
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^[1].

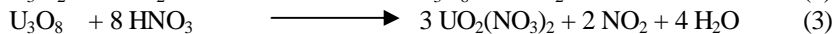
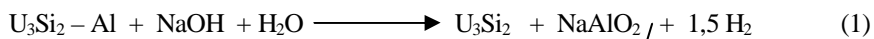
Produk serbuk U_3Si_2 sebagai PEB diperoleh dengan jalan melebur logam uranium (dengan pengayaan $\leq 20\%$) sebanyak 92,5% dengan serbuk silikon 7,5% dalam tungku busur listrik di bawah tekanan atmosfer. Serbuk U_3Si_2 merupakan penyusun utama/daging bahan bakar, dan senantiasa harus memenuhi spesifikasi 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^[2]. 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^[3], 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^[4], 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.

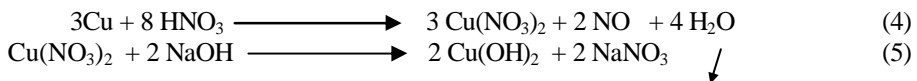
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

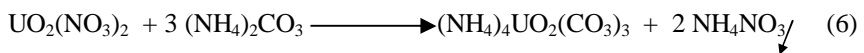
4.1 Pengaruh Konsentrasi Elektrolit

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)^[5].



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.

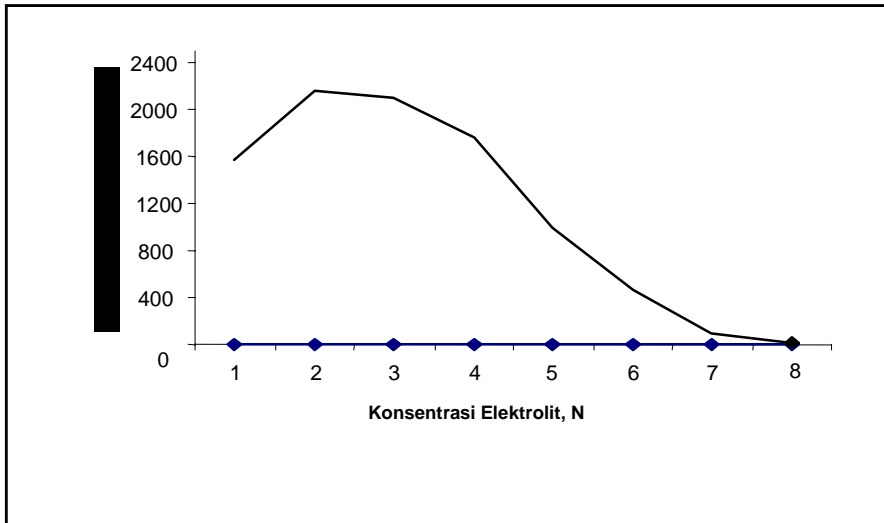
Parameter: konsentrasi elektrolit, waktu 90 menit, tegangan 4 volt

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 divariasi 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.

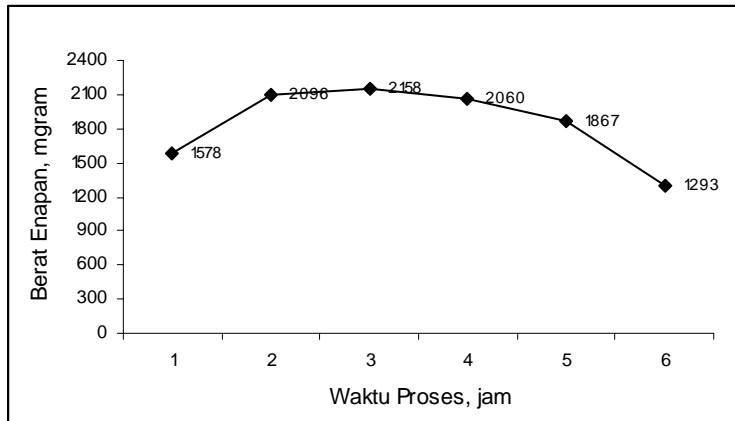
Parameter: waktu elektrolisis, konsentrasi elektrolit 1 N, tegangan 4 volt

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.

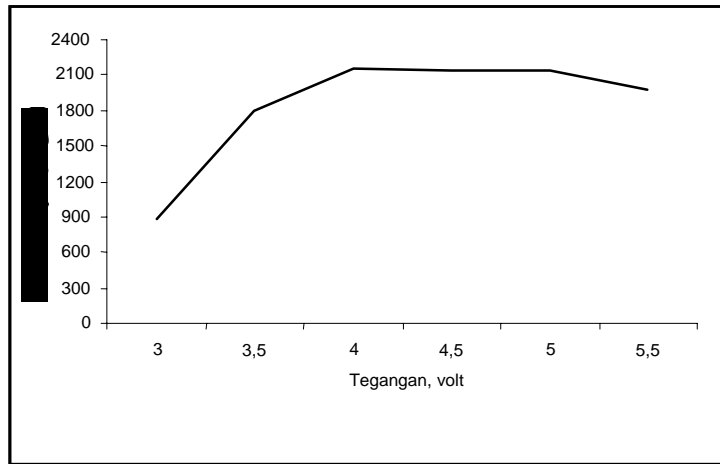
Setelah melampaui 4 volt, terjadi penurunan hasil U_3Si_2 begitu juga pengurangan berat Cu. Peristiwa ini disebabkan elektroda Cu makin larut dalam asam nitrat yang berfungsi sebagai larutan elektrolit.



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", 3rd Ed., van Nostrand Reinhold Company, Melbourne, 1978, pp.315-332.
5. SVEHLA, G., "Textbook of Macro and Semi Micro Qualitative Inorganic Analysis", 5th ed., New York, 1985, pp.5-35 and 215-217.