebagai kontaminan dalam larutan elektrolit semakin naik dari 78 mg/L menjadi 125 mg/L. Hal ini dimungkinkan dengan serbuk  $U_3Si_2$  hasil elektrolisis sedikit demi sedikit larut dalam elektrolit ( $HNO_3$ ), yang mengakibatkan larutan elektrolit tersebut semakin menguning dan dimungkinkan terbentuknya uranil nitrat  $UO_2(NO_3)_2$ . Agar kelarutan serbuk  $U_3Si_2$  hasil elektrolisis dalam larutan elektrolit tidak semakin bertambah atau endapan  $U_3Si_2$  yang diperoleh semakin menurun, maka dilakukan pencuplikan terhadap larutan elektrolit supaya tidak terjadi penurunan berat endapan  $U_3Si_2$ . Hal ini dikarenakan kelarutan ini diakibatkan oleh semakin pekatnya konsentrasi  $HNO_3$  yang digunakan sebagai elektrolit. Kemudian untuk memastikan kebenaran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  ini, maka larutan elektrolit dicuplik kemudian direaksikan dengan  $(NH_4)_2CO_3$ . Reaksi tersebut ternyata menghasilkan endapan kuning pucat dan mulai terjadi endapan pada pH antara 4,5 – 5. Hal ini menunjukkan endapan amonium uranil karbonat  $(NH_4)_4UO_2(CO_3)_3$ , seperti diperlihatkan pada reaksi (1).



### 3.2. Parameter Waktu Proses Elektrolisis

Hasil analisis kontaminan dalam elektrolit pada parameter waktu elektrolisis dengan konsentrasi 2 N dan tegangan 4 volt. Pada Gambar 3 dan Tabel 2 ditunjukkan hasil proses elektrolisis dengan pengaruh waktu dari 30 – 180 menit dengan konsentrasi elektrolit 2 N dan tegangan 4 volt.



Gambar 3. Korelasi kontaminan terhadap waktu elektrolisis

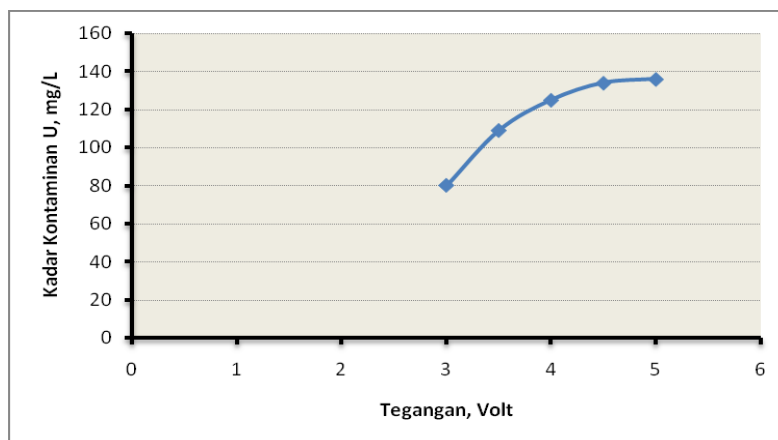
Tabel 2. Hasil analisis kontaminan pada parameter waktu elektrolisis

No.	Waktu (menit)	Kadar kontaminan (mg/L)
1	30	72
2	60	89
3	90	125
4	120	129
5	150	135
6	180	140

Terlihat untuk waktu awal 30 menit kadar uranium sebagai kontaminan yang diperoleh sebesar 72 mg/L, namun apabila waktu elektrolisis diperpanjang hingga 90 menit kadar uranium sebagai kontaminan dalam larutan elektrolit semakin naik menjadi sebesar 125 mg/L. Ketika waktu proses diperpanjang hingga 180 menit, yang berarti kontak antara elektrode Pt dengan elektrode PEB  $U_3Si_2$ -Al lebih lama, terjadi penurunan berat serbuk  $U_3Si_2$  mengendap. Hal ini disebabkan semakin lama proses elektrolisis berlangsung terjadi penurunan volume elektrolit, sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan konsentrasi nitrat dalam larutan tersebut. Kenaikan konsentrasi ini menyebabkan terjadinya pelarutan endapan serbuk  $U_3Si_2$  hingga membentuk  $UO_2(NO_3)_2$  atau sedikit pengurangan serbuk  $U_3Si_2$ . Sehubungan dengan hal tersebut, maka waktu yang relatif baik pada proses elektrolisis tercapai pada 90 menit dan diperoleh endapan serbuk  $U_3Si_2$  sebesar 4,536 g (telah dilakukan penelitian lebih dahulu)<sup>[2]</sup>.

### 3.3. Parameter Tegangan

Hasil analisis kontaminan dalam elektrolit parameter tegangan dengan waktu 90 menit dan konsentrasi elektrolit 2 N. Pada Gambar 4 dan Tabel 3 ditunjukkan hasil proses elektrolisis dengan pengaruh tegangan dari 3 – 5 volt dengan konsentrasi elektrolit 2 N dan waktu 90 menit.



Gambar 4. Korelasi kontaminan terhadap tegangan

Tabel 3. Hasil analisis kontaminan pada parameter tegangan

No.	Tegangan (volt)	Kadar Kontaminan (mg/L)
1	3	80
2	3,5	109
3	4	125
4	4,5	134
5	5	136

Terlihat bahwa pada tegangan yang masih rendah yaitu 3 volt, kadar kontaminan sebesar 80 mg/L. Namun, jika tegangan dinaikkan, maka kadar kontaminan dalam larutan elektrolit semakin meningkat. Pada tegangan 4 volt diperoleh kadar kontaminan sebesar 125 mg/L. Setelah tegangan melampaui 4 volt terjadi penurunan hasil serbuk  $U_3Si_2$ , sehingga larutan semakin berwarna kuning. Peristiwa ini disebabkan serbuk  $U_3Si_2$  makin larut dalam asam nitrat. Hal itu mengakibatkan fungsi dari larutan elektrolit semakin menurun dan menyebabkan proses elektrolit sudah tidak efektif lagi sehingga harus dihentikan pada tegangan 4 volt.

#### IV. KESIMPULAN

1. Konsentrasi elektrolit, waktu elektrolisis dan tegangan berpengaruh terhadap kadar kontaminan. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit, waktu elektrolisis dan tegangan sampai nilai tertentu, semakin banyak kontaminan dalam larutan elektrolit yang diperoleh.
2. Kondisi proses pemungutan kontaminan dalam larutan elektrolit yang relatif baik yakni pada konsentrasi elektrolit 2 N, waktu elektrolisis 90 menit dan tegangan 4 volt, yang ditandai dengan larutan elektrolit yang semakin menguning. Pada kondisi tersebut, kadar kontaminan uranium yang diperoleh sebesar 125 mg/L.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. NUKEM, "Description of the Nukem Quality Control of Fuel Element Fabrication Plant for BATAN", Part 3, Nukem VT – No.2.0080, Hanau, 1983.
2. WIDODO, G., dan PRAYITNO, "Pemungutan Serbuk  $U_3Si_2$  dari Gagalan Produksi PEB Dispersi Berisi  $U_3Si_2$ -Al Secara Elektrolisis Menggunakan Elektrode Tembaga", Jurnal Teknologi Bahan Nuklir, PTBN-BATAN, Vol.2, No.2, Serpong, 2006, hal.71-77.
3. WIDODO, G., dan SUPARDJO, "Pemungutan Serbuk  $U_3Si_2$  dari PEB  $U_3Si_2$ -Al Secara Elektrolisis dengan Elektrode Selektif", Buletin URANIA, PTBN-BATAN, Vol.13, No.4, Serpong, 2007, hal.167-172.
4. RODRIGUES, G.C., and GOUGE, A.P., "Reprocessing RERTR Silicide Fuels", DP-675, E.I. du Pont de Nemours & Savannah River Laboratory, Aiken, South Carolina, USA, 1983.
5. KOLARIK, Z., "Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry", 8<sup>th</sup> ed., New York, 1982.
6. FATHURRACHMAN, "Penggunaan Membran Tukar Kation dalam Teknologi Kimia Nuklir", Buletin URANIA, No.4, 1995, hal.30.
7. PASCOE, K.J., "An Introduction to the Properties of Engineering Material", 3<sup>rd</sup> ed., Van Nostrand Reinhold Company, Mebourne, 1978, pp.315-332.