

## PENGARUH UNSUR Al, Mg, DAN Na PADA ANALISIS URANIUM SECARA POTENSIOMETRI

Boybul dan Iis Haryati  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN, Serpong

### ABSTRAK

**PENGARUH UNSUR Al, Mg, DAN Na PADA ANALISIS URANIUM SECARA POTENSIOMETRI.** Kadar uranium dalam larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar (PEB)  $U_3O_8$ -Al telah dianalisis dengan cara titrasi potensiometri. Penentuan kadar uranium dilakukan menggunakan metode reduksi-oksidasi dengan fero sulfat sebagai reduktor dan kalium bikromat sebagai oksidator. Larutan uranil nitrat hasil pelarutan mengandung unsur-unsur pengotor dengan kadar cukup tinggi. Untuk melihat adanya pengaruh unsur-unsur pengotor tersebut dilakukan preparasi sampel dengan teknik pemanasan menggunakan  $HClO_4$  dan preparasi sampel tanpa pemanasan. Hasil analisis uranium dalam larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar dengan teknik pemanasan dan tanpa pemanasan masing-masing sebesar 5,755 g/L dan 5,105 g/L. Adanya perbedaan hasil analisis yang cukup signifikan dari analisis tersebut dikarenakan di dalam larutan uranil nitrat terdapat unsur pengotor Al, Na, dan Mg dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Dari percobaan yang dilakukan diketahui bahwa Al berpengaruh pada konsentrasi 8000 ppm dan 10 000 ppm dengan akurasi 96,35% dan 88,88%. Na berpengaruh pada konsentrasi 8000 ppm dan 10 000 ppm dengan akurasi 95,06% dan 87,09%. Sedangkan Mg berpengaruh pada konsentrasi 10 000 ppm dengan akurasi 96,23%. Pengaruh gabungan dari ketiga unsur-unsur tersebut dimulai masing-masing pada konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm dan 4000 ppm dengan akurasi 94,37%, 94,97%, dan 87,48%. Sedangkan pengaruh pada konsentrasi 6000 ppm atau lebih besar tidak bisa diukur.

KATA KUNCI: Potensiometri, analisis uranium, elemen bakar  $U_3O_8$

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF Al, Mg, AND Na ON URANIUM ANALYSIS USING POTENTIOMETRIC METHOD.** The uranium concentration in uranyl nitrate solution from the dissolution of fuel element plate  $U_3O_8$ -Al has been analyzed using potentiometric method. The determination of uranium concentration is performed using redox method with ferro sulfate as the reductor and potassium bichromate as the oxidator. Uranyl nitrate solution obtained from the dissolution of fuel plate appears to contain impurities at relatively high concentration. To observe the influence of the impurities, sample preparation was performed employing heating with  $HClO_4$  and without heating. The results of uranium analysis in uranyl nitrate solution obtained from the dissolution of fuel elements plate with heating and without heating are 5.755 g/L and 5.105 g/L correspondingly. The difference in the analysis results is quite significant due to the presence of impurities Na, Mg and Al in the uranyl nitrate solution at rather high concentrations. The experiment results show that the influence of Al is noted at the concentrations of 8000 ppm and 10 000 ppm with accuracy of 95.06% and 87.09% respectively. The influence of Na is noted at the concentrations of 8000 ppm and 10 000 ppm with accuracy of 95.06% and 87.09%, respectively. The influence of Mg is noted at the concentration of 10 000 ppm with accuracy of 96.23%. The combined influence of the three elements commences at the concentrations of 1000 ppm, 2000 ppm, and 4000 ppm

*with accuracy of 94.37%, 94.97%, and 87.48% respectively. The combined influence at the concentration of 6000 ppm or higher cannot be measured.*

*FREE TERMS: potentiometry, uranium analysis, fuel element U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>*

## I. PENDAHULUAN

Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset telah berproduksi sejak diresmikan tahun 1987, yaitu memproduksi elemen bakar dispersi U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-Al tipe pelat untuk reaktor riset G.A. Siwabessy. Sejak berproduksi sampai sekarang telah dihasilkan lebih dari lima ribu pelat elemen bakar U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-Al, dari sekian banyak pelat tersebut terdapat hampir seribu buah pelat yang tidak lolos uji kendali kualitas atau tidak memenuhi spesifikasi sehingga pelat tersebut ditolak. Pelat elemen bakar yang ditolak selanjutnya diproses ulang untuk memungut kembali uranium yang terkandung dalam pelat elemen bakar tersebut.

Pemungutan uranium dari pelat elemen bakar dilakukan dengan cara melarutkan PEB. Pertama, PEB dipotong dengan ukuran lebih kurang 1 cm × 7 cm, kemudian dilarutkan dengan natrium hidroksida untuk melarutkan kelongsong yang terdiri dari AlMg<sub>2</sub>. Selanjutnya larutan disaring, dikeringkan dan dipanggang di dalam tungku pada suhu 800 °C sehingga diperoleh serbuk U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> kotor. Serbuk U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> kotor ini kemudian dilarutkan dengan asam nitrat 50% sehingga didapatkan larutan uranil nitrat. Larutan uranil nitrat yang dihasilkan ini belum murni, mengandung banyak unsur-unsur pengotor, seperti tercantum pada Tabel 1. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses lebih lanjut yaitu pemurnian dengan cara ekstraksi menggunakan campuran tributilfosfat-heksana. Sebelum proses pemurnian dilakukan, larutan tersebut harus dianalisis untuk penentuan kadar uranium yang terkandung di dalamnya.

Tabel 1. Konsentrasi unsur-unsur pengotor yang terkandung dalam larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar\*

Unsur	Konsentrasi	Unsur	Konsentrasi
Ni	22,36 ppm	Cr	20,93 ppm
Fe	388,00 ppm	Al	38,500 ppm
Mn	47,00 ppm	Na	18,307 ppm
Mg	1600 ppm	Cu	100,50 ppm

\*Hasil analisis dengan AAS

Karena larutan uranil nitrat yang dihasilkan dari proses pelarutan pelat gagal ini mengandung banyak pengotor dengan konsentrasi yang cukup tinggi, dan mungkin akan mempengaruhi pada penentuan kadar uranium, maka perlu dipelajari cara penentuan uranium dalam larutan uranil nitrat tersebut sehingga didapatkan hasil yang mendekati nilai yang sebenarnya dengan ketelitian analisis yang tinggi.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa unsur-unsur Al, Mg, dan Na terdapat dalam jumlah konsentrasi yang tinggi dalam larutan uranil nitrat. Tingginya konsentrasi unsur-unsur tersebut di dalam larutan akan mempengaruhi analisis kadar uranium. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari unsur-unsur tersebut, maka dibuat simulasi penentuan kadar uranium. Simulasi dilakukan dengan penambahan unsur-unsur tersebut ke dalam larutan uranium standar dengan variasi konsentrasi tertentu, yang selanjutnya dianalisis kadarnya sehingga didapatkan penyimpangannya.

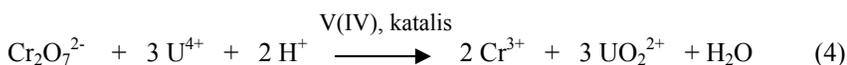
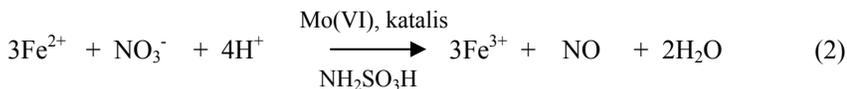
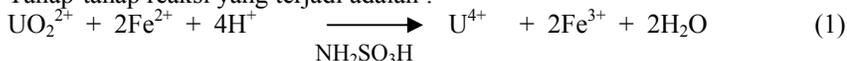
Untuk melihat adanya pengaruh unsur-unsur pengotor tersebut terhadap hasil analisis uranium, dilakukan preparasi sampel dengan teknik pemanasan menggunakan asam perklorat

(HClO<sub>4</sub>) dan preparasi sampel tanpa pemanasan. Pemanasan menggunakan asam perklorat berlangsung sampai timbul asap putih tebal, yang dimaksudkan untuk menghilangkan gangguan dari unsur-unsur pengotor khususnya senyawa-senyawa organik. Selanjutnya sampel dianalisis dengan metode Davies-Gray<sup>[3]</sup>.

Metode analisis uranium yang dipakai pada penelitian ini adalah metode penentuan uranium secara titrasi potensiometrik menggunakan fero sulfat sebagai reduktor dalam medium asam fosfat, yang selanjutnya dititrasi dengan kalium bikromat sebagai oksidator dengan vanadium sebagai katalisator. Metode ini dikenal sebagai metode Davies-Gray.

Cuplikan uranium dalam bentuk ion UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> direduksi menjadi ion U<sup>4+</sup> dengan penambahan ion Fe<sup>2+</sup> dalam jumlah berlebihan sebagai reduktor di dalam medium asam fosfat pekat. Kelebihan ion Fe<sup>2+</sup> dioksidasi secara selektif oleh asam nitrat dengan bantuan molibdenum sebagai katalisator tanpa mempengaruhi ion U<sup>4+</sup>. Selanjutnya ion U<sup>4+</sup> dioksidasi dengan larutan standar K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> secara akurat, yang diikuti oleh perubahan potensial larutan hingga melampaui titik ekivalennya. Untuk perubahan pada titik akhir titrasi dan juga sebagai katalisator, sebelum titrasi dilakukan ditambahkan vanadium. Dengan bantuan potensiometer, perubahan potensial dapat diikuti secara elektronik hingga letak titik ekuivalen dapat dipastikan secara akurat.

Tahap-tahap reaksi yang terjadi adalah :



Pada proses titrasi ini, pengaruh ion asing seperti Al, Cr, Na, Ca, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dalam jumlah kecil dapat diabaikan. Ion Mo akan berpengaruh apabila berada bersama dengan ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dalam jumlah besar. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian dan ketepatan analisis uranium adalah konsentrasi uranium, konsentrasi titran, konsentrasi media, kepekaan elektrode, dan konsentrasi reduktor<sup>[2]</sup>.

Dengan dilakukannya penelitian analisis kadar uranium dalam larutan uranil nitrat dengan matrik unsur-unsur pengotor yang cukup tinggi, maka diharapkan hasil pengukuran kadar uranium akan memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya dengan ketelitian dan akurasi yang tinggi.

## II. TATA KERJA

### 2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah *Standard Reference Material* uranium oksida, fero sulfat, asam sulfamat, asam nitrat, asam fosfat, amonium heptamolibdat, kalium bikromat, vanadium sulfat, dan larutan uranil nitrat hasil pelarutan PEB; larutan standar Al 1000 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, dan 10 000 ppm; larutan standar Na 1000 ppm, 2000 ppm,

4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, dan 10 000 ppm; dan larutan standar Mg 1000 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, dan 10 000 ppm.

a. Pembuatan larutan pereaksi.

1. Larutan 1,5 M asam amido sulfonat  
146 gram asam amido sulfonat dilarutkan dalam 1 liter air bebas mineral.
2. Larutan 1,0 M fero sulfat  
280 gram  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam larutan 1,8 M asam sulfat, yaitu 600 ml air bebas mineral ditambah 100 ml asam sulfat pekat 95-97%, lalu ditepatkan dengan air bebas mineral menjadi 1 liter.
3. Larutan A  
4 gram amonium heptamolibdat tetrahidrat dilarutkan dalam 400 ml air bebas mineral, ditambah 500 ml asam nitrat pekat, dan 100 ml asam amido sulfonat 1,5M.
4. Larutan 0,4 g/l vanadium dalam larutan 4,8 M asam sulfat  
2150 ml air bebas mineral ditambah 125 ml asam sulfat pekat, ditambah 1 ampul titrisol 1 g/l vanadium, kemudian ditepatkan hingga 2,5 liter dengan air bebas mineral.
5. Larutan 0,027 N kalium bikromat  
1,324 gram kalium bikromat dilarutkan dalam 1 liter air bebas mineral.

b. Pembuatan larutan standar  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

Serbuk  $\text{U}_3\text{O}_8$  ditimbang dengan teliti sebanyak 0,5973 gram. Serbuk dimasukkan ke dalam beaker 100 ml, ditambah dengan 15 ml asam nitrat pekat. Selanjutnya beaker ditutup dengan kaca arloji, lalu dipanaskan hingga larut sempurna, didinginkan. Bilas kaca arloji dan dinding beaker dengan air bebas mineral. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditepatkan hingga tanda garis dengan asam nitrat 3 M.

## 2.2 Alat

Alat yang digunakan adalah Potensiometer Metrohm 682, peralatan gelas, pemanas listrik, dan elektrode kombinasi Pt kalomel.

## 2.3. Cara Kerja

### 2.3.1. Pengukuran kadar uranium tanpa pemanasan

Ke dalam masing-masing 7 buah gelas piala ditambahkan 1 ml larutan cuplikan (cuplikan standar, cuplikan contoh uranil nitrat hasil pelarutan dan cuplikan simulasi dengan penambahan unsur pengotor) menggunakan pipet. Kemudian dimasukkan 10 ml air bebas mineral, 2 ml asam amido sulfonat, 16 ml asam fosfat pekat, dan 2 ml ferro sulfat, dan panaskan sampai suhu  $40\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 menit sambil diaduk. Setelah itu ditambahkan 4 ml larutan A, diaduk dengan pengaduk magnet selama 3 menit. Terakhir dimasukkan 40 ml larutan vanadium 0,4 g/l, dan dilakukan titrasi dengan 0,027 N kalium bikromat sampai titik akhir titrasi tercapai.

### 2.3.2. Pengukuran kadar uranium pemanasan dengan asam perklorat

Ke dalam masing-masing 7 buah gelas piala ditambahkan 1 ml larutan cuplikan (cuplikan standar, cuplikan contoh uranil nitrat hasil pelarutan dan cuplikan simulasi dengan penambahan unsur pengotor) menggunakan pipet. Kemudian dimasukkan 4 ml asam perklorat, lalu panaskan sampai timbul uap putih. Pemanasan dilanjutkan sampai sekitar 1 menit, lalu dinginkan. Tambahkan 10 ml air bebas mineral, 2 ml asam amido sulfonat, 16 ml asam fosfat

pekat, dan 2 ml ferro sulfat, dan panaskan sampai suhu 40 °C selama 1 menit sambil diaduk. Setelah itu ditambahkan 4 ml larutan A, dan aduk dengan pengaduk magnet selama 3 menit. Terakhir dimasukkan 40 ml larutan vanadium 0,4 g/l, dan dilakukan titrasi dengan 0,027 N kalium bikromat sampai titik akhir titrasi tercapai.

### c. Pengaruh unsur Al, Mg, dan Na pada titrasi potensiometri

Ke dalam masing-masing 7 buah gelas piala yang berisi 1 ml larutan standar uranil nitrat dengan konsentrasi 5,065 g/L, tambahkan larutan standar Al 1000 ppm. Kemudian analisis dilakukan sesuai cara kerja poin 3(a) dan poin 3 (b). Demikian juga untuk pengaruh konsentrasi 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm, dan 10 000 ppm, dan untuk pengaruh unsur Mg, Na dan gabungan Al, Mg dan Na.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan analisis terhadap larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar dan analisis kadar uranium terhadap pengaruh adanya unsur-unsur Al, Mg, dan Na, terlebih dahulu dilakukan validasi metode penentuan kadar uranium. Hasil validasi metode untuk analisis kadar uranium dalam uranium standar adalah sebagai berikut:

### 3.1. Validasi Metode Analisis Kadar Uranium

Untuk mengetahui unjuk kerja dari metode ini dihitung ketelitian dan akurasi dari metode tersebut berdasarkan hasil analisis uranium standar, yang dihitung berdasarkan nilai yang tercantum dalam sertifikat dari uranium standar. Kadar uranium tercantum pada sertifikat (CRM) dari ANL adalah 84,798%. Hasil analisis kadar uranium dalam uranium standar (CRM  $U_3O_8$ ) dengan metode titrasi potensiometri adalah  $84,670 \pm 0,199$  seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kadar uranium dalam serbuk  $U_3O_8$  standar

Ulangan	Kadar U (%)
1	84,784
2	84,855
3	84,519
4	84,567
5	84,952
6	84,615
7	84,399
Rata-rata	84,670
SD (%)	0,199
RSD (%)	0,235
Akurasi (%)	99,849

Dari hasil analisis yang tercantum pada Tabel 2 diatas diperoleh nilai relatif standar deviasi sebesar 0,235% dan akurasi metode sebesar 99,849%. Hal ini menunjukkan bahwa metode dan peralatan yang digunakan untuk analisis mempunyai ketelitian dan akurasi yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang dipakai untuk analisis kadar uranium telah tervalidasi.

Hasil analisis kadar uranium dalam larutan uranil nitrat dengan pemanasan menggunakan asam perklorat dan tanpa pemanasan, ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil analisis kadar uranium dalam larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar

Ulangan	Konsentrasi (g/L)	
	Tanpa pemanasan	Pemanasan
1	4,725	5,743
2	5,215	5,754
3	5,173	5,751
4	5,190	5,760
5	5,212	5,766
Rata-rata	5,103	5,755
SD (%)	0,212	0,087
RSD (%)	0,042	0,015

Dari hasil analisis larutan uranil nitrat seperti tercantum pada Tabel 3 terlihat bahwa konsentrasi uranium dalam larutan uranil nitrat hasil analisis dengan teknik tanpa pemanasan lebih kecil dari hasil analisis dengan teknik pemanasan menggunakan asam perklorat. Hasil uji F menunjukkan bahwa kedua metode analisis tersebut berbeda secara signifikan, dimana hasil F hitung sebesar 450, lebih besar dari F tabel  $(_{0,05,2,4,4})$  dengan nilai sebesar 6,39. Hal ini menunjukkan bahwa unsur-unsur pengotor yang ada dalam larutan uranil nitrat berpengaruh pada analisis uranium, terutama unsur-unsur pengotor dengan konsentrasi yang tinggi. Untuk menghilangkan pengaruh unsur-unsur pengotor tersebut maka dilakukan preparasi atau perlakuan dengan cara penambahan suatu senyawa atau larutan tertentu yang dapat menghilangkan pengaruh tersebut. Senyawa-senyawa yang biasanya dipakai untuk menghilangkan pengaruh unsur-unsur pengotor adalah asam perklorat pekat dan asam sulfat pekat<sup>[5]</sup>.

### 3.2. Pengaruh Unsur-Unsur Pengotor Al, Na, dan Mg terhadap Analisis Uranium

Hasil analisis larutan uranium standar yang ditambah dengan unsur-unsur pengotor Al, Na, dan Mg dicantumkan pada Tabel 4, 5, 6 dan 7.

Tabel 4. Hasil analisis uranium dengan konsentrasi 5,065 g/L setelah penambahan Al dengan berbagai konsentrasi

Al yang ditambahkan (ppm)	Tanpa pemanasan		Dengan pemanasan	
	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)
1000	5,052	99,74	5,056	99,82
2000	5,060	99,90	5,071	99,88
4000	5,016	99,03	5,068	99,94
6000	4,965	98,03	5,100	99,31
8000	4,880	96,35	5,143	98,48
10 000	4,502	88,88	5,170	97,97

Dari hasil analisis pada Tabel 4 terlihat bahwa unsur Al berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik analisis tanpa pemanasan pada konsentrasi 8000 ppm dan 10 000 ppm, yang dinyatakan dengan akurasi analisis sebesar 96,35% dan 88,88%. Sedangkan dengan teknik pemanasan unsur Al berpengaruh pada konsentrasi 10 000 ppm dengan akurasi 97,97%.

Unsur Al dengan konsentrasi 10 000 ppm atau lebih tetap berpengaruh terhadap analisis uranium walaupun telah dilakukan pemanasan dengan penambahan asam perklorat.

Tabel 5. Hasil analisis uranium dengan konsentrasi 5,065 g/L setelah penambahan Na dengan berbagai konsentrasi

Na yang ditambahkan (ppm)	Tanpa pemanasan		Dengan pemanasan	
	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)
1000	5,049	99,68	5,052	99,74
2000	5,003	98,78	5,040	99,51
4000	5,052	99,74	5,079	99,72
6000	5,016	99,03	5,025	99,21
8000	4,815	95,06	5,030	99,31
10 000	4,411	87,09	5,041	99,53

Dari hasil analisis pada Tabel 5 terlihat bahwa unsur Na berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik analisis tanpa pemanasan pada konsentrasi 8000 ppm dan 10 000 ppm, yang dinyatakan dengan akurasi analisis sebesar 95,06% dan 87,09%. Sedangkan dengan teknik pemanasan dengan penambahan asam perklorat, unsur Na tidak berpengaruh terhadap analisis uranium. Hal ini dibuktikan dengan akurasi analisis di atas 99%.

Tabel 6. Hasil analisis uranium dengan konsentrasi 5,065 g/L setelah penambahan Mg dengan berbagai konsentrasi

Mg yang ditambahkan (ppm)	Tanpa pemanasan		Dengan pemanasan	
	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)
1000	5,035	99,41	5,045	99,61
2000	5,030	99,31	5,064	99,98
4000	5,018	99,07	5,072	99,86
6000	5,000	98,72	5,068	99,94
8000	4,971	98,14	5,089	99,53
10 000	4,874	96,23	5,094	99,43

Dari hasil analisis pada Tabel 6 terlihat bahwa unsur Mg berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik analisis tanpa pemanasan pada konsentrasi 10000 ppm, yang dinyatakan dengan akurasi analisis sebesar 96,23%. Sedangkan dengan teknik pemanasan dengan penambahan asam perklorat, unsur Mg tidak berpengaruh terhadap analisis uranium. Hal ini terlihat dari akurasi analisis di atas 99%.

Tabel 7. Hasil analisis uranium dengan konsentrasi 5,065 g/L setelah penambahan gabungan Al, Na, dan Mg dengan berbagai konsentrasi

Al, Na, Mg ditambahkan (ppm)	Tanpa pemanasan		Dengan pemanasan	
	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)	Konsentrasi (g/L)	Akurasi (%)
1000	4,780	94,37	5,017	99,05
2000	4,810	94,97	5,025	99,21
4000	4,431	87,48	5,012	98,95
6000	Tidak bisa diukur	-	4,522	89,28
8000	Tidak bisa diukur	-	Tidak bisa diukur	-

Pada Tabel 7 terlihat bahwa gabungan dari unsur-unsur Al, Na, dan Mg berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik analisis tanpa pemanasan mulai dari konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm dengan akurasi analisis sebesar 94,37%, 94,97% dan 87,48%, sedangkan pada konsentrasi 6000 ppm dan 8000 ppm hasil analisis tidak dapat diketahui. Hal ini disebabkan oleh unsur pengotor Al, Mg dan Na yang mempengaruhi reaksi redoks, sehingga potensial reaksi tidak dapat diukur karena konsentrasi unsur pengotor terlalu besar. Begitu juga setelah dilakukan teknik pemanasan dengan penambahan asam perklorat pada konsentrasi unsur pengotor 6000 ppm tetap memberikan hasil analisis dengan akurasi 89,28%, sedangkan pada konsentrasi 8000 ppm tidak terukur.

#### IV. KESIMPULAN

1. Unsur pengotor Al berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik tanpa pemanasan pada konsentrasi 8000 ppm atau lebih.
2. Pada teknik pemanasan dengan penambahan asam perklorat Al berpengaruh pada konsentrasi 10 000 ppm atau lebih.
3. Unsur pengotor Na berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik tanpa pemanasan pada konsentrasi 8000 ppm atau lebih, sedangkan dengan teknik pemanasan penambahan asam perklorat unsur Na tidak berpengaruh.
4. Unsur pengotor Mg berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik tanpa pemanasan pada konsentrasi 10 000 ppm atau lebih, sedangkan dengan teknik pemanasan penambahan asam perklorat unsur Mg tidak berpengaruh.
5. Gabungan dari unsur-unsur Al, Na, dan Mg berpengaruh terhadap analisis uranium dengan teknik tanpa pemanasan pada konsentrasi 1000 ppm atau lebih, sedangkan dengan teknik pemanasan penambahan asam perklorat gabungan unsur-unsur tersebut berpengaruh pada konsentrasi 6000 ppm atau lebih.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Instructions for Use 682 Titroprocessor Series 01, Metrohm Ltd. CH-9100 HERISAU, Switzerland, 1985.
2. NUKEM GmbH, "Description of the Numkem Quality Control of Fuel Element Fabrication", Part 3, 1982.
3. Annual Book of ASTM Standards, Part 3.2, Method 696-72, American Society for Testing and Materials, USA, 1973, pp.2-4.

4. ANDERSON, R.L., "Practical Statistic for Analytical Chemist", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.
5. STEPHENS, F. B., GUTMACHER, R. G., ERNST, K., and HARRAR, J. E., "Method for Accountability of Uranium Dioxide" Lawrence Livermore Laboratory, General Chemistry Division, U. S. Nuclear Regulatory Commission Office of Standards Development, 1975, pp.4-20.