

## ANALISIS UNSUR PENGOTOR Fe, Cr, DAN Ni DALAM LARUTAN URANIL NITRAT MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM

BOYBUL, IIS HARYATI

*Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN  
Kawasan Puspipstek Gd 20, Serpong, 1531355281*

### **Abstrak**

**ANALISIS UNSUR PENGOTOR FE, CR, DAN NI DALAM LARUTAN URANIL NITRAT MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM.** Telah dilakukan analisis unsur pengotor Fe, Cr, dan Ni dalam larutan uranil nitrat hasil proses olah ulang gagal pelat elemen bakar nuklir reaktor riset. Analisis dilakukan terhadap uranil nitrat hasil stripping atau reekstraksi dan uranil nitrat hasil proses evaporasi atau pemekatan. Analisis dilakukan untuk mengetahui kadar unsur pengotor Fe, Ni, dan Cr dalam larutan uranil nitrat, apakah terjadi penambahan atau pengurangan kadar unsur-unsur tersebut sebelum evaporasi dan setelah evaporasi. Sebelum dilakukan analisis terhadap larutan contoh terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap bahan acuan standar (SRM)  $U_3O_8$ . Hasil pengukuran analisis kadar unsur-unsur pengotor dalam SRM  $U_3O_8$  dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk unsur Fe, Cr, dan Ni dengan ketelitian berturut-turut : 0.878%; 0.990% dan 1.804% dan akurasi berturut-turut : 95.56%; 97.84% dan 97.40%. Hasil analisis kadar unsur-unsur pengotor Fe, Cr, dan Ni dalam larutan uranil nitrat hasil stripping berturut-turut sebesar 8,97 ppm, 2,02 ppm, dan 1,68 ppm dan dalam larutan UN setelah evaporasi akhir berturut-turut sebesar 192,30 ppm, 45,00 ppm dan 39,79 ppm. Persentase kenaikan unsur-unsur pengotor dari larutan uranil nitrat sebelum evaporasi dan setelah evaporasi berturut-turut sebesar 2144 %, 2174 % dan 2368 %.

*Kata kunci: Uranil nitrat, analisis, spektrofotometer serapan atom*

### **Abstract**

**ANALYSIS OF THE IMPURITIES ELEMENTS OF FE, CR, AND NI IN URANYL NITRATE SOLUTION USING AN ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER.** The analysis of impurities elements of Fe, Cr, and Ni in uranyl nitrate solution obtained from recycling process of the rejected fuel plate for the nuclear research reactor have been done in an atomic absorption spectrophotometer (AAS). Analysis was conducted to uranyl nitrate solution resulted from stripping and uranyl nitrate solution obtained from evaporation and solution processes. A standard reference materials (SRM)  $U_3O_8$  was used before analysis of the sample. For the reference material it is obtained that the precision of Fe, Cr, and Ni elements are 0,88 %, 0,99 %, and 1,80 % with the accuracy of 95,56 %, 97,84 %, and 97,04 %, respectively. In case of the sample solution obtained from the stripping process the concentration of Fe, Cr, and Ni elements are 8,97 ppm, 2,20 ppm, and 1,68 ppm, respectively. In case of the sample solution obtained from the evaporation process that of Fe, Cr and Ni elements are 192,30 ppm, 4500 ppm, and 39,79 ppm. The percentage of impurities elements from uranyl nitrate solution before and after evaporation incline successively equal to 2144 %, 2174 %, and 2368 %.

*Keywords: Uranyl nitrate, analysis, atomic absorption spectrophotometer*

### **PENDAHULUAN**

Uranil nitrat (UN) atau  $UO_2(NO_3)_2$  merupakan bahan baku untuk pembuatan logam

uranium. Larutan uranil nitrat dihasilkan dari proses pengolahan bijih uranium atau dari proses olah ulang gagal pada pabrik bahan bakar nuklir reaktor riset. Larutan uranil nitrat

yang dihasilkan baik dari proses pelarutan bijih uranium ataupun dari proses pelarutan gagal proses pabrik bahan bakar nuklir belum murni, sehingga perlu dilakukan pemurnian agar dihasilkan larutan uranil nitrat dengan tingkat kemurnian nuklir (*nuclear grade*).

Selama proses pengolahan larutan uranil nitrat mulai dari proses pemurnian sampai dengan pemekatan sehingga diperoleh larutan uranil nitrat dengan konsentrasi yang mencukupi untuk diproses lebih lanjut menjadi ammonium uranil karbonat (AUK), terjadi penambahan kadar unsur-unsur pengotor yang mungkin disebabkan oleh peralatan proses yang dipergunakan seperti pipa transfer bahan, tangki (wadah) penyimpanan, dan tangki evaporasi yang terbuat dari stainless steel, karena usia pakai telah cukup lama (20 tahun lebih) kemungkinan telah termakan oleh karat, sehingga akan mengkontaminasi larutan uranil nitrat.<sup>(1)</sup>

Dalam usaha untuk mengetahui agar kualitas uranil nitrat yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan, maka pada setiap tahap kegiatan/proses pengolahan uranil nitrat dilakukan analisis kadar unsur-unsur pengotor, khususnya untuk unsur-unsur Fe, Ni, dan Cr karena unsur inilah kontaminan utama, yang kemungkinan berasal dari peralatan yang dipakai.

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar unsur pengotor Fe, Ni, dan Cr dalam larutan uranil nitrat sebelum dievaporasi dan setelah evaporasi, sehingga dapat diketahui apakah uranil nitrat yang dihasilkan setelah evaporasi memenuhi persyaratan untuk diproses lebih lanjut menjadi amonium uranil karbonat.

## TEORI

Analisis kadar unsur-unsur pengotor yang terkandung dalam larutan contoh dapat dilakukan dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA), dilakukan dengan cara mengalirkan larutan contoh ke dalam nyala, selanjutnya di dalam nyala akan terurai menjadi atom-atom bebas dari unsur yang dianalisis, dengan adanya sinar dari lampu katoda cekung yang mempunyai panjang gelombang yang sama dengan unsur yang dianalisis, maka akan terjadi penyerapan sinar oleh atom-atom unsur tersebut yang mengakibatkan atom-atom tersebut tereksitasi. Banyaknya sinar yang

diserap oleh atom-atom tersebut berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan sehingga kadar unsur dalam contoh dapat diketahui.<sup>(2)</sup>

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode analisis untuk menentukan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi sumber oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Proses penyerapan tersebut menyebabkan atom penyerap tereksitasi, dimana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Banyaknya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (absorbansi) atau mengukur radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan.

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen-N<sub>2</sub>O, tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas pada tingkat energi dasar (ground state).

Disini berlaku hubungan yang dikenal dengan hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara SSA. Hubungan tersebut dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:<sup>(2)</sup>

$$I = I_0 \cdot e^{a \cdot b \cdot c} \quad (1)$$

atau,

$$\begin{aligned} \log I/I_0 &= a \cdot b \cdot c \\ A &= a \cdot b \cdot c \end{aligned} \quad (2)$$

dengan:

- A = absorbansi, tanpa dimensi
- a = koefisien serapan, L<sup>2</sup>/M
- b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap, L
- c = konsentrasi, M/L<sup>3</sup>
- I<sub>0</sub> = intensitas sinar mula-mula
- I = intensitas sinar yang diteruskan

Pada persamaan diatas ditunjukkan bahwa besarnya absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi atom-atom pada tingkat tenaga dasar dalam medium nyala. Banyaknya konsentrasi atom-atom dalam nyala tersebut sebanding dengan konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan. Dengan demikian, dari pemplotan serapan dan konsentrasi unsur dalam larutan standar diperoleh kurva kalibrasi. Dengan menempatkan absorbansi dari suatu cuplikan pada kurva standar akan diperoleh konsentrasi dalam larutan cuplikan.

Untuk mengetahui unjuk kerja peralatan dan prosedur analisis maka terlebih dahulu dilakukan analisis dengan menggunakan SRM  $U_3O_8$ , baik untuk analisis kadar uranium maupun analisis unsur-unsur pengotor. Hasil analisis dibandingkan dengan nilai sertifikat standar uranium sehingga diperoleh besarnya penyimpangan dan tingkat akurasi metode tersebut, pengukuran meliputi ketelitian, akurasi, limit deteksi, dan linieritas.<sup>(3)</sup>

Ketelitian suatu metode analisis mempunyai kedapatulangan yang bagus, ketelitian dinyatakan sebagai Relative Standar Deviasi (RSD):

$$RSD, \% = \frac{SD}{X} \times 100 \% \quad (3)$$

SD = standar deviasi

X = nilai rata-rata hasil pengukuran

Akurasi metode dinyatakan dengan nilai perolehan kembali (% *recovery*) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:<sup>(3)</sup>

$$\text{Recovery, \%} = \frac{\text{Hasil analisis}}{\text{Nilai SRM}} \times 100 \% \quad (4)$$

Limit deteksi merupakan kemampuan suatu metode atau alat untuk mendeteksi konsentrasi terkecil dalam larutan contoh. Limit deteksi dihitung dengan rumus:

$$LD = A \text{ blanko} + 3 SD \quad (5)$$

LD = limit deteksi

A = absorbansi

SD = standar deviasi

selanjutnya nilai LD diplotkan kedalam kurva kalibrasi sehingga didapatkan konsentrasi Limit deteksi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Larutan uranyl nitrat (UN), SRM  $U_3O_8$ , asam nitrat, tri buthyl posphat (TBP), hexana, air bebas mineral.

### Peralatan

Timbangan analitik, alat-alat gelas, botol contoh, pemanas listrik, perangkat SSA.

### Cara Kerja

#### Pembuatan larutan standar unsur-unsur

Dibuat deret standar dari masing-masing unsur dengan konsentrasi berturut-turut sebagai berikut:

Ni = 1.6 ppm; 3.2 ppm; 6.4 ppm

Fe = 1.6 ppm; 3.2 ppm; 6.4 ppm

Cr = 2.0 ppm; 4.0 ppm; 6.0 ppm

dengan cara mengencerkan dari larutan standar induk unsur Ni 4000 ppm, Fe 4000 ppm dan Cr 1000 ppm.

Deret larutan standar Ni, dipipet 1 mL larutan standar Ni 4000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, tepatkan sampai tanda garis dengan air bebas mineral sehingga didapatkan konsentrasi Ni 40 ppm. Kemudian kedalam tiga buah labu ukur 50 mL dipipet masing-masing 2 mL, 4 mL dan 8 mL larutan standar Ni 40 ppm, tepatkan sampai tanda batas dengan air bebas mineral sehingga didapatkan deret larutan standar Ni dengan konsentrasi 1,6 ppm, 3,2 ppm dan 6,4 ppm.

Deret larutan standar Fe, dipipet 1 mL larutan standar Fe 4000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, tepatkan sampai tanda garis dengan air bebas mineral sehingga didapatkan konsentrasi Fe 40 ppm. Kemudian kedalam tiga buah labu ukur 50 mL dipipet masing-masing 2 mL, 4 mL dan 8 mL larutan standar Fe 40 ppm, tepatkan sampai tanda batas dengan air bebas mineral sehingga didapatkan deret larutan standar Fe dengan konsentrasi 1,6 ppm, 3,2 ppm dan 6,4 ppm.

Deret larutan standar Cr, dipipet 1 mL larutan standar Cr 1000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, tepatkan sampai tanda garis dengan air bebas mineral sehingga didapatkan

konsentrasi Cr 100 ppm. Kemudian kedalam tiga buah labu ukur 50 mL dipipet masing-masing 1 mL, 2 mL dan 3 mL larutan standar Cr 100 ppm, tepatkan sampai tanda batas dengan air bebas mineral sehingga didapatkan deret larutan standar Cr dengan konsentrasi 2,0 ppm, 4,0 ppm dan 6,0 ppm.

#### **Persiapan larutan standar SRM (Standard Reference Material)**

Ditimbang dengan teliti lebih kurang 0,5000 gram  $U_3O_8$  contoh SRM, kemudian dilarutkan dengan 15 ml asam nitrat 6M sambil dipanaskan hingga larut sempurna, Setelah dingin dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml dan tepatkan hingga tanda garis dengan air bebas mineral. Selanjutnya diekstraksi dengan 25 ml TBP/Heksan (7:3), fasa air dipisahkan dan diekstraksi sekali lagi dengan 25 ml TBP/Heksan (7:3), kemudian setelah fasa air dipisahkan dari fasa organik dianalisis kadar unsur pengotor dengan AAS.

#### **Persiapan larutan contoh UN (Uranyl Nitrat)**

Dipipet 5 mL larutan UN kedalam beker gelas 100 mL, kemudian dipanaskan sampai hampir kusat. Selanjutnya ditambahkan asam nitrat 6M sebanyak 15 mL sambil dipanaskan hingga larut sempurna, Setelah dingin dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml dan tepatkan hingga tanda garis dengan air bebas mineral. Selanjutnya diekstraksi dengan 25 ml TBP/Heksan (7:3), fasa air dipisahkan dan diekstraksi sekali lagi dengan 25 ml TBP/Heksan (7:3), kemudian setelah fasa air dipisahkan dari fasa organik dianalisis kadar unsur pengotor dengan AAS.

#### **Pengukuran dengan SSA**

Kedalam nyala AAS dialirkan larutan deret standar dari unsur-unsur yang dianalisis dan larutan cuplikan maka akan didapatkan nilai absorbansi dari unsur-unsur yang dianalisis, dari data konsentrasi larutan standar dan absorbansi kemudian dibuat kurva kalibrasi atau persamaan regresi linier dari unsur-unsur tersebut. Dengan memplotkan absorbansi larutan standar SRM dan larutan contoh UN kedalam kurva kalibrasi atau dihitung dengan persamaan regresi linier maka

konsentrasi unsur-unsur tersebut dalam larutan contoh dapat diketahui.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum dilakukan analisis terhadap larutan uranyl nitrat terlebih dahulu dilakukan analisis dengan menggunakan SRM  $U_3O_8$ . Hasil analisis untuk unsur-unsur pengotor yang terkandung dalam uranium standar adalah sebagai berikut:

#### **Analisis kadar unsur-unsur pengotor dalam SRM $U_3O_8$**

Hasil analisis kadar unsur pengotor dalam serbuk  $U_3O_8$  standar untuk unsur Ni, Fe, dan Cr dengan alat spektrofotometer serapan atom sebagai berikut:

#### **Ketelitian**

Ketelitian dimaksudkan untuk melihat apakah metode tersebut dapat menghasilkan kedapatulangan yang bagus, yang dilihat dari relatif standar deviasinya. Uji ini dilakukan dengan menganalisis kadar unsur-unsur dalam  $U_3O_8$  standar, untuk setiap unsur dilakukan pengulangan sebanyak 7 kali. Hasil analisis unsur pengotor dan perhitungan ketelitian dalam  $U_3O_8$  standar pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis unsur pengotor dan perhitungan ketelitian dalam  $U_3O_8$  standar

Unsur	Kadar, ppm	RSD, %
Ni	196.749	0.990
Fe	200.680	0.878
Cr	99.800	1.804

Dari hasil penentuan ketelitian seperti tercantum pada tabel 1 diatas didapatkan bahwa ketelitian metode pengujian untuk unsur-unsur tersebut mempunyai ketelitian yang tinggi.

#### **Akurasi**

Akurasi dimaksudkan untuk melihat apakah metode tersebut dapat menghasilkan hasil analisis yang mendekati nilai benar atau hasil yang sama dengan nilai yang tercantum dalam sertifikat dari SRM. Akurasi metode dinyatakan dengan nilai perolehan kembali ( % *recovery*) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:<sup>(3)</sup>

$$\text{Recovery, \%} = \frac{\text{Hasil analisis}}{\text{Nilai SRM}} \times 100 \%$$

Uji ini dilakukan dengan menganalisis kadar unsur-unsur dalam  $U_3O_8$  standar, dimana untuk setiap unsur dilakukan pengulangan sebanyak 7 kali. Hasil analisis untuk uji akurasi metode dicantumkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil penentuan akurasi analisis unsure Ni, Fe, dan Cr dalam  $U_3O_8$  standar

Unsur	Kadar (ppm)		Akurasi, %
	Sertifikat	Hasil analisis	
Ni	202.0	196.749	97.40
Fe	210.0	200.680	95.56
Cr	102.0	99.800	97.84

Dari hasil penentuan akurasi metode seperti yang tertera pada table 3 diatas, didapatkan bahwa metode yang dipakai untuk analisis unsur-unsur pengotor dalam uranium cukup akurat, hal ini ditunjukkan dari nilai *recovery* yang bagus yaitu diatas 95 %.

### Limit deteksi

Limit deteksi merupakan kemampuan suatu metode atau alat untuk mendeteksi konsentrasi terkecil dalam larutan contoh. Limit deteksi dinyatakan dengan mengukur absorbansi larutan blanko sebanyak 7 kali untuk masing-masing unsur, kemudian dihitung standar deviasinya. Dari data tersebut didapatkan nilai limit deteksi dengan rumus  $LD = A \text{ blanko} + 3 SD$  yang selanjutnya diplotkan kedalam kurva kalibrasi sehingga didapatkan konsentrasi Limit deteksi,

Hasil pengukuran limit deteksi untuk masing-masing unsur dengan metode SSA seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penentuan limit deteksi unsur-unsur Ni, Fe, dan Cr

Unsur	Limit deteksi (ppm)
Ni	0.174
Fe	0.149
Cr	0.303

### Linieritas

Linieritas kurva kalibrasi dinyatakan dengan persamaan  $Y = aX + b$ , dimana  $a$  adalah *slope* dan  $b$  adalah intersep. Suatu kurva kalibrasi dinyatakan linier apabila nilai  $R$  mendekati 1. Hasil perhitungan linieritas kurva kalibrasi untuk masing-masing unsur tercantum pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan linieritas kurva kalibrasi unsur-unsur Ni, Fe, dan Cr

Unsur	Nilai R
Ni	0.9999
Fe	0.9999
Cr	0.9996

### Hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan uranil nitrat.

Hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan uranil nitrat hasil pelarutan pelat elemen bakar seperti tercantum pada Tabel 5 dibawah. Larutan tersebut masih mengandung unsur-unsur pengotor yang cukup tinggi, karena belum dilakukan pemurnian. Unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam larutan UN hasil pelarutan ini diantaranya Fe, Ni, Cr, Na, Mg, Al, Cu, dan lainnya. Unsur-unsur pengotor yang diukur pada percobaan ini hanya Fe, Ni, dan Cr, hal ini dilakukan untuk melihat kenaikan unsur-unsur tersebut selama proses pengolahan larutan UN sampai menjadi larutan yang siap untuk diolah lebih lanjut menjadi amonium uranil karbonat (AUK).

Tabel 5. Hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan uranil nitrat sebelum diekstraksi

Unsur	Kadar, ppm
Fe	388,0
Cr	20,93
Ni	22,36

Kadar pengotor unsur Fe, Ni, dan Cr dalam larutan UN seperti tercantum pada tabel 5 diatas cukup tinggi, hal ini karena larutan tersebut belum dimurnikan (diekstraksi). Namun setelah dilakukan pemurnian yaitu diekstraksi dengan TBP/kerosin dan dilanjutkan dengan reekstraksi dengan air panas pada suhu  $60^{\circ}C^{(1)}$  kadar unsur-unsur pengotornya turun

menjadi seperti yang tercantum pada tabel 6 dibawah.

Tabel 6. Hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan uranil nitrat hasil ekstraksi (kadar U = 45,50 g/L)

Unsur	Kadar, ppm
Fe	8,97
Cr	2,07
Ni	1,68

Hasil analisis larutan UN diatas menunjukkan bahwa kadar unsur pengotornya sangat kecil, tetapi larutan tersebut masih sangat encer, artinya kadar uranium yang terkandung dalam larutan tersebut masih kecil yaitu sebesar 45,5 g/L, oleh karena itu perlu dipekatan untuk mendapatkan larutan UN dengan kadar yang cukup untuk diproses lebih lanjut. Untuk itu dilakukan evaporasi larutan UN sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi uranium yang pekat. Namun seiring dengan bertambahnya konsentrasi uranium atau kepekatan larutan, kadar unsur-unsur pengotor dalam larutan tersebut ikut bertambah juga, seperti tercantum pada Tabel 7, 8, 9, dan 10 dibawah ini.

Tabel 7. Hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan uranil nitrat hasil ekstraksi, setelah dievaporasi

Unsur	Kadar pada (ppm)			
	A1	A2	A3	A4
Fe	27,05	85,75	102,15	192,30
Ni	2,99	17,53	25,47	45,00
Cr	9,98	14,11	18,02	39,79

Keterangan,

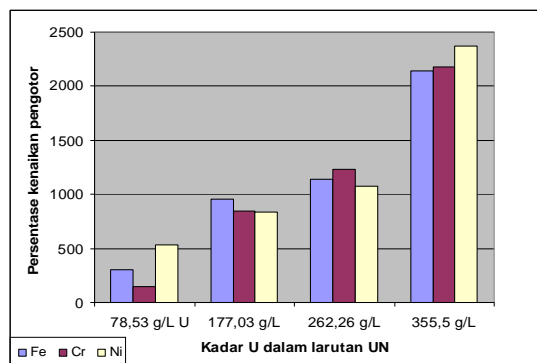
A1 = kadar U dalam UN = 78,53 g/L

A2 = kadar U dalam UN = 177,03 g/l

A3 = kadar U dalam UN = 262,26 g/L

A4 = kadar U dalam UN = 355,5 g/L

Dari hasil analisis unsur-unsur pengotor dalam larutan UN hasil evaporasi pada Tabel 7, 8, 9, dan 10 diatas terlihat adanya peningkatan kadar unsur-unsur pengotor pada setiap tahap proses evaporasi sampai proses evaporasi selesai. Persentase peningkatan kadar unsur pengotor ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Persentase kenaikan unsur pengotor dalam larutan UN hasil evaporasi

Peningkatan kadar unsur pengotor ini terjadi karena pemekatan larutan uranium nitrat sehingga kadar unsur pengotor menjadi naik. Selain itu, juga disebabkan oleh kontaminan dari peralatan yang dipakai selama proses evaporasi, yaitu dari tangki evaporator yang terbuat dari pelat stainless steel, yang mana komponen utama dari bahan tersebut adalah Fe, Ni, dan Cr. Proses kontaminasi terjadi karena peralatan tersebut telah lama dipergunakan, sehingga kemungkinan telah terjadi korosi oleh asam nitrat. Namun demikian, kadar unsur-unsur pengotor dalam larutan UN tersebut masih dalam batas spesifikasi yang diizinkan untuk bahan bakar nuklir reaktor riset.

## KESIMPULAN

Unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam larutan UN dengan metode SSA memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan, untuk unsur Fe, Cr dan Ni maksimum 1000 ppm.

Persentase kenaikan unsur-unsur pengotor Fe, Cr, dan Ni dari larutan uranil nitrat sebelum evaporasi dan setelah evaporasi berturut-turut sebesar 2144 %, 2174 % dan 2368 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktur Produksi PT. Batan Teknologi beserta staf kendali kualitas Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset, atas bantuan fasilitas dan bahan sehingga kegiatan penelitian ini dapat terlaksana.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. NUKEM GmbH' Description of the Nukem Quality Control of Fuel Element Fabrication, part 3,1982.
2. VAN LOON, J.C., Analytical Atomic Absorption Spetroscopy, Selected Method, Toronto (1980).
3. ROBERT L. ANDERSON ,”Practical Statistic for Analytical Chemist” Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.

