

## PEMUNGUTAN SERBUK $U_3Si_2$ DARI GAGALAN PRODUKSI PEB DISPERSI BERISI $U_3Si_2$ -Al SECARA ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEMBAGA

Ghaib Widodo, Prayitno  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN, Serpong

### ABSTRAK

**PEMUNGUTAN SERBUK  $U_3Si_2$  DARI GAGALAN PRODUKSI PEB DISPERSI BERISI  $U_3Si_2$ -Al SECARA ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEMBAGA.** Pemungutan serbuk  $U_3Si_2$ -Al telah dilakukan secara elektrolisis dengan elektroda tembaga (Cu) sebagai anoda, dan gagal pelat elemen bakar (PEB) sebagai katoda. Sebelum dilakukan analisis, PEB dipotong dan ditimbang. Parameter yang dipelajari dalam percobaan ini adalah konsentrasi elektrolit  $HNO_3$ , waktu elektrolisis, dan tegangan. Setelah elektrolisis selesai, hasil serbuk  $U_3Si_2$  yang terpungut dan berat akhir elektroda Cu ditimbang. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi elektrolisis optimum dicapai pada elektrolit  $HNO_3$  1 N, waktu elektrolisis 90 menit, dan tegangan 4 volt yang ditandai dengan banyaknya Al dan  $AlMg_2$  yang menempel pada elektroda Cu dan terkumpulnya serbuk  $U_3Si_2$  di dasar wadah elektrolit  $HNO_3$ . Serbuk  $U_3Si_2$  yang terkumpul di dasar wadah tersebut sebanyak 2,158 g.

**KATA KUNCI:** Pelat elemen bakar,  $U_3Si_2$ -Al dispersi, Elektrolisis, Elektroda tembaga

### ABSTRACT

**RECOVERY OF  $U_3Si_2$  POWDER FROM PRODUCTION REJECT OF  $U_3Si_2$ -Al DISPERSION FUEL ELEMENT PLATE BY ELECTROLYSIS USING COPPER ELECTRODE.** Recovery of  $U_3Si_2$  powder has been carried out by means of electrolysis using copper electrode as the anode, and the rejected fuel element plate as the cathode. Before analysis is performed, the fuel element plate is cut and weighed. Parameters assessed in the experiment are  $HNO_3$  electrolyte concentration, electrolysis time, and voltage. After the electrolysis is completed, the recovered  $U_3Si_2$  powder and Cu electrode are weighed. The experiment results show that the optimum electrolysis condition is achieved at  $HNO_3$  electrolyte concentration of 1 N, electrolysis time of 90 minutes, and voltage of 4 volt, which is marked by a large quantity of Al and  $AlMg_2$  deposits on the copper electrode and the accumulation of  $U_3Si_2$  powder at the bottom of  $HNO_3$  electrolyte container. The accumulated  $U_3Si_2$  powder in the container was 2.158 g.

**FREE TERMS:** Fuel element plate,  $U_3Si_2$ -Al dispersion, Electrolysis, Copper electrode

## I. PENDAHULUAN

Produk pelat elemen bakar (PEB)  $U_3Si_2$ -Al dispersi merupakan bahan bakar kedua setelah yang pertama adalah bahan bakar bentuk serbuk  $U_3O_8$ -Al. Bahan bakar uranium silisida,  $U_3Si_2$ -Al tersebut dibungkus dengan kelongsong terbuat dari  $AlMg_2$ . Bahan bakar uranium silisida telah teruji keandalan sebagai bahan bakar dan sudah menjadi konsumsi tetap reaktor RSG-G.A.Siwabessy, Serpong. Teknologi produksi bahan bakar nuklir di Indonesia telah dikuasai oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong<sup>[1]</sup>.

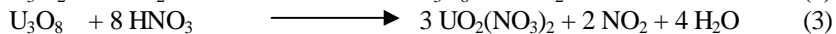
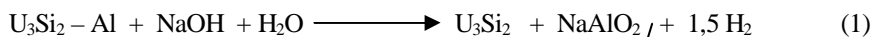
Produk serbuk  $U_3Si_2$  sebagai PEB diperoleh dengan jalan melebur logam uranium (dengan pengayaan  $\leq 20\%$ ) sebanyak 92,5% dengan serbuk silikon 7,5% dalam tungku busur listrik di bawah tekanan atmosfer. Serbuk  $U_3Si_2$  merupakan penyusun utama/daging bahan bakar, dan senantiasa harus memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan sebagai bahan bakar. Selama berlangsungnya proses produksi PEB tersebut, dilakukan berbagai uji yang sangat ketat yaitu uji homogenisasi, uji tarik, uji ketebalan, dan lain-lain<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu, setiap titik uji untuk menuju produk PEB memungkinkan terjadi kegagalan, yang tidak dapat dihindarkan. Karena kandungan serbuk  $U_3Si_2$  di dalam PEB dispersi berisi  $U_3Si_2$ -Al yang masih tinggi dan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi, maka  $U_3Si_2$  harus dipungut kembali.

Fasilitas pemungutan gagal produksi skala pabrik untuk proses panjang (proses panjang yaitu proses pelarutan gagal produksi, proses pemurnian, dan proses vaporasi) telah tersedia dan dapat dioperasikan dengan baik di PT. Batan Teknologi Serpong. Untuk itu diharapkan kemungkinan gagal dari proses lain ditangani dengan fasilitas pemungutan gagal produksi tersebut.

Dalam penelitian ini dipelajari proses pemungutan  $U_3Si_2$  dari gagal PEB dengan metoda elektrolisis menggunakan elektroda Cu dengan parameter konsentrasi elektrolit, waktu elektrolisis, dan tegangan dengan harapan dapat diperoleh suatu metode untuk pemungutan  $U_3Si_2$ . Hipotesis yang diajukan adalah bahwa konsentrasi elektrolit, waktu elektrolit, dan tegangan akan mempengaruhi jumlah serbuk  $U_3Si_2$  yang diperoleh.

## II. TEORI

Teknologi yang berasal dari Jerman yang diaplikasikan ke PT. Batan Teknologi Serpong adalah pelarutan gagal produk PEB dispersi berisi  $U_3Si_2$ -Al di dalam NaOH 20% berlebih sehingga dimungkinkan semua Al baik sebagai kelongsong maupun matrik larut membentuk natrium alumina  $NaAlO_2$ . Perolehan serbuk uranium silisida  $U_3Si_2$  berimpuritas dipisahkan, kemudian dipanggang pada suhu 800 °C selama 3 jam agar berubah menjadi bentuk oksida yang mudah dilarutkan dalam asam nitrat. Proses berikutnya adalah pemurnian dan pemekatan. Proses ini merupakan pemungutan uranium proses panjang dan hasil bukan  $U_3Si_2$  siap umpan melainkan unril nitrat  $UO_2(NO_3)_2$  kotor<sup>[3]</sup>, seperti ditunjukkan pada reaksi (1) sampai dengan (3).



Untuk mengubah  $UO_2(NO_3)_2$  ke dalam bentuk  $U_3Si_2$  diperlukan proses cukup panjang yaitu  $UO_2(NO_3)_2$  diubah ke bentuk bahan induk antara lain bahan induk berupa amonium unril karbonat  $(NH_4)_4UO_2(CO_3)_3$ , atau uranium diuranat  $(NH_4)_2U_2O_7$ , atau uranium peroksida  $UO_4 \cdot 2H_2O$ , atau  $UO_2(NO_3)_2$ , karena  $UO_2(NO_3)_2$  sendiri sebetulnya sudah merupakan bahan induk. Segenap bahan induk diubah ke bentuk produk intermediat  $UO_3$ . Kemudian diproses hidrofleurinasi dengan gas HF dan diperoleh garam hijau,  $UF_4$ , yang selanjutnya diubah ke bentuk logam U, baru kemudian dilebur bersama dengan silikon, sehingga diperoleh  $U_3Si_2$ .

Sebagai alternatif untuk mengatasi proses panjang tersebut, salah satu cara adalah dengan menerapkan teknologi elektrolisis. Teknologi ini mengadopsi proses elektrolisis

yang menggunakan teori Deret Volta<sup>[4]</sup>, yang mengatakan bahwa unsur-unsur logam Li, Mg, Al dan seterusnya (bertindak sebagai anoda) yang berada di sebelah kiri hidrogen akan mudah ditangkap oleh unsur-unsur logam sebelah kanan seperti Cu, Hg, Ag, Pt, dan Au (bertindak sebagai katoda) dalam suatu media elektrolit, dan dikatakan 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 akan bertindak baik sebagai kelongsong maupun matrik dan akan mudah ditangkap/dijerat dengan baik oleh logam yang berada di kanannya. Adapun logam penjerat yang digunakan sebagai elektroda adalah karbon (C), tembaga (Cu), platina (Pt), *stainless steel* (SS), atau emas (Au). Dalam elektrolisis harus diperhatikan konsentrasi elektrolit, waktu, tegangan, kuat arus dan lain-lain.

### III. TATA KERJA

#### 3.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah gagalannya PEB dispersi berisi  $U_3Si_2$ -Al yang diperoleh dari PT. Batan Teknologi Serpong, elektroda tembaga Cu,  $HNO_3$ , dan air bebas mineral.

#### 3.2 Alat

Alat yang digunakan adalah satu unit DC *power*, jam digital, sel elektrolisis, statif-klem, adaptor, dan penjepit.

#### 3.3 Cara Kerja

1. Gagalannya pelat elemen bakar  $U_3Si_2$ -Al dipotong kemudian ditimbang.
2. Disiapkan peralatan elektrolisis yang terdiri dari: sel elektrolisis, katoda, anoda, adaptor dan lain-lain.
3. Dilakukan penimbangan awal elektroda tembaga.
4. Dilakukan proses pemungutan  $U_3Si_2$  secara elektrolisis menggunakan elektroda tembaga dengan variasi konsentrasi elektrolit  $HNO_3$ : 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; dan 4 N, tegangan: 3; 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5 V, dan waktu proses elektrolisis 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit. Selama percobaan elektrolisis berlangsung gagalannya PEB  $U_3Si_2$  (yang berisi daging  $U_3Si_2$ ) dipakai sebagai katoda dengan ukuran 2x4 cm, sedangkan tembaga dipakai sebagai anoda.. Hasil yang diperoleh berupa serbuk  $U_3Si_2$ , dan Cu ditimbang.

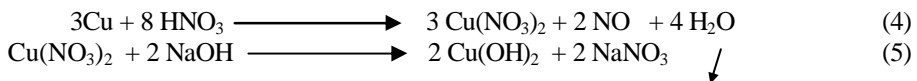
### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses elektrolisis pemungutan serbuk  $U_3Si_2$  dari gagalannya produksi PEB dengan masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3, serta Gambar 1, 2, dan 3.

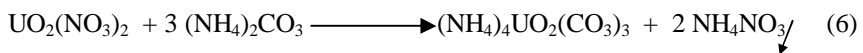
#### 4.1 Pengaruh Konsentrasi Elektrolit

Pada Tabel 1 dan Gambar 1 disajikan hasil elektrolisis dengan pengaruh konsentrasi elektrolit ( $HNO_3$ ) bervariasi dari 0,5 – 3,5 N dengan waktu 90 menit dan tegangan 4 volt berupa endapan serbuk  $U_3Si_2$  dan banyaknya elektroda Cu yang terkikis oleh elektrolit. Terlihat bahwa terjadi kenaikan jumlah produk serbuk  $U_3Si_2$  dari 1,577 g menjadi 2,158 g untuk elektrolit dengan konsentrasi 0,5 N sampai 1 N. Hal ini disebabkan oleh pengikatan pengungkung serbuk yang berupa Al dan  $AlMg_2$  yang mengalami elektrolisis dan berpindah ke elektroda tembaga. Peristiwa ini ditunjukkan dengan adanya penambahan

berat elektroda tembaga dibandingkan dengan berat awal (ditunjukkan dengan tanda +). Namun jika konsentrasi elektrolit dinaikkan (lebih pekat), hasil serbuk  $U_3Si_2$  yang diperoleh justru semakin menurun. Keadaan ini disebabkan terjadinya pelapisan aluminium oksida yang menghambat arus listrik yang mengakibatkan terjadinya elektrolisis gagal, disamping itu terjadi proses pelarutan elektroda Cu menjadi  $Cu(NO_3)_2$  atau dengan kata lain telah terjadi pengurangan berat Cu dari berat semula yang diberi tanda negatif (-). Jika larutan elektrolit tersebut dicuplik dan ditambahi dengan pereaksi NaOH, maka terbentuk endapan biru  $Cu(OH)_2$ , seperti ditunjukkan pada reaksi (4) dan (5)<sup>[5]</sup>.



Hal ini membuktikan bahwa Cu larut dalam asam nitrat. Karena diketahui bahwa tembaga akan larut dengan mudah dalam asam nitrat pada konsentrasi 8 N, maka penggunaan parameter elektrolit asam nitrat akan sedikit demi sedikit melarutkan elektroda Cu seiring dengan kenaikan konsentrasi  $HNO_3$ . Akibatnya fungsi elektroda Cu tidak dapat mengikat Al dan  $AlMg_2$  dan larutan elektrolit juga mengalami perubahan warna menjadi kuning. Keadaan ini memungkinkan ada sebagian uranium yang larut dalam asam nitrat dengan terbentuknya uranil nitrat  $UO_2(NO_3)_2$ . Untuk memastikan kebenaran ini, larutan elektrolit direaksikan dengan  $(NH_4)_2CO_3$ . Pada reaksi tersebut dihasilkan endapan kuning mengkilau dari amonium uranil karbonat  $(NH_4)_4UO_2(CO_3)_3$ , seperti reaksi pada (6).



Tabel 1. Hasil penimbangan Cu terkikis dari hasil proses elektrolisis.

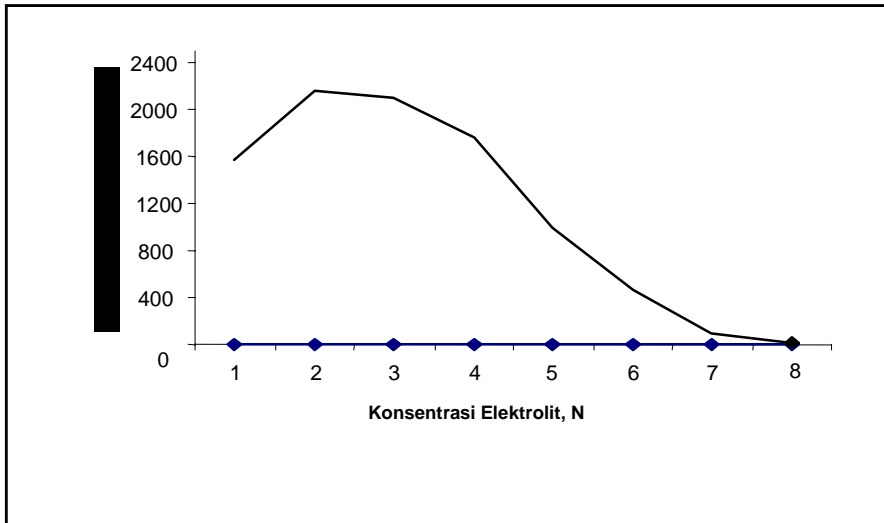
Parameter: konsentrasi elektrolit, waktu 90 menit, tegangan 4 volt

No.	Konsentrasi elektrolit (N)	Cu terkikis (g)	Berat serbuk $U_3Si_2$ (g)
1	0,5	+ 0,036 75	1,577
2	1	+ 0,0217	2,158
3	1,5	+ 0,0176	2,094
4	2	+ 0,0092	1,758
5	2,5	- 0,1208	0,987
6	3	- 0,3753	0,464
7	3,5	- 0,4770	0,097

#### 4.2 Pengaruh Waktu Proses Elektrolisis

Pada Tabel 2 dan Gambar 2 ditunjukkan hasil proses elektrolisis dengan pengaruh waktu yang divariasikan 30 – 180 menit dengan konsentrasi elektrolit 1 N dan tegangan 4 volt. Terlihat bahwa untuk waktu awal 30 menit diperoleh endapan serbuk  $U_3Si_2$  sebanyak 1,578 g dan berat elektroda Cu bertambah. Perolehan serbuk endapan  $U_3Si_2$  akan maksimum yaitu sebanyak 2,158 g pada waktu proses elektrolisis 90 menit dan penambahan berat elektroda Cu sebesar 0,0217 g (tanda +). Namun ketika waktu proses dinaikkan hingga 180 menit

yang berarti kontak antara elektroda Cu dengan elektroda PEB  $U_3Si_2$ -Al lebih lama, justru menyebabkan penurunan berat serbuk endapan  $U_3Si_2$ . Hal ini disebabkan semakin lama proses elektrolisis berlangsung terjadi penurunan volume elektrolit, keadaan ini menyebabkan terjadinya kenaikan konsentrasi nitrat dalam larutan tersebut. Kenaikan konsentrasi ini menyebabkan terjadinya pelarutan Cu atau pengurangan berat Cu yang ditandai negatif (-). Dari fakta tersebut, maka waktu optimum proses elektrolisis tercapai pada 90 menit.



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi dengan berat endapan  $U_3Si_2$

Tabel 2. Hasil penimbangan Cu terkikis dan hasil proses elektrolisis.

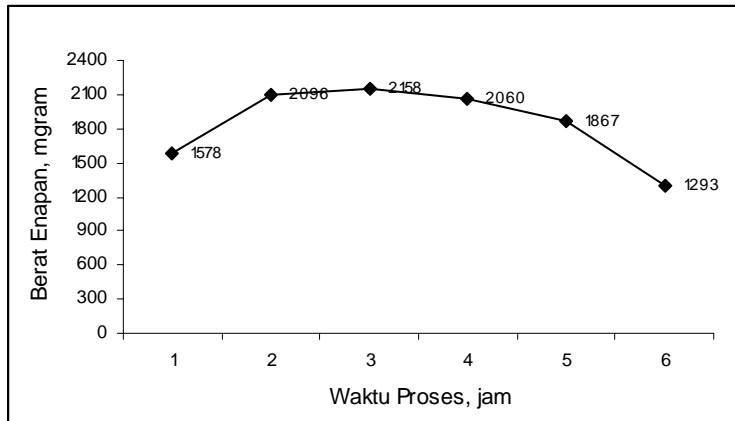
Parameter: waktu elektrolisis, konsentrasi elektrolit 1 N, tegangan 4 volt

No.	Waktu (menit)	Cu terkikis (g)	Berat serbuk $U_3Si_2$ (g)
1	30	+ 0,0176	1,578
2	60	+ 0,0208	2,090
3	90	+ 0,0217	2,158
4	120	- 0,0185	2,060
5	150	- 0,4595	1,867
6	180	- 0,0467	1,293

### 4.3 Pengaruh Tegangan

Pada Tabel 3 dan Gambar 3 disajikan hasil elektrolisis dengan pengaruh tegangan yang divariasikan dari 3 – 5,5 volt dengan konsentrasi elektrolit 1 N dan waktu 90 menit. Terlihat bahwa pada tegangan yang masih rendah yaitu 3 volt, hasil serbuk  $U_3Si_2$  juga sedikit yaitu 0,879 g. Namun jika tegangan dinaikkan sampai 4 volt, maka akan diperoleh serbuk  $U_3Si_2$  di samping terjadi penambahan berat Cu.

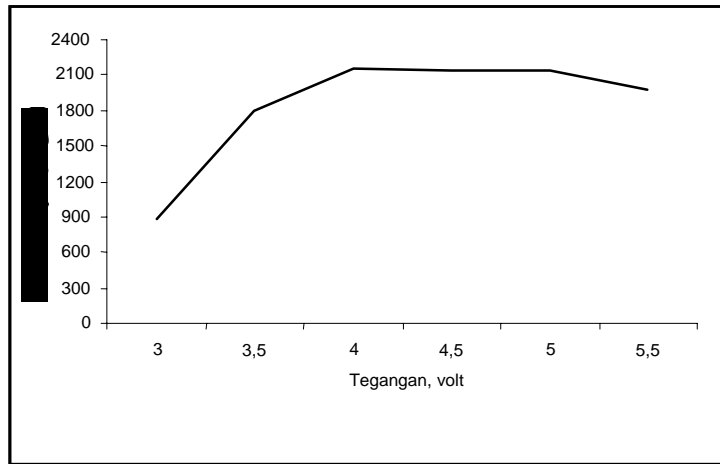
Setelah melampaui 4 volt, terjadi penurunan hasil  $U_3Si_2$  begitu juga pengurangan berat Cu. Peristiwa ini disebabkan elektroda Cu makin larut dalam asam nitrat yang berfungsi sebagai larutan elektrolit.



Gambar 2. Hubungan antara waktu proses dengan berat endapan  $U_3Si_2$

Tabel 3. Hasil penimbangan Cu terkikis dari hasil proses elektrolisis  
Parameter: tegangan, waktu 90 menit dan konsentrasi elektrolit 1 N

No.	Tegangan (volt)	Cu terkikis (g)	Berat serbuk $U_3Si_2$ (g)
1	3	+ 0,0976	0,879
2	3,5	+ 0,0186	1,796
3	4	+ 0,0217	2,158
4	4,5	- 0,0204	2,190
5	5	- 0,0068	2,146
6	5,5	- 0,0057	1,978



Gambar 3. Hubungan antara tegangan dengan berat endapan  $U_3Si_2$

## V. KESIMPULAN

1. Konsentrasi elektrolit, waktu elektrolisis dan tegangan berpengaruh terhadap hasil serbuk  $U_3Si_2$  pada pemungutan  $U_3Si_2$  dari PEB  $U_3Si_2$ -Al secara elektrolisis menggunakan elektroda Cu. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit, waktu elektrolisis dan tegangan sampai harga tertentu, semakin banyak endapan  $U_3Si_2$  yang diperoleh, demikian pula terjadi penambahan berat elektroda Cu. Namun setelah itu terjadi penurunan berat  $U_3Si_2$  dan elektroda Cu.
2. Kondisi proses elektrolisis yang relatif baik diperoleh pada konsentrasi elektrolit 1 N, waktu elektrolisis 90 menit, dan tegangan 4 volt yang ditandai dengan banyaknya Al menempel pada elektroda Cu serta banyaknya serbuk  $U_3Si_2$  yang mengendap di dasar larutan elektrolit sebanyak 2,158 g.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, "Informasi Internal Pusat Elemen Bakar Nuklir", Bidang Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset, Pusat Elemen Bakar Nuklir, BATAN, Serpong, 1988.
2. NUKEM, "Basic and Detail Engineering Process Element Fabrication Plant for BATAN", Vol. 4 Nukem VT - No. 2.0080, Hanau, 1983.
3. FATHURRACHMAN, "Penggunaan Membran Tukar Kation dalam Teknologi Kimia Nuklir", Urania, No. 4, Thn. I, 1995, hal.30.
4. PASCOE, K.J., "An Introduction to the Properties of Engineering Material", 3<sup>rd</sup> Ed., van Nostrand Reinhold Company, Melbourne, 1978, pp.315-332.
5. SVEHLA, G., "Textbook of Macro and Semi Micro Qualitative Inorganic Analysis", 5<sup>th</sup> ed., New York, 1985, pp.5-35 and 215-217.