BAB II

DASAR TEORI

2.1. Analisis Pengaktifan Neutron

2.1.1. Prinsip dasar analisis pengaktifan neutron

Prinsip dasar analisis pengaktifan neutron adalah timbulnya radioaktivitas imbas dari sautu cuplikan setelah ditembak dengan neutron (Tsoulfanodis, 1985).

Dalam teknik Analisis Pengaktifan Neutron, sampel yang akan dianalisis diaktivasi dengan neutron sehingga inti atom unsur-unsur yang berada dalam sampel tersebut akan menangkap neutron dan menjadi radioaktif. Sinar gamma yang dipancarkan berbagai unsur dalam sampel dapat dianalisis secara spektrometri gamma. Aktivitas sampel lingkungan setelah mengalami proses iradiasi diberikan oleh persamaan (Sasongko, 1998a).

$$A = N \cdot \rho \cdot \phi \cdot \sigma \cdot (1 - e^{0,693\, t/t_{1/2}}) \qquad (2.1)$$

dengan : A = aktivitas sampel setelah selesai diiradiasi (dps).

N = cacah butir nuklida yang diiradiasi

ϕ = fluks neutron (neutron/cm^2 . dt)

σ = tampang lintang serapan neutron(barn).

t = waktu iradiasi (dt)

$t_{1/2}$ = waktu paro radionuklida (dt)

ρ = kelimpahan isotop (%)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Apabila unsur stabil seperti logam berat dalam sampel diaktivasi dengan neutron maka reaksi yang paling sering terjadi dan paling banyak digunakan adalah (Sasongko, 1998a) :

$$_{Z}X^{A} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{Z}X^{A+1} + {}_{0}\gamma^{0} \qquad (2.2)$$

Dengan : Z = nomor atom

A = nomor massa

X = logam berat

$_{0}n^{1}$ = neutron

= sinar gamma

2.2. Spektrometri Gamma

Menurut Kessler dalam Sasongko (1998a) beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran aktivitas tingkat rendah adalah laju cacah latar, efisiensi detektor, figure of merit (FoM) dan batas deteksi terendah. Alat yang digunakan harus mempunyai laju cacah latar yang sangat rendah, efisiensi pencacahan yang tinggi dan gangguan latar serendah mungkin. Pencacahan -γ menggunakan detektor koaksial semikonduktor (Ge)Li, dilengkapi stabilizer, catu daya, penguat spektroskopi, catu daya tegangan tinggi, MCA (penganalisis salur ganda), dan rumah timbul sebagai pelindung radiasi luar.

Cacah latar yang berasal dari radionuklida alam yang ada di dalam bahan detektor, bahan penahan radiasi, bahan wadah sampel, bahan sekitar dan sinar kosmis digunakan untuk mendapatkan cacah terkoreksi (cacah netto). Penurunan cacah latar sangat diperlukan untuk memperbesar FoM.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Efisiensi pencacahan γ dihitung menggunakan kurva kalibrasi tenaga dari sumber standar multigamma^{152} Eu yakni mencari hubungan antara tenaga dan nomor salur dengan cara mencacah sumber standar yang sudah diketahui tenaganya dengan tepat kemudian dibuat plot tenaga sinar γ standar versus nomor salur puncak serapan total untuk masing-masing tenaga. Hubungan tenaga versus nomor salur tersebut bersifat linier dan untuk pengolahan data digunakan metode regresi linier. Persamaan yang digunakan adalah (Sasongko, 1998a).

$$Y = a X + b \qquad (2.3)$$

Dengan :

Y = tenaga sinar -γ (ke V)

X = nomor salur

$a = [(\Sigma Xi Yi) - (1/n) (\Sigma Xi) (\Sigma Yi)] / [(\Sigma X_i^2) - (1/n) (\Sigma Xi)^2)$

$b = (1/n) (\Sigma Yi) - a (1/n) (\Sigma Xi)$

Karena pengukuran dilakukan secara spektrometri (hanya ditujukan pada salah satu tenaga dari sekian banyak tenaga dan moda peluruhan yang ada dalam sampel lingkungan), maka efisiensi pencacahan masih ditentukan oleh nilai yield (intensitas mutlak) melalui persamaan (Sasongko, 1998a):

$$\varepsilon = (Cs / At . Y) \times 100 \% \qquad (2.4)$$

dengan

Cs = laju cacah standar (Cps)

Ast = laju peluruhan sumber standar^{152} Eu (dps)

= Ao exp (-0,693 t/t ½)

Ao = aktivitas awal

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

T = waktu luruh sumber standar sampai saat pengukuran

T ½ = waktu paro sumber (13,1 tahun)

Y = kelimpahan tenaga sinar -γ

Analisis spektrometri untuk identifikasi unsur dilakukan secara kualitatif melalui tenaga sinar -γ yang dipancarkan untuk radioaktif dalam sampel. Tenaga sinar -γ ini sangat karakteristik untuk setiap radionuklida. Tenaga sinar -γ sampel yang dihitung memakai persamaan (3.4), kemudian dicocokkan dengan tabel isotop dari Erdtman dan Soyka (1979) untuk menentukan radioisotop yang terdapat dalam sampel.

Setelah nilai efisiensi diperoleh untuk setiap nomor salur (tenaga) maka data diolah dengan cara regresi linier (Sasongko, 1998a),

$$Y = aX + b \qquad (2.5)$$

dengan :

Y = ln $\varepsilon(E)$; $\varepsilon(E)$ = efisiensi fungsi tenaga

X = ln (E); E = tenaga

a = [(Σ Xi Yi) – (1/n) (Σ Xi) (Σ Yi)] / [(ΣX_i^2) – (1/n) (Σ Xi)^2)

b = (1/n) (Σ Yi) – a (1/n) (Σ Xi)

Dari persamaan (2.5) diperoleh :

(1) Efisiensi; $\varepsilon(E) = \ln^{-1}(Y)$ (2.6)

(2) Aktivitas -γ dalam sampel; A = (cps)/Y (E) . $\varepsilon(E)$ (2.7)

(3) Berat unsur dalam cuplikan sampel : $W = NM/6{,}02.10^{23}$ (2.8)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan : N = AT/ln 2 = jumlah atom

T = umur paro

M = berat atom

2.3. Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah gejala perubahan keadaan inti atom secara spontan yang disertai arah atau gelombang elektromagnetik. Perubahan inti atom merupakan proses disintegrasi inti atom atau peluruh radioaktif. Ditinjau suatu peluruhan radioaktif :

X (radioaktif) ——> Y (stabil)

Dalam hal ini, X disebut induk dan Y adalah anak luruhnya. laju reaksi peluruhan atau perubahan cacah inti atom induk persatuan waktu sebanding dengan cacah atom induk pada saat t adalah, maka dapat ditulis :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_t \qquad (2.9)$$

dengan λ adalah tetapan peluruh radioaktif

Apabila persamaan (2.9) diintegralkan maka akan didapat

$$N_t = No\ e^{-\lambda t} \qquad (2.10)$$

Dengan N_0 adalah cacah inti induk pada saat t = 0

Laju peluruhan suatu radionuklida dinyatakan secara karakteristik dengan suatu tetapan yang disebut waktu paro yang diberi lambang t ½. Waktu paro radionuklida adalah waktu yang diperlukan agar cacah atom radionuklida tersebut menjadi setengah dari cacahnya semula :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$Nt = \frac{No}{2} = No\ e^{-\lambda t ½}$$

$$e^{-\lambda t} = ½ \text{ atau } \lambda t ½ = \ln ½$$

$$t ½ = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$t ½ = \frac{0,693}{\lambda} \qquad (2.11)$$

2.4. Aktivitas

Aktivitas suatu radionuklida pada saat t merupakan disintegrasi inti per satuan waktu yang terjadi pada saat t. Aktivitas pada saat t biasanya dilambangkan dengan A_t dan merupakan laju peluruhan radioaktif $\frac{dN_t}{dt}$

Persamaan (2.9) dapat ditulis sebagai berikut :

$$A_t = \lambda N_t \qquad (2.12)$$

Dengan cara yang sama untuk menurunkan persamaan (2.10) bisa didapatkan :

$$A_t = Ao\ e^{-\lambda t} \qquad (2.13)$$

Dengan Ao adalah aktivitas pada saat t = 0

Apabila λ disubsitusikan dengan menggunakan persamaan (2.13) maka :

$$A_t = Ao\ e^{-0,693\ t/T} \qquad (2.14)$$

Satuan aktivitas adalah becquerel (Bq) atau curie (Ci), dengan 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.5. Reaktor Atom

Pada umumnya bahan bakar suatu reaktor atom adalah uranium. Dalam uranium terdapat dua isotop yaitu $^{235}_{92}U$ dan $^{238}_{92}U$. Inti $^{235}_{92}U$ apabila menyerap neutron akan mengalami pembelahan menjadi dua inti baru sambil melepaskan 2 atau 3 neutron, menurut reaksi inti sebagai berikut (Susetyo, 1988) :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{A1}_{Z1}x + ^{A2}_{Z2}Y + 2\ (atau\ 3)\ ^{1}_{0}n \qquad (2.15)$$

Neutron yang dihasilkan langsung dari pembelahan uranium mempunyai tenaga yang sangat tinggi. Neutron jenis ini disebut sebagai neutron cepat. Neutron cepat ini tidak efektif untuk membelah uranium, olah karena itu dalam reaktor-reaktor jenis tertentu dilakukan penurunan tenaga neutron, yaitu dengan jalan memperlambat gerakan neutron sehingga diperoleh neutron lambat atau neutron termal.

Ditinjau dari tenaga yang dimiliki, neutron dapat digolongkan menjadi :

a. Neutron cepat : mempunyai tenaga di atas 0,1 Mev.

b. Neutron epitermal : mempunyai tenaga antara 0,2 eV – 0,1 MeV

c. Neutron termal : mempunyai tenaga dibawah 0,2 eV

Tenaga neutron yang dihasilkan dari pembelahan $^{235}_{92}U$ berkisar antara < 0,1 sampai dengan 20 MeV.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the 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 of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)