

## PENGARUH PENGOTOR PADA PENENTUAN BORON DALAM $U_3O_8$ MENGUNAKAN SPEKTROFLUOROMETRI LUMINESEN

Giyatmi\*, Noviarthy\*\*, Sigit\*\*

\*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir,  
Jl. Babarsari, Kotak Pos 6101 YKBB, Yogyakarta  
e-mail : giat\_78@yahoo.com

\*\*Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang  
(Diterima 10-08-2011, disetujui 27-03-2012)

### ABSTRAK

**PENGARUH PENGOTOR PADA PENENTUAN BORON DALAM  $U_3O_8$  MENGGUNAKAN SPEKTROFLUOROMETRI LUMINESEN.** Kandungan Boron yang terdapat dalam bahan bakar nuklir  $U_3O_8$  sangat rendah, sehingga untuk menganalisisnya diperlukan alat analisis yang mempunyai kemampuan untuk menentukan unsur berkadar rendah. Dalam hal ini analisis dilakukan dengan menggunakan alat spektrofluorometri luminesen. Adanya unsur-unsur pengotor lain seperti Fe, Ni, Cr, Zr, Mo, Si, dan Cd dalam bahan bakar nuklir  $U_3O_8$  diduga akan berpengaruh pada pengukuran intensitas fluoresen boron. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh unsur-unsur pengotor Fe, Ni, Cr, Zr, Mo, Si, dan Cd terhadap pengukuran intensitas fluoresen boron. Hasil analisis menunjukkan bahwa unsur pengotor Fe berpengaruh terhadap penurunan intensitas hingga mencapai 89,92 % bila konsentrasi pengotor Fe 100 ppm. Untuk unsur Zr, Cr, Mo, Cd dengan konsentrasi masing-masing 100 ppm, penurunan intensitas tidak terlalu besar yaitu 6,60%, 8,99%, 13,41%, dan 8,24%. Sebaliknya pengotor Si mempengaruhi pada kenaikan intensitas fluoresen boron,, kenaikan intensitas mencapai 17,33 % untuk konsentrasi Si 25ppm. Unsur Ni berpengaruh pada kenaikan dan penurunan intensitas fluoresen boron, kenaikan intensitas 4,30%-7,70% terjadi pada kandungan Ni 5ppm dan penurunan intensitas sebesar 3,70%-19,41% terjadi pada kandungan Ni diatas 30 ppm.

**Kata kunci:**  $U_3O_8$ , boron, spektrofluorometri luminesen

### ABSTRACT

***THE INFLUENCE OF IMPURITIES ON THE DETERMINATION OF BORON IN  $U_3O_8$  USING SPECTROFLUOROMETRY LUMINESENCE METHOD.*** *The content of Boron that exist in  $U_3O_8$  nuclear fuel is low, so that to analysis it needed equipment which has ability to determine low content element. In the case, analysis were performed by using luminescence spectrofluorometry. However, on existence of the impurities such as Fe, Si, Ni, Zr, Cr, Mo and Cd in  $U_3O_8$  nuclear fuel was predicted influence the measurement of Boron fluorescence intensity. Therefore it was necessary to do a research to understand the influence of impurities such as Fe, Si, Ni, Zr, Cr, Mo and Cd on the measurement of Boron fluorescence intensity. The analysis results showed that impurity of Fe influenced the decrease of intensity. The decrease of Fe intensity reached 89,92 % if concentration of Fe impurity was 100 ppm. For Zr, Cr, Mo, Cd with each concentration 100 ppm, its decrease of their intensity were not so big namely 6,60 %, 8,99%, 13,41 %, and 8,24 %. On the other, Si impurity influence was an increasing of boron fluorescence intensity. The increasing of intensity reached 17,33 % for Si concentration 25 ppm.*

*The Ni element influences on increasing and decreasing of boron fluorescence intensity. The increase of intensity 4,3 % – 7,70 % occurred at Ni content from 5 ppm to 30 ppm, which the decreasing of intensity 3,7–19,41 % occurred at Ni content above 30 ppm.*

**Keywords:**  $U_3O_8$ , boron, Spectrofluorometry Luminescence

## I. PENDAHULUAN

Serbuk  $U_3O_8$  adalah salah satu bahan baku untuk pembuatan elemen bahan nuklir. Sebelum digunakan, serbuk  $U_3O_8$  tersebut harus melalui tahap uji kualitas bahan. Uji kualitas bahan bakar nuklir  $U_3O_8$  bertujuan untuk melakukan kendali kualitas terhadap produksi elemen bakar, agar produksi elemen bakar yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Uji kualitas bahan tersebut diantaranya adalah analisis unsur pengotor yang terdapat dalam bahan bakar tersebut<sup>[1]</sup>.

Boron adalah salah satu unsur pengotor yang terdapat dalam serbuk  $U_3O_8$ . Boron mempunyai tampang lintang/serapan neutron yang besar yaitu 4020 Barn, sehingga keberadaannya dalam bahan bakar nuklir sangat dibatasi, umumnya sekitar 10 ppm. Analisis Boron dalam bahan bakar nuklir dapat dilakukan dengan menggunakan alat spektrofлуorometer luminesen. Analisis dapat dilakukan dengan menggunakan metoda standar eksternal yaitu dengan memasukkan hasil pengukuran intensitas fluoresen sampel ke dalam persamaan garis regresi linear yang diperoleh dari pengukuran intensitas deret larutan standar. Selain itu, analisis kandungan boron juga dapat dilakukan dengan menggunakan metoda addisi standar, atau metoda standar internal. Metoda tersebut dilakukan dengan cara memasukkan hasil pengukuran intensitas fluoren dari sampel ke dalam persamaan garis regresi linear yang diperoleh dari pengukuran intensitas deret larutan standar yang telah ditambah dengan sejumlah sampel tersebut, sehingga kandungan boron dalam sampel dapat diketahui. Analisis

boron neutron capture therapy dapat dilakukan dengan spektrometri atomik, radioanalitik dan teknik pencitraan. Cara lain penentuan boron adalah kalorimetri, polarografi, fluorometri, gravimetri, titrimetri tergantung kandungannya. Dipilih metoda spektrofлуorometri luminesen karena kandungannya sesuai<sup>[2,3]</sup>.

Analisis boron secara spektrofлуorometri luminesen dapat menggunakan metoda standar eksternal namun keberadaan boron dalam sampel bahan bakar  $U_3O_8$  tidak dapat dideteksi, sedangkan analisis boron menggunakan metoda standar internal, keberadaan boron dalam sampel dapat dideteksi, tetapi hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh pabrikan. Hal ini diduga karena adanya pengotor-pengotor lain yang terdapat dalam sampel bahan bakar  $U_3O_8$  tersebut seperti unsur Fe, Ni, Si, Zr, Cr, Mo, dan Cd yang mempengaruhi pengukuran intensitas fluoresen dari boron<sup>[4,5]</sup>.

dengan mempertimbangkan hasil analisis di atas, dipandang perlu dilakukan penelitian tentang sejauh mana pengaruh gangguan dari unsur-unsur pengotor  $U_3O_8$  terhadap pengukuran intensitas fluoresen boron, sehingga untuk menganalisis boron dengan menggunakan spektrofлуorometri luminesen ini keberadaan unsur-unsur pengotor lain yang terdapat dalam bahan bakar  $U_3O_8$  dapat diantisipasi dengan menghilangkan atau dengan meminimalkannya.

Dengan demikian analisis boron menggunakan alat spektrofлуorometer luminesen dapat dilakukan dengan harapan hasilnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan kendali kualitas bahan bakar

nuklir. Metode analisa kimia spektrofluorometri ini sangat selektif, pemakaiannya terbatas pada senyawa-senyawa yang berfluoresensi atau yang dapat berfluoresensi<sup>[6]</sup>.

## II. TATA KERJA

Bahan yang digunakan yaitu larutan standar boron Spex, benzoin, glysin, larutan standar Fe, Ni, Si, Mo, Zr, dan Cd Spex, air bebas mineral, standar ovalen.

Peralatan yang digunakan yaitu seperangkat alat Spektrofluorometer luminesen LS-5B<sup>[7]</sup> timbangan analitis, pemanas listrik dan peralatan gelas.

Cara kerja yang dilakukan adalah sbb.:

### a. Kalibrasi alat Spektrofluorometer Luminesen

Kalibrasi dilakukan dengan bahan standar ovalen, dengan cara penyapuan panjang gelombang eksitasi dan emisi dari alat spektrofluorometer luminesen. Daerah kerja eksitasi disapukan pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 230-720 nm, sedangkan daerah kerja emisi disapukan pada panjang gelombang 250-800 nm. Hasil penyapuan panjang gelombang tersebut disesuaikan dengan spesifikasi panjang gelombang untuk bahan standar kalibrasi ovalen<sup>[8]</sup>.

### b. Pembuatan sampel simulasi boron

Pembuatan sampel simulasi boron dibuat dengan mengencerkan 1 mL larutan standar spex boron 10.000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dengan air bebas mineral hingga diperoleh larutan sampel simulasi boron dengan konsentrasi 100 ppm.

### c. Pembuatan larutan standar Fe

Pembuatan larutan standar Fe dilakukan dengan cara mengencerkan 1 mL larutan standar spex Fe 10.000 ppm dalam labu ukur 10 mL dengan air bebas mineral

hingga diperoleh larutan standar Fe dengan konsentrasi 1000 ppm.

### d. Pembuatan larutan Benzoin

Pembuatan larutan benzoin dilakukan dengan cara melarutkan 0,0165 g benzoin dengan air bebas mineral sambil dipanaskan hingga larut. Larutan tersebut lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dengan air bebas mineral, sehingga diperoleh larutan benzoin dengan konsentrasi 30 ppm.

### e. Penentuan pengaruh unsur pengotor Fe

Penentuan pengaruh unsur pengotor Fe terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Fe ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Fe yang bervariasi.

Sampel simulasi boron 1 ppm dibuat dari larutan sampel 100 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Fe dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm 25 ppm 50 ppm 75 ppm 100 ppm dan 125 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan glysin 100 ppm dan ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan untuk daerah emisi.

### f. Pembuatan larutan standar Si.

Larutan standar Si dibuat dengan cara mengambil 1 mL larutan standar spex Si 10.000 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, diberi air bebas mineral hingga diperoleh larutan standar Si dengan konsentrasi 1000 ppm.

### g. Penentuan pengaruh unsur pengotor Si

Penentuan pengaruh unsur pengotor Si terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan

larutan standar Si ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Si yang bervariasi. Sampel simulasi boron 1 ppm tersebut dibuat dari larutan sampel 100 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Si dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 125 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylsin 100 ppm dan ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Kemudian dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan untuk daerah emisi.

h. Pembuatan larutan standar Ni

Larutan standar Ni dibuat dengan cara mengencerkan 10 mL larutan standar dengan air bebas mineral, hingga diperoleh larutan standar Ni dengan konsentrasi 1000 ppm.

i. Penentuan pengaruh unsur pengotor Ni

Penentuan pengaruh unsur pengotor Ni terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Ni ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Ni yang bervariasi. Sampel simulasi boron 1 ppm dari larutan sampel 100 ppm, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Ni dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 5 ppm 10 ppm 30 ppm 50 ppm 100 ppm dan 150 ppm, 200 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylsin 100 ppm dan ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan untuk daerah emisi.

j. Pembuatan larutan standar Zr

Pembuatan larutan standar Zr dilakukan dengan cara mengencerkan 1 mL larutan standar spex Zr 10.000 ppm di dalam labu ukur 10 mL dengan air bebas mineral hingga diperoleh larutan standar Zr dengan konsentrasi 1000 ppm.

k. Penentuan pengaruh unsur pengotor Zr

Penentuan pengaruh unsur Zr terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Zr ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Zr yang bervariasi. Ke dalam sampel simulasi boron 1 ppm dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Zr dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 10 ppm, 30 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylsin 100 ppm dan ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan untuk daerah emisi.

l. Pembuatan larutan standar Cr

Pembuatan larutan standar Cr dilakukan dengan cara mengencerkan 1 mL larutan standar spex Cr 10.000 ppm di dalam labu ukur 10 mL dengan air bebas mineral, hingga diperoleh larutan standar Cr dengan konsentrasi 1000 ppm.

m. Penentuan pengaruh unsur pengotor Cr

Penentuan pengaruh unsur Cr terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Cr ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Cr yang bervariasi. Ke dalam sampel simulasi boron 1 ppm dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Cr dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm

30 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylisin 100 ppm dan ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Kemudian dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan daerah emisi.

n. Pembuatan larutan standar Mo

Larutan standar Mo dibuat dengan cara mengencerkan 1 mL larutan standar spex Mo 10.000 ppm yang dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dengan air bebas mineral, sehingga diperoleh larutan standar Mo dengan konsentrasi 1000 ppm.

o. Penentuan pengaruh unsur pengotor Mo

Penentuan pengaruh unsur Mo terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Mo ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Mo yang bervariasi. Sampel simulasi boron 1 ppm dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Mo dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 50 ppm, 100 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylisin 100 ppm dan masing-masing ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm untuk daerah eksitasi dan pada panjang gelombang 357 nm untuk daerah emisi.

p. Pembuatan larutan standar Cd

Pembuatan larutan standar Cd dilakukan dengan cara mengencerkan 1 mL larutan standar spex Cd 10.000 ppm

yang dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, dengan air bebas mineral hingga diperoleh larutan standar Cd dengan konsentrasi 1000 ppm.

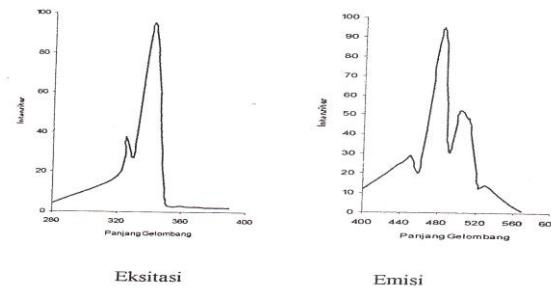
q. Penentuan pengaruh unsur pengotor Cd

Penentuan pengaruh unsur Cd terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan menambahkan larutan standar Cd ke dalam larutan sampel simulasi boron 1 ppm, dengan konsentrasi larutan standar Cd yang bervariasi. ke dalam sampel simulasi boron 1 ppm dalam labu ukur 10 mL, ditambahkan larutan standar Cd dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 50 ppm, 100 ppm, kemudian ditambahkan masing-masing 3 mL larutan gylisin 100 ppm dan masing-masing ditepatkan hingga tanda batas dengan larutan benzoin 30 ppm, selanjutnya dilakukan pengukuran intensitas sinar boron-benzoin pada panjang gelombang 320 nm dan 357 nm untuk daerah eksitasi dan daerah emisi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kalibrasi alat luminesen.

Pada kalibrasi alat luminesen dengan bahan standar kalibrasi ovalen menunjukkan bahwa alat masih dalam keadaan terkalibrasi dengan baik, hal ini ditunjukkan dari hasil pengukuran panjang gelombang eksitasi dan emisi untuk bahan standar ovalen, sesuai dengan spesifikasi bahan standar kalibrasi ovalen yaitu 482 nm untuk panjang gelombang emisi, dan 342 nm untuk panjang gelombang eksitasi, seperti pada Gambar 1.



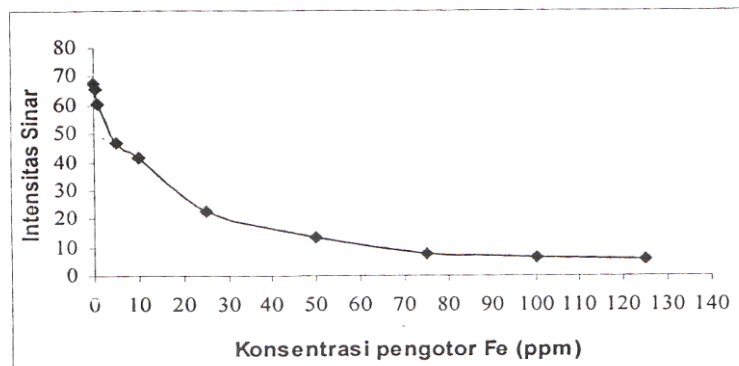
Gambar 1. Spektrum kalibrasi panjang gelombang Ovalen

### 3.2. Pengaruh unsur pengotor Fe

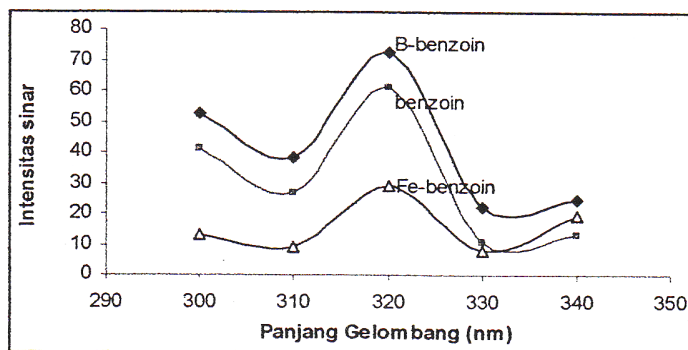
Pengaruh unsur Fe terhadap intensitas sinar fluoresen boron dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi Fe dari 0 ppm hingga 125 ppm terhadap larutan standar boron 1 ppm. Hasil pengukuran intensitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Keberadaan unsur Fe ini menurunkan intensitas sinar fluoresen boron dimana semakin besar kandungan Fe yang terdapat dalam larutan sampel boron intensitas yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga keberadaan unsur Fe dalam pengukuran intensitas sinar fluoresen boron ini sangat

mengganggu analisis. Penurunan intensitas dari boron yang diakibatkan oleh keberadaan unsur Fe adalah karena ikatan yang terjadi antara Fe dengan benzoin tidak berfluoresen, sedangkan ikatan boron dengan benzoin menghasilkan fluoresensi, sehingga melemahkan intensitas fluoresen yang dihasilkan benzoin<sup>[8]</sup>. Hal ini terlihat dari scanning panjang gelombang intensitas dari Fe-benzoin pada Gambar 3 dan persentase penurunan intensitas sinar fluoresen boron–benzoin akibat dari keberadaan pengotor Fe ditunjukkan dalam Tabel 1.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi pengotor Fe terhadap intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron-benzoin.



Gambar 3. Hubungan intensitas sinar fluorensen dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, Benzoin, Fe-Benzoin.

Tabel 1. Pengaruh pengotor Fe terhadap persentase penurunan intensitas fluorensen larutan kompleks boron-benzoin.

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi pengotor ppm	Intensitas fluorensen boron	Penurunan intensitas, %
1	0	67,5	0
1	0,5	65,8	2,52
1	1	60,4	10,52
1	5	46,9	30,51
1	10	41,6	38,37
1	25	22,7	66,37
1	50	13,7	79,70
1	75	8,10	88,00
1	100	6,80	89,92
1	125	5,80	91,40

Semakin besar konsentrasi pengotor Fe maka persentase penurunan intensitas yang terjadi semakin besar pula. Bahkan pada konsentrasi 125 ppm persentase penurunan intensitas fluorensen boron yang terjadi hampir 100%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa fluorensen dari boron sudah tidak terlihat lagi akibat adanya faktor *self quenching* karena konsentrasi unsur yang besar.

### 3.3. Pengaruh unsur Pengotor Si

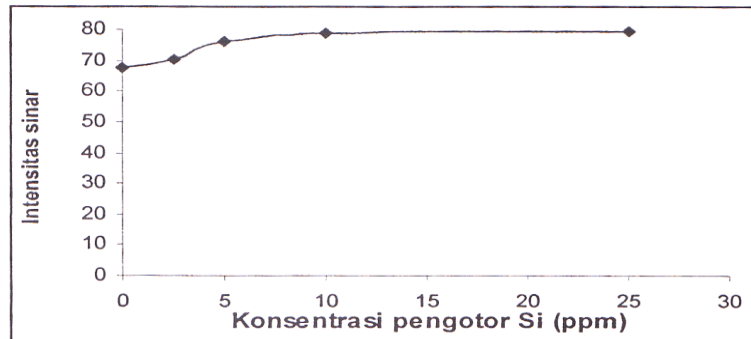
Variasi konsentrasi Si dari konsentrasi 0 ppm hingga 25 ppm terhadap larutan standar boron 1 ppm memberikan hasil pengukuran intensitas seperti terlihat pada Gambar 4.

Keberadaan unsur Si dapat menaikkan intensitas sinar fluorensen boron, hingga kandungan Si 10 ppm. Sedangkan untuk konsentrasi diatas 10 ppm sudah tidak berpengaruh lagi terhadap intensitas boron. Hal tersebut disebabkan oleh terjadinya ikatan antara Si dengan benzoin yang juga berfluoresensi pada panjang gelombang yang sama dengan fluorensen panjang gelombang boron - benzoin, sehingga fluorensen boron-benzoin diperkuat oleh fluorensen yang dihasilkan Si-benzoin. Hal ini dapat dilihat dari scanning panjang gelombang Si-benzoin pada Gambar 5.

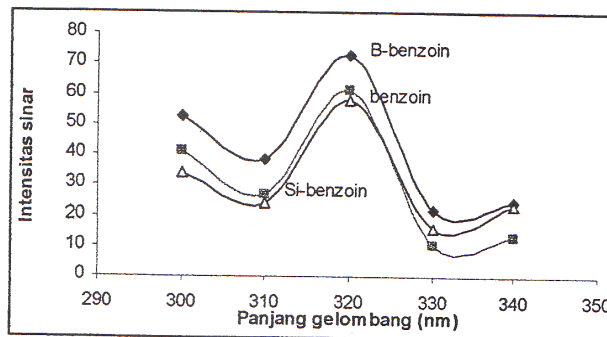
Pengaruh keberadaan pengotor Si terhadap prosen-tase kenaikan intensitas sinar fluorensen larutan kompleks boron-

benzoin dapat dilihat pada Tabel 2. Semakin besar konsentrasi pengotor Si, maka persentase kenaikan intensitas yang terjadi akan semakin besar sampai konsentrasi Si mencapai 10 ppm. Di atas

konsentrasi tersebut persentase kenaikan intensitas relatif konstan yaitu 17,48 %.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi pengotor Si terhadap intensitas sinar fluorens larutan kompleks boron - benzoin



Gambar 5. Hubungan intensitas sinar fluorens dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Si-benzoin

Tabel 2. Pengaruh pengotor Si terhadap persentase kenaikan intensitas sinar fluorens larutan kompleks boron-benzoin

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi pengotor Si, ppm	Intensitas fluorens boron	Penurunan intensitas, %
1	0	67,5	
1	2,5	70,3	4,15
1	5	76,5	10,52
1	10	79,3	17,48
1	25	79,2	17,33



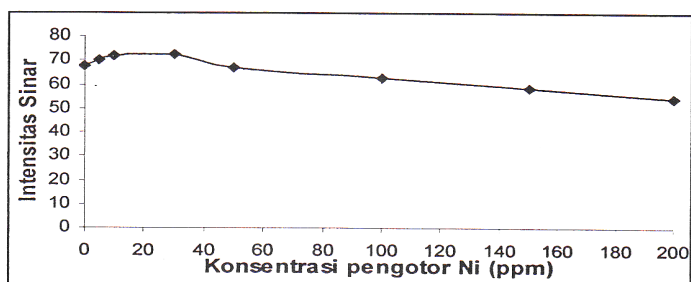
### 3.4. Pengaruh unsur pengotor Ni

Hasil pengukuran intensitas dengan memvariasikan konsentrasi Ni dari konsentrasi 0 ppm hingga 200 ppm ditunjukkan dalam Gambar 6.

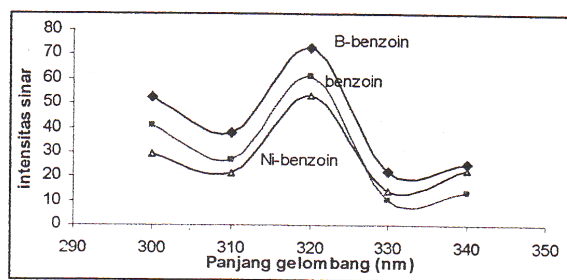
Keberadaan unsur Ni ini dapat menaikkan intensitas sinar fluoresen boron sama halnya dengan pengaruh dari unsur Si, hanya saja kenaikan intensitas yang ditunjukkan berlangsung hingga kandungan Ni 30 ppm, sedangkan untuk konsentrasi di atas 30 ppm intensitas yang ditunjukkan telah berkurang atau semakin kecil. Ikatan yang terjadi antara Ni dengan benzoin juga berfluoresensi pada panjang gelombang yang sama dengan boron-benzoin dan Si-benzoin.

Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Intensitas sinar yang turun setelah Ni ditambahkan diatas 30 ppm disebabkan karena kelebihan unsur Ni yang tidak terikat lagi dengan benzoin, dan menyebabkan terjadinya *self quenching*.

Pengaruh keberadaan pengotor Ni terhadap prosen-tase kenaikan/penurunan intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron-benzoin dapat dilihat pada Tabel 3. Persentase kenaikan intensitas fluoresen boron terjadi hingga kandungan Ni 30 ppm dengan persentase kenaikan 7,70%, sedangkan pada kandungan diatas Ni 30 ppm terjadi penurunan hingga mencapai 19,41%.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi pengotor Ni terhadap intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron -benzoin



Gambar 7. Hubungan intensitas sinar fluoresen dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Ni- benzoin.

Tabel 3. Pengaruh pengotor Ni terhadap persentase kenaikan/penurunan intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron - benzoin

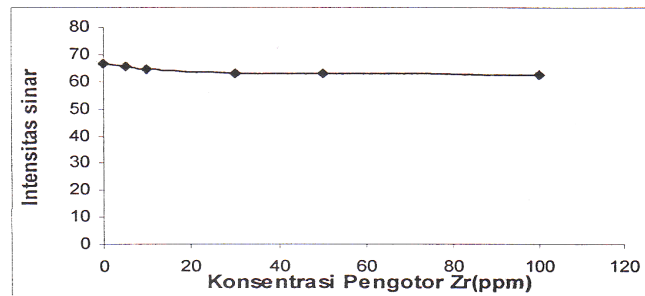
Konsentrasi boron ppm,	Konsentrasi Ni, ppm	Intensitas fluoresen boron	Kenaikan Intensitas, %	Penurunan Intensitas, %
1	0	67,5	0	-
1	5	70,4	4,30	-
1	10	71,8	6,37	-
1	30	72,7	7,70	-
1	50	65	-	3,70
1	100	63	-	6,67
1	150	58,7	-	13,04
1	200	54,4	-	19,41

### 3.5. Pengaruh unsur pengotor Zr

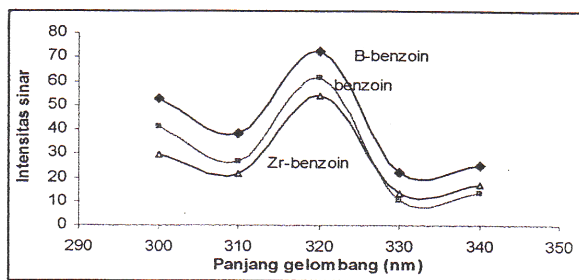
Hasil pengukuran intensitas sinar fluoresen boron karena pengaruh konsentrasi Zr ditunjukkan dalam Gambar 8.

Keberadaan unsur Zr tidak terlalu mempengaruhi intensitas yang diberikan oleh kompleks boron-benzoin. Penurunan intensitas fluoresen yang terjadi hanya karena konsentrasi Zr yang ditambahkan besar sehingga menyebabkan terjadinya faktor *self quenching*. Zirkonium juga dapat membentuk kompleks dengan benzoin, dan juga berfluoresen pada panjang

gelombang yang sama dengan B-benzoin, Si-benzoin, dan Ni-benzoin. Intensitas fluoresen yang diberikan sama kuatnya dengan intensitas fluoresen dari B-benzoin. Hal ini ditunjukkan dalam Gambar 9. Pengaruh keberadaan pengotor Zr ini terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluoresen boron-benzoin dapat dilihat pada Tabel 4. Penurunan intensitas sinar fluoresen boron untuk konsentrasi pengotor dari 0 ppm hingga 100 ppm adalah 0 % sampai 6,60 %.



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi pengotor zirconium terhadap intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron-benzoin



Gambar 9. Hubungan intensitas sinar fluorensen dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Zr-benzoin

Tabel 4. Pengaruh pengotor Zr terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluorensen larutan kompleks boron–benzoin

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi Zr, ppm	Intensitas fluorensen boron	Penurunan Intensitas, %
1	0	66,7	0
1	5	65,7	1,50
1	5	64,5	3,30
1	10	62,9	5,70
1	25	62,8	5,85
1	100	62,3	6,60

### 3.6. Pengaruh unsur pengotor Cr

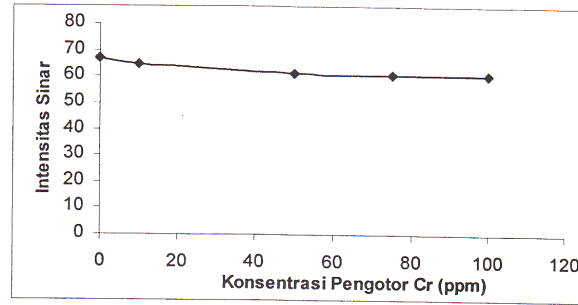
Pengaruh konsentrasi Cr terhadap intensitas sinar fluorensen boron ditunjukkan pada Gambar 10.

Keberadaan unsur Cr tidak terlalu mempengaruhi intensitas yang diberikan oleh kompleks boron-benzoin. Sama halnya dengan keberadaan pengotor Zr, penurunan intensitas fluorensen yang terjadi hanya karena konsentrasi Cr yang ditambahkan besar sehingga menyebabkan terjadinya faktor *self quenching*. Khrom juga dapat membentuk kompleks dengan benzoin, dan berfluoresen pada panjang gelombang yang sama dengan

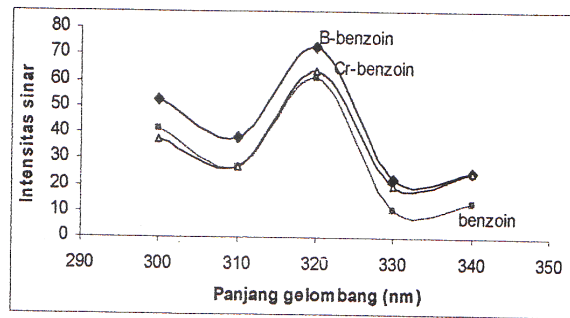
B-benzoin, Si-benzoin, Ni-benzoin dan Zr-benzoin. Intensitas fluorensen yang diberikan sama kuatnya dengan intensitas fluorensen dari B-benzoin, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 11.

Pengaruh keberadaan pengotor Cr terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluorensen boron-benzoin dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengaruh pengotor Cr konsentrasi 0 ppm hingga 100 ppm terhadap persentase penurunan intensitas fluorensen boron adalah sebesar 0% sampai 8,99 %.



Gambar 10. Pengaruh konsentrasi pengotor Cr terhadap intensitas sinar fluorens larutan kompleks boron-benzoin



Gambar 11. Hubungan intensitas sinar fluorens dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Cr-benzoin.

Tabel 5. Pengaruh pengotor Cr terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluorens larutan kompleks boron-benzoin

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi Cr ppm	Intensitas fluorens boron	Penurunan intensitas, %
1	0	66,7	0
1	10	64,5	3,33
1	50	61,1	8,39
1	75	60,8	8,84
1	100	60,7	8,99

### 3.6. Pengaruh unsur pengotor Mo

Untuk mengetahui pengaruh unsur Mo terhadap intensitas sinar fluorens boron, dan juga sejauh mana pengaruh keberadaan unsur tersebut terhadap intensitas sinar fluorens boron, dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi Mo dari konsentrasi 0 ppm hingga 200 ppm. Hasil pengukuran intensitas tersebut ditunjukkan dalam Gambar 12.

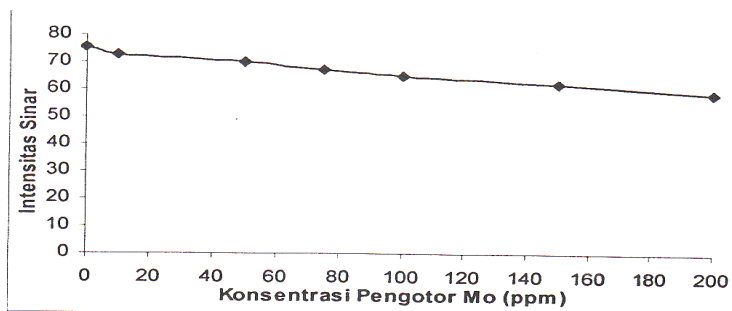
Keberadaan unsur Mo, juga tidak terlalu mempengaruhi intensitas yang diberikan oleh kompleks boron-benzoin. Sama halnya dengan keberadaan pengotor Zr, dan Cr, penurunan intensitas fluorens yang terjadi hanya karena konsentrasi Mo yang ditambahkan besar sehingga menyebabkan terjadinya faktor *self quenching*. Molibdenum juga dapat membentuk kompleks dengan benzoin, dan juga berfluoresen pada panjang gelombang

yang sama dengan B-benzoin, Si-benzoin, Ni-benzoin, Zr-benzoin dan Cr-benzoin. Intensitas fluoresen yang diberikan agak sedikit lemah dibandingkan intensitas fluoresen dari B-benzoin, hal ini ditunjukkan dalam Gambar 13.

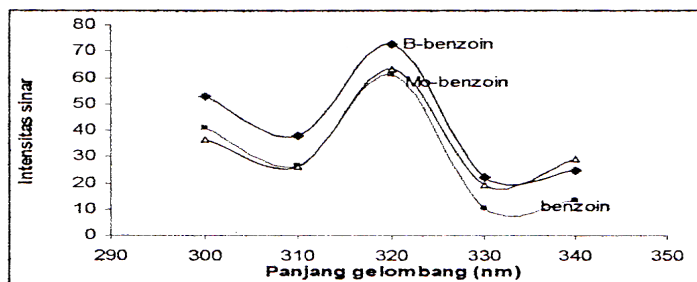
Pengaruh keberadaan pengotor Mo ini terhadap persentase penurunan intensitas

sinar fluoresen boron-benzoin dapat dilihat pada Tabel 6.

Pengaruh pengotor Mo konsentrasi 0 hingga 100 ppm terhadap persentase penurunan intensitas fluoresen boron adalah sebesar 0 % sampai 13,1 %.



Gambar 12. Pengaruh konsentrasi pengotor Mo terhadap intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron-benzoin



Gambar 13. Hubungan intensitas sinar fluoresen dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Mo-benzoin.

Tabel 6. Pengaruh pengotor Mo terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluoresen larutan kompleks boron - benzoin

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi Mo ppm	Intensitas fluoresen boron	Penurunan intensitas, %
1	0	75,3	0
1	10	72,9	3,19
1	50	69,9	7,17
1	75	67,4	1,49
1	100	65,2	13,41
1	150	62,2	17,40
1	200	58,7	22,04

### 3.7. Pengaruh unsur pengotor Cd

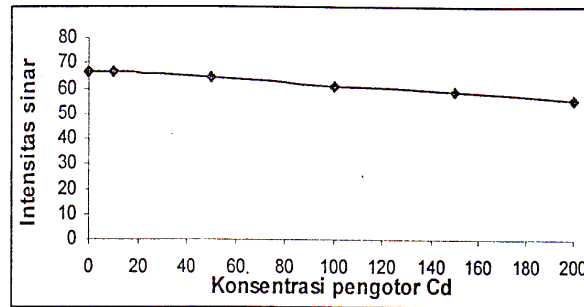
Pada Gambar 14 dapat dilihat pengaruh pengaruh unsur Cd terhadap intasitas sinar fluorezen boron.

Keberadaan unsur Cd sama halnya dengan keberadaan unsur Zr, Cr dan Mo tidak terlalu mempengaruhi intensitas yang diberikan oleh kompleks boron-benzoin. Penurunan intensitas sinar baru terjadi pada konsentrasi Cd diatas 10 ppm dan penurunan intensitas yang terjadi tidak lain hanya karena faktor *self quenching*. Kadmium sebagaimana unsur lainnya seperti Zr, Cr, dan Mo, juga membentuk kompleks dengan benzoin dan memberikan fluorezen pada panjang gelombang yang sama dengan boron-benzoin, sehingga keberadaannya juga

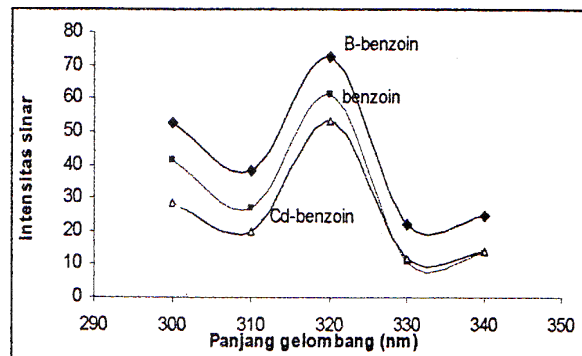
akan mempengaruhi pengukuran intensitas dari boron-benzoin. Besarnya intensitas fluorezen yang diberikan hampir sama dengan intensitas fluorezen B-benzoin, hal ini ditunjukkan dalam Gambar 15.

Pengaruh keberadaan pengotor Cd ini terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluorezen boron-benzoin dapat dilihat pada Tabel 7.

Pengaruh pengotor Cd sampai dengan konsentrasi 10 ppm masih belum tampak. Setelah konsentrasi Cd 50 ppm, pengaruh pengotor Cd mulai nampak yaitu dengan terjadi penurunan intensitas sebesar 3,29%. Untuk konsentrasi Cd yang tinggi yaitu 200 ppm persentase penurunan intensitas mencapai 17,09%.



Gambar 14. Pengaruh konsentrasi pengotor Cd terhadap intensitas sinar fluorezen larutan kompleks boron-benzoin



Gambar 15. Hubungan intensitas sinar fluorezen dengan panjang gelombang larutan B-benzoin, benzoin dan Cd-benzoin

Tabel 7. Pengaruh pengotor Cd terhadap persentase penurunan intensitas sinar fluorezen larutan kompleks boron – benzoin

Konsentrasi boron, ppm	Konsentrasi Cd, ppm	Intensitas fluorezen boron	Penurunan intensitas, %
1	0	66,7	0
1	10	66,7	0
1	50	64,5	3,29
1	100	61,2	8,24
1	150	58,8	11,84
1	200	55,3	17,09

#### IV. KESIMPULAN

1. Unsur Fe, Zr, Cr, Mo dan Cd berpengaruh terhadap pengukuran intensitas sinar fluorezen boron yaitu terjadinya penurunan yang disebabkan oleh peristiwa peredaman (*self quenching*).
2. Pengaruh Fe terhadap penurunan intensitas sinar fluorezen boron sangat besar, dengan konsentrasi Fe 100 ppm terjadi penurunan sebesar 89,92 %. Tetapi unsur Zr, Cr, Mo, Cd pengaruhnya terhadap intensitas fluorezen boron relatif kecil dibandingkan dengan pengaruh yang disebabkan oleh unsur Fe. Untuk konsentrasi Zr, Cr, Mo, Cd 100 ppm, penurunan intensitas fluorezen boron masing–masing 6,60 %, 8,99 %, 13,41 % dan 8,24 %.
3. Unsur Si memberikan pengaruh terhadap pengukuran intensitas boron yaitu menyebabkan terjadinya kenaikan intensitas. Pada konsentrasi Si 2,5 ppm dan 25 ppm kenaikan intensitas masing–masing besarnya 4,15 % dan 17,33 %.
4. Unsur Ni memberikan pengaruh pada pengukuran intensitas boron secara berlawanan. Untuk konsentrasi Ni 5 ppm hingga 30 ppm terjadi kenaikan intensitas hingga 7,7 %. Sebaliknya jika konsentrasi Ni diatas 30 ppm terjadi penurunan mencapai 19,41 %.
5. Adanya unsur-unsur pengotor mempengaruhi pengukuran intensitas

fluorezen boron, sehingga dalam analisis boron dalam  $U_3O_8$  perlu diperhatikan.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Boybul, (1997), Analisis Bahan Bakar Nuklir, Buletin Daur Bahan Bakar Nuklir Urania, No. 9 - 10/Th III, ISSN 0852 4777
2. Probst, T.U., (1999), Methods For Boron Analysis In Boron Neutron Capture Therapy, Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol. 364, No. 5, 392-403, DOI: 10.1007/s002160051356
3. Anonim, (1991), New Brunswick Laboratory Certified Reference Materials Certificate of Analysis, CRM(1-7)
4. Yusuf Nampira dkk., (1996), Pengaruh Ion Pengotor Pada Penentuan Uranium Secara Spektrofluorometri, Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir II, Jakarta.
5. Purwadi Kasino Putra, (1977), Spektrofluorometri, Pelatihan Keahlian Analisis Kimia Bahan Bakar Nuklir Secara Spektrometri
6. R.A. Day, JR. and A.L. Underwood, (1983), Analisa Kimia Kuantitatif, Edisi ke 4, Penterjemah Drs. R. Soendoro, Penerbit Erlangga
7. Perkin Elmer, (1981), Operator's Manual Luminescence Spectrometer LS-

- 5, Perkin – Elmer Ltd, Beaconsfield,  
Buckinghamshire, England
8. Noviarthy, (2004), Kualifikasi Alat  
Luminesen Untuk Menentukan

Kandungan Boron Dalam Bahan Bakar  
 $U_3O_8$ , PTBN – BATAN, Serpong