#### **BABV**

### KESIMPULAN DAN SARAN

## 5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penentuan kadar torium dengan metoda Analisis Pengaktifan Neutron dan Pencacahan Neutron Kasip dapat disimpulkan bahwa:

- Hasil uji kadar torium dalam cuplikan dengan metoda APN didapatkan kesalahan relatif 39,06% dan presisi pengukuran lebih kecil dari 5%. Menggunakan metoda PNK didapatkan kesalahan relatif 87,80% dan presisi pengukuran lebih besar dari 10%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan metoda APN untuk menentukan kadar suatu torium memiliki akurasi dan presisi yang lebih tinggi dibandingkan metoda PNK.
- Hasil perhitungan kadar torium dalam cuplikan dengan metoda APN didapatkan antara 350,352 652,201 ppm sedangkan dengan metoda PNK didapatkan kadar torium antara 1724,648 2196,213 ppm.
- 3. Uji hipotesis terhadap kadar torium dalam cuplikan, menunjukkan bahwa penggunaan dua metoda yang berbeda, yaitu APN dan PNK mempengaruhi hasil pengukuran kadar torium yang diperoleh sehingga didapatkan kesalahan relatif > 10% dan hasil kadar torium yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah: penggunaan fluks neutron termal untuk reaksi pembelahan torium (Th-

Persamaan regresi linier yang dihasilkan adalah:

$$Y = 40254X + 78,859$$

(dengan koefisien korelasi r = 0,9999)

Uji statistik dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$ =0,05) menggunakan uji-t (persamaan 3.7) dengan n=5. Dari tabel (lampiran G) didapat nilai  $t_{0,05(3)}$ =2,353 dan dari perhitungan didapat  $t_0$ =173,188. Karena  $t_0 > t_{0,05(3)}$ , maka dapat disimpulkan bahwa pada tingkat kepercayaan 95% berat torium standar mempunyai hubungan linier dengan laju cacah standar. Kurva regresi linier hasil aktivasi cuplikan dengan metoda APN menunjukkan bahwa semakin berat kandungan toriumnya semakin besar laju cacahnya.

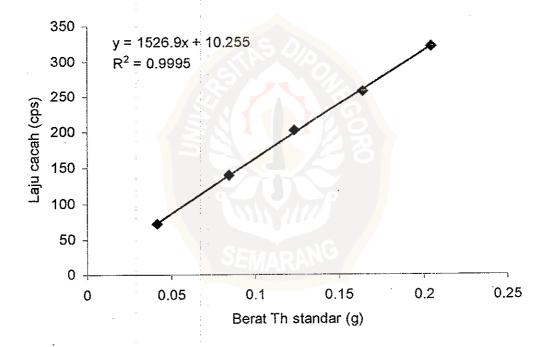
# 4. 1. 2. Uji Kadar Cuplikan

Uji kadar cuplikan dilakukan dengan menghitung kadar standar primer DH1A dengan rumus 3.6 didapatkan kadar torium dalam standar primer tersebut adalah 1265,434 ppm, selanjutnya dengan menggunakan rumus 3.8 didapatkan kesalahan relatif sebesar 39,06% (lampiran B).

## 4. 2. Hasil Aktivasi Cuplikan dengan Metoda Pencacahan Neutron Kasip

## 4. 2. 1. Uji linieritas kurva laju cacah dengan berat torium standar sekunder

Dari hasil pengukuran cuplikan standar sekunder (Th[NO<sub>3</sub>]<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) yang tercantum pada tabel lampiran C didapatkan kurva regresi linier hubungan antara laju cacah dengan berat torium pada cuplikan standar seperti ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Kurva regresi linier laju cacah dengan berat torium standar

Persamaan regresi linier yang dihasilkan adalah:

$$Y = 1526,9X + 10,255$$

(dengan koefisien korelasi r = 0,9997)

Uji statistik dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$ =0,05) menggunakan uji-t (persamaan 3.7) dengan n=5. Dari tabel (lampiran G) didapat nilai t<sub>0,05(3)</sub>=2,353 dan dari perhitungan didapat t<sub>0</sub>=77,436. Karena t<sub>0</sub> > t<sub>0,05(3)</sub>, maka dapat disimpulkan bahwa pada tingkat kepercayaan 95% berat torium standar mempunyai hubungan linier dengan laju cacah standar. Kurva regresi linier hasil aktivasi cuplikan dengan metoda PNK menunjukkan bahwa semakin bertambah berat kandungan toriumnya semakin besar laju cacahnya.

## 4. 2. 2. Uji Kadar Cuplikan

Uji kadar cuplikan dilakukan dengan menghitung kadar standar primer IGS 41 dengan rumus 3.6 didapatkan kadar torium dalam standar primer tersebut adalah 2272,43754 ppm, selanjutnya dengan menggunakan rumus 3.8 didapatkan kesalahan relatif sebesar 87,80% (lampiran C).

### 4. 3. Hasil Perhitungan Kadar Torium dalam Cuplikan Uji

Hasil perhitungan kadar torium dalam cuplikan uji menggunakan rumus 3.6 (lampiran D) dengan laju cacah standar (C<sub>8</sub>) dan berat torium dalam cuplikan (W<sub>8</sub>) dari torium standar sekunder (Th[NO<sub>3</sub>]<sub>4.5</sub>H<sub>2</sub>O) sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Hasil perhitungan kadar torium dalam cuplikan uji menggunakan metoda APN dan PNK

No	Kode Cuplikan	Kadar torium dalam cuplikan (ppm)		
		Metoda APN	Metoda PNK	
1	IV A1	$437,901 \pm 28,496$	2057,125 ± 246,994	
2	IV A2	$492,402 \pm 33,018$	1822,692 ± 134,824	
3	IV A3	$572,375 \pm 23,178$	2025,874 ± 43,285	
4	IV A4	$425,986 \pm 21,403$	1801,929 ± 350,272	
5	IV A5	$350,352 \pm 9,615$	2035,634 ± 180,160	
6	IV A6	499,624 ± 26,994	2040,903 ± 284,972	
7	IV A7	662,664 ± 12,555	2196,213 ± 525,368	
8	IV A8	652,201 ± 4,367	1724,648 ± 308,524	
9	IV A9	578,159 ± 9,689	2134,548 ± 138,965	

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan kadar pada semua cuplikan maka dilakukan uji statistik menggunakan uji-F (persamaan 3.11) dengan tabel Analisis Variansi (tabel 3.2) seperti pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2. Hasil perhitungan uji beda cuplikan

Sumber Variansi	Derajat Kebebasan	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat
Antar Sampel	8	160864,419	20108,052
Dalam Sampel	9	9768707,263	1085411,918
Jumlah	17	9929571,682	

Uji statistik pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$ =0,05) menggunakan uji-F, dengan k=9 dan n=2. Dari tabel (lampiran H) didapat nilai  $F_{0,05(8)(9)}$ =3,23 sedangkan dari perhitungan didapat  $F_0$ =0,018. Karena  $F_0$ < $F_{0,05(8)(9)}$ , maka  $H_0$  diterima, berarti 9 cuplikan yang dianalisis memiliki kadar yang sama pada tingkat kepercayaan 95%.

Kemudian uji beda metoda dilakukan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara kedua rata-rata dari kedua kelompok data pada tabel 4.1, dengan uji-t (persamaan 3.12) pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$ =0,05) dengan derajat bebas adalah 16, dari tabel (lampiran G) didapat nilai  $t_{(0,025)(16)}$  = 2,12 (batas kanan kurva) dan  $t_{(0,025)(16)}$  = -2,12 (batas kiri kurva) sedangkan dari perhitungan didapat  $t_0$ = -22,796. Karena  $t_0$ <- $t_{\alpha/2}$ , maka  $H_0$  ditolak, berarti ada perbedaan yang nyata antara hasil pengukuran kadar torium yang diperoleh dari metoda APN dan PNK pada tingkat kepercayaan 95%.

### 4. 4. Pembahasan

Hasil pencacahan cuplikan dengan metoda APN dan PNK dibuat kurva regresi linier antara berat torium standar dengan laju cacah standar (gambar 4.1 dan gambar 4.2). Kemudian dari pengujian koefisien korelasi untuk kedua hasil pencacahan menggunakan uji-t (persamaan 3.7) didapatkan bahwa pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha = 0.05$ ) nilai  $t_0 > t_{0.05(3)}$  (lampiran B dan C). Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambah berat cuplikan maka semakin tinggi laju cacahnya. Selanjutnya untuk mengetahui ketelitian dan keseksamaan metoda analisis, dihitung dengan persamaan (3.8) dan persamaan (3.10) didapatkan hasil

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy o submission for purposes of security, back-up and preservation. ( http://eprints.undip.ac.id)

analisis menggunakan metoda APN dengan kesalahan relatif 39,06% dan presisi pengukuran < 5% (lampiran B). Menggunakan metoda PNK didapatkan kesalahan relatif 87,80% dan presisi pengukuran > 10% (lampiran C). Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa metoda APN memiliki kesalahan relatif yang lebih kecil dan keseksamaan yang lebih tinggi dibandingkan metoda PNK, yang berarti metoda APN memiliki akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Hasil ini dipengaruhi oleh faktor kepekaan detektor. Pada metoda APN digunakan detektor HPGe yang memiliki resolusi 1,72 keV pada tenaga 1,33 MeV dan spektrumnya dianalisis dengan spektrometer gamma, dipilih Pa-233 pada tenaga 311,9 keV. Dengan perangkat tersebut kadar torium dalam cuplikan dapat dianalisis dengan lebih akurat dan lebih teliti. Pada metoda PNK perangkat pencacahan yang digunakan adalah 3 detektor BF<sub>3</sub>. Dari 3 detektor tersebut hanya 2 detektor yang digunakan untuk mencacah, karena pada saat kalibrasi ternyata 1 detektor menunjukkan hasil yang menyimpang. Menurut Soeleman (1993) hasil dari 2 detektor kadang kala juga menunjukkan hasil yang menyimpang sehingga penggunaan 2 detektor ini jelas mengurangi akurasi alat pada saat pencacahan. Berdasarkan hasil penelitian Tugsavul, dkk (1987) dan Dyer, dkk (1962) pencacahan terhadap unsur uranium dan torium dengan menggunakan 6 detektor BF3 menunjukkan hasil yang lebih akurat (kesalahan relatif < 40%) dan presisi pengukuran < 5%.

Hasil pengukuran yang didapat dari metoda APN dan PNK memiliki kesalahan relatif yang cukup besar yaitu lebih besar dari 10%. Pada metoda APN menurut Sumining (1993), hasil tersebut dipengaruhi oleh perbedaan faktor geometris ditempat iradiasi sehingga fluks neutron yang diterima cuplikan tidak

sama dengan standar dan menurut Sigit, dkk (1991) karena adanya efek fluktuasi nilai individu fluks neutron pada hasil analisis sebesar 5%. Akan tetapi menurut Sigit, dkk (1992) hasil pencacahan dari metoda APN dengan kesalahan relatif dibawah 10% hanya didapat untuk cuplikan dengan kadar antara 4 ppm sampai 85 ppm. Sedangkan untuk kadar rendah (<4 ppm) dan tinggi (>85 ppm) memberikan kesalahan yang relatif besar.

Uji hipotesis terhadap 9 cuplikan menggunakan uji-F (persamaan 3.11) dengan tabel analisis variansi seperti pada tabel 4.2 diuji pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$ =0,05) didapatkan  $F_{0,05(8\times9)}$  = 3,23 dengan  $F_0$  = 0,018 yang menunjukkan bahwa F<sub>0</sub><F<sub>α</sub> maka H<sub>0</sub> diterima, penerimaan H<sub>0</sub> dapat diartikan bahwa 9 cuplikan yang dianalisis memiliki kadar torium yang sama (lampiran E). Sehingga haruslah tidak ada perbedaan yang berarti antara kedua hasil rata-rata dari kedua metoda penentuan kadar torium dalam cuplikan dengan APN dan PNK. Dari tabel 4.1 hasil perhitungan kadar torium dalam cuplikan dengan metoda APN dan PNK diuji menggunakan uji-t (persamaan 3.12). Diuji pada tingkat kepercayaan 95%  $(\alpha=0.05)$  didapatkan nilai  $t_{(0.025)(16)} = 2.12$  dan  $t_{(0.025)(16)} = -2.12$  (lampiran G) sedangkan dari perhitungan didapat t<sub>0</sub>= -22,796 (lampiran F) yang menunjukkan bahwa t<sub>0</sub><t<sub>0/2</sub>, maka H<sub>0</sub> ditolak, penolakan H<sub>0</sub> dapat diartikan bahwa penggunaan metoda analisis yang berbeda mempengaruhi hasil pengukuran sehingga menghasilkan kadar torium yang berbeda. Perbedaan hasil tersebut, dikarenakan selain ada pengaruh dari akurasi alat, juga dipengaruhi beberapa faktor yaitu: Pada metoda PNK posisi iradiasi cuplikan dilakukan di ring F-13 yang memiliki fluks neutron termal, karena pada ring tersebut neutronnya bertenaga termal sedangkan pada reaksi pembelahan torium (Th-232) dibutuhkan neutron bertenaga tinggi (fast neutron), sehingga laju cacah neutron kasip yang dihasilkan dari reaksi pembelahan torium sangat rendah. Sedangkan pada metoda APN tenaga neutron untuk reaksi tangkapan radiatif (n,γ) adalah neutron dengan tenaga rendah atau bertenaga termal seperti yang terdapat pada fasilitas iradiasi Lazy Susan. Selain itu, penggunaan waktu tunda pada metoda APN dengan cara cuplikan didinginkan selama beberapa hari sebelum melakukan pencacahan, untuk menghilangkan gangguan pada saat pencacahan oleh isotop hasil belah umur pendek sehingga analisis spektrum lebih akurat. Pada metoda PNK, pencacahan dilakukan secara langsung sehingga menurut Dyer, dkk (1962) dimungkinkan pada saat pencacahan ada gangguan dari nuklida lain yang membelah yang memancarkan neutron kasip. Karena perbedaan-perbedaan tersebut, maka hasil penelitian yang didapatkan dari kedua metoda analisis tersebut cenderung berbeda.

232) pada PNK dan penggunaan 2 detektor BF<sub>3</sub> yang kemungkinan mengurangi akurasi deteksi terhadap laju cacah neutron kasip serta adanya fluktuasi nilai individu fluks neutron pada fasilitas iradiasi *Lazy Susan*.

### 5. 2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperlukan penelitian lanjut terhadap penentuan kadar suatu unsur dengan menggunakan dua metoda APN dan PNK dengan beberapa pengembangan: penggunaan 6 detektor BF<sub>3</sub> pada perangkat PNK dan pemindahan fasilitas iradiasi pipa pneumatik pada ring yang lebih tengah untuk mempertinggi paparan fluks neutron cepat kemudian penggunaan detektor Ge(Li) yang memiliki resolusi yang lebih tinggi (2,5 keV pada 1,33 MeV) pada spektrometer-γ sehingga diharapkan akan didapatkan akurasi dan presisi yang lebih tinggi.