

PENENTUAN Sr-89 DAN Sr-90 DARI LINGKUNGAN DENGAN METODE PENGENDAPAN

Eem R., Endang K., Dadang B.
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PENENTUAN Sr-89 DAN Sr-90 DARI LINGKUNGAN DENGAN METODE PENGENDAPAN. Radioisotop Sr-90 adalah salah satu hasil fisi yang berumur panjang dengan waktu paruh 28 tahun. Radiasi yang dipancarkan Sr-90 adalah partikel β berenergi 0,54 Mev, sedangkan Sr-89 memiliki pancaran partikel β berenergi 1,46 Mev (waktu paruh 51 hari). Organ kritik dari Sr adalah tulang. Oleh karena itu jika Sr-90 berada dalam tulang dalam waktu relatif lama, maka dosis interna yang diberikan relatif besar. Sifat kimia Sr sama dengan kalsium, sehingga stronsium dari lingkungan dapat masuk melalui akar tanaman secara kontinu seperti kalsium. Sr-90 dan Sr-89 dapat masuk ke dalam tubuh melalui rantai makanan. Pemantauan Sr-90 dan Sr-89 di lingkungan memerlukan metode penentuan yang melibatkan prosedur analitik. Dalam percobaan ini dilakukan cara penentuan Sr-89 dan Sr-90 dengan metode pengendapan sebagai Sr-sulfat. Aktivitas Sr-89, Sr-90 dan Y-90 diukur menggunakan alat cacah beta berlatar belakang rendah. Aktivitas Sr-89 didapatkan dari aktivitas total (Sr-89) ditambah Sr-90: dikurangi aktivitas Sr-90. Aktivitas total ditentukan dengan mencacah Sr-sulfat, yang telah terpisah dari Y. Aktivitas Sr-90 ditentukan secara tidak langsung dengan memisahkan dan mencacah Y-90 (sebagai Y-oksalat) yang merupakan turunan dari Sr-90. Pada percobaan dipakai cuplikan limbah cair yang akan dilepas ke lingkungan. Diperoleh efisiensi kimia untuk Sr sebesar 62,9 % sampai 90 % ; dan nilai efisiensi kimia Y lebih besar dari 90 %.

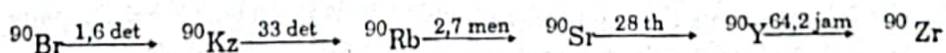
ABSTRACT

DETERMINATION OF SR-89 AND SR-90 IN THE ENVIRONMENT BY THE PRECIPITATION METHOD. Sr-90 radioisotope is a long half-life fission product, the half-life is 28 years. Sr-89 has a half-life of 50 days. The beta particle energies of Sr-90 and Sr-89 are 0.54 Mev and 1.46 Mev, respectively. The critical organ of Sr is bone. If Sr-90 and Sr-89 are found in bone, it give internal dose impact. Sr-90 and Sr-89 could enter the body through food chain. Monitoring the Sr-90 and Sr-89 in the environment required a certain determination method involving analytical procedure. In this experiment, Sr-90 and Sr-89 has been determined by the precipitation method as Sr-sulphate. Activities of Sr-90, Sr-89, and Y-90 measured by low background beta counter. Sr-89 activity is equal to the total activity (Sr-89 + Sr-90) minus the Sr-90 activity. The total activity has been obtained by counting Sr-sulphate, that has been separated from Y. The Sr-90 activity is determined through its daughter product Y-90, which has been separated from Sr and counted as Y-oxalate. Sample used in the experiment were liquid radioactive waste, which will be released to the environment. Chemical efficiencies obtained are 62.9% up to 90% for Sr, and greater than 90% for Y.

PENDAHULUAN

Sr-89 dan Sr-90 merupakan radioisotop hasil fisi dari U-235. Sr-90 mempunyai waktu paruh panjang, 28 tahun sedangkan waktu paruh Sr-89 lebih pendek yaitu 51 hari. Penentuan

mema-suki jalur tanaman seperti Ca. Hal ini disebabkan karena sifat kimia Sr mirip dengan Ca. Sr-89 dan Sr-90 dapat pula masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan. Organ kritik



Sr-90 sebagai berikut :

Jatuhan dari percobaan nuklir atau lepasan hasil fisi antara lain dapat menimbulkan pencemaran lingkungan oleh Sr-89 dan Sr-90. Dua radioisotop tersebut di lingkungan dapat

dari Sr adalah tulang. Dosis interna yang diberikan Sr-90 akan relatif besar dari pada yang diakibatkan Sr-89, karena waktu paruh Sr-90 jauh lebih panjang daripada Sr-89.

Pengukuran Sr-90 dan Sr-89 tidak dapat dilakukan secara langsung, tetapi melibatkan prosedur analitik kimia. Dalam percobaan ini, Sr-89 dan Sr-90 ditetapkan dengan metode pengendapan. Metode ini hanya dapat menentukan Sr-89 dan Sr-90 dari cuplikan-cuplikan lingkungan yang telah dipreparasi. Proses peparasi masing-masing jenis cuplikan berbeda, tetapi hasil akhirnya harus dalam bentuk cairan mengandung Sr. Aktivitas total yaitu gabungan dari aktivitas Sr-89 dan Sr-90 diukur dari endapan SrSO_4 . Aktivitas Sr-90 (tanpa Sr-89) ditentukan dari turunannya, Y-90 yang telah dipisahkan dari endapan SrSO_4 setelah dibiarkan meluruh selama 5 hari, dan ditetapkan sebagai Y-oksalat. Aktivitas Sr-89 didapatkan dari aktivitas gabungan (Sr-89 + Sr-90) dikurangi aktivitas Sr-90. Aktivitas Sr-89, Sr-90 dan Y-90 dicacah dengan alat pencacah β berlatar belakang rendah, masing-masing selama 1000 menit.

TATAKERJA

*Langkah analisis dalam penentuan Sr-90 dan Sr-89
Pengendapan logam alkali tanah sebagai
endapan sulfat*

Seratus ml hasil preparasi cuplikan ditambah 20 mg Ba pembawa. Larutan diaduk 15 menit sambil ditambah 55 ml H_2SO_4 4N dan etanol 96%. Endapan dipisahkan dengan sentrifuga, dan dicuci dengan larutan H_2SO_4 1N, etanol 96% (3:4). Endapan sulfat ini adalah logam alkali tanah yang terdiri dari Sr, Ba, dan Ca.

Pemisahan Ca dari Ba dan Sr

Ba dan Sr diendapkan sebagai sulfat, sedang Ca dilarutkan kembali dengan penambahan larutan yang mengandung 3 g EDTA dan 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 40 ml akuades, dan 3 tetes fenoltalin. pH larutan diubah menjadi pH > 10 dengan menambahkan amoniak 25%. Larutan dihangatkan di dalam penangas air untuk menyempurnakan pelarutan. Larutan hangat ditambah metil merah, serta H_2SO_4 4N untuk mengubah pH menjadi 4,5; sehingga terbentuk endapan. Larutan disimpan di dalam penangas air sambil diaduk selama 20 menit. Larutan dipindahkan ke dalam penangas es sambil terus diaduk selama 15 menit, selanjutnya disentrifuga 5 menit, endapan yang terbentuk diambil dan larutannya dibuang.

Endapan Sr dan Ba sulfat diubah menjadi Sr dan Ba karbonat

Endapan Sr dan Ba sulfat diubah menjadi endapan Sr dan Ba karbonat yang lebih mudah larut dengan cara penambahan 10 ml NaOH 6N dan 40 ml Na_2CO_3 3N. Sambil diaduk, disimpan dalam penangas air, kemudian disimpan dalam penangas es 10 menit, dan disentrifuga 5 menit. Larutan dibuang dan endapan dicuci dua kali masing-masing dengan 15 ml Na_2CO_3 0,1M

Pemisahan Ba dari Sr

Pengendapan Fe

Endapan dilarutkan dengan 1 ml HCl 2M, kemudian tambah 20 ml akuades serta 5 mg Fe pembawa. Larutan disimpan dalam penangas air 5 menit; dan ditambah tetesan amoniak 25% sampai terjadi endapan. Endapan disaring dengan kertas saring Whatman 41. Endapan dibuang dan larutan ditambah 3 tetes metil merah, dan HCl 2 M sampai pH menjadi 5.

Ba dijadikan endapan BaCrO_4

Larutan ditambah 5 ml CH_3COOH 6N, 2 ml NH_4 -asetat 25 %, dan disimpan dalam penangas air 5 menit, ditambah 2 ml Na_2CrO_4 30 % dan pemanasan dilanjutkan 5 menit. Sambil diaduk didinginkan dalam es 5 menit; disentrifuga 5 menit. Kemudian disaring dengan kertas Whatman 41. Endapan BaCrO_4 dibuang sedangkan larutan diambil.

Pemisahan sisa kromat

Sr diendapkan sebagai Sr-sulfat, sedangkan Y tetap tinggal dalam larutan. Larutan dialkalinasi dengan amoniak (terjadi warna kuning), ditambah 1 gram $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ sambil diaduk disimpan dalam penangas air 5 menit, disentrifuga 5 menit. Larutan dibuang dan endapan dicuci dua kali, masing-masing dengan 10 ml Na_2CO_3 0,01M.

Pemisahan Y dari Sr

Endapan dilarutkan dengan HCl encer, ditambah 10 ml EDTA, 20 mg Y pembawa, 3 tetes fenoltalin, dan NH_4OH pekat untuk mengubah menjadi pH > 10. Larutan ditambah 3 tetes metil merah, 20 ml $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 10 %, dan H_2SO_4 4N agar terjadi endapan SrSO_4 pada pH = 4,5 (waktu terjadi endapan dicatat). Selanjutnya dihangatkan dalam penangas air 20 menit, didinginkan dalam penangas es 10 menit, disentrifuga 5 menit.

fuga 5 menit dan disaring dengan kertas Whatman 42 (diameter jendela detektor alat cacah β berlatar belakang rendah). Endapan dicuci dengan 2 ml H_2SO_4 1N, 5 ml metanol, dan 5 ml aseton. Endapan dikeringkan pada temperatur $120^\circ C$ selama 20 menit, dan didinginkan dalam eksikator 15 menit, lalu ditimbang. Selanjutnya dicacah 1000 menit dengan alat cacah β berlatar belakang rendah yang sudah dikalibrasi (waktu pencacahan dicatat). Endapan disimpan 5 hari untuk menunggu pembentukan Y-90.

Pemisahan Y-90 dari $SrSO_4$

Aktivitas Sr-90 ditentukan melalui hasil peluruhannya, yaitu Y-90; karena energi partikel β dari Y-90 relatif lebih tinggi yaitu 2,26 Mev.

Pelarutan Y-90 yang terakumulasi dalam endapan $SrSO_4$

Kertas saring berisi endapan dimasukkan ke dalam tabung sentrifuga dan ditambah 20 mg Y pembawa, 10 ml EDTA 0,1 M, dan 2 ml amoniak pekat. Kemudian dihangatkan dalam penangas air agar endapan larut. Larutan ditambah akuades hingga volume larutan 25 ml, ditambahkan 20 ml $(NH_4)_2SO_4$ 10% dan 3 tetes metil merah. Sambil diaduk ditambahkan H_2SO_4 4N sampai terjadi pH = 4,5 (hingga terjadi $SrSO_4$), dan waktu mulai pengendapan dicatat. Selanjutnya dipanaskan dalam penangas air 20 menit, lalu didinginkan dalam penangas es 10 menit, dan disentrifuga. Endapan $SrSO_4$ dibuang sedangkan larutan yang mengandung Y-90 diambil.

Pengendapan Y-90 sebagai endapan Y-oksalat

Larutan (filtrat) dialkalinasi dengan 1 ml NH_4OH pekat dan ditambah 20 ml amonium oksalat 5%, sambil diaduk dipanaskan hingga $80^\circ C$, ditambahkan HCl 3M hingga terbentuk endapan Y-oksalat, pH = 1 (waktu pengendapan dicatat) diaduk beberapa menit, dan didinginkan. Endapan dicuci 2 kali dengan 5 ml akuades dingin, 5 ml metanol dan 5 ml aseton. Endapan Y-oksalat dikeringkan pada suhu $120^\circ C$, dan didinginkan dalam eksikator 15 menit. Selanjutnya Y-oksalat dicacah 1000 menit dengan alat cacah β berlatar belakang rendah.

Pengukuran efisiensi Y

Kertas saring berisi endapan Y-oksalat dimasukkan ke dalam gelas piala, serta ditambahkan 5 ml EDTA 0,1 M dan 25 mL Trietanolamin 22,4% dan dihangatkan dalam penangas

nir supaya menjadi larutan, kemudian dititrasi dengan $ZnSO_4$ 0,1 M dan erio-T sebagai indikatornya. Y dan EDTA membentuk kompleks. EDTA yang tersisa diikat oleh $ZnSO_4$ 0,1 M. Berat Y mg = $(5 \text{ ml} - \text{volume ml terpakai } ZnSO_4) \times 88,92 \times 0,1$

Efisiensi Kimia Y =

$$\frac{\text{berat Y mg dari titrasi}}{\text{berat Y mg pembawa yang ditambahkan}}$$

Pengukuran efisiensi kimia Sr

Kertas saring berisi endapan $SrSO_4$ dimasukkan ke dalam gelas piala, dan ditambahkan 10 ml EDTA 0,1 M serta NH_4OH 25%, kemudian dihangatkan supaya larut. Larutan ditambah 1 ml NH_4Cl , 200 mg erio-T sebagai indikator dan $ZnSO_4$ 0,1 M sebagai pentitrasi. Sr yang berada dalam larutan NH_4OH akan larut sebagai EDTA kompleks. EDTA yang tersisa dititrasi dengan $ZnSO_4$ 0,1 M. Berat Sr mg = $(10 \text{ ml} - \text{volume ml terpakai } ZnSO_4) \times 87,63 \times 0,1$.

Efisiensi kimia Sr =

$$\frac{\text{berat Sr mg titrasi}}{\text{berat Sr mg pembawa yang ditambahkan}}$$

Perhitungan aktivitas

Perhitungan aktivitas Sr-90

$$ASR90 = CYN / K1$$

$$CYN = CY - CB2$$

$$K = E2 \times E3 \times [1 - \exp(-DY90 \times T2)] \times \exp(-DY90 \times T3)$$

$$K1 = E1 \times K$$

Keterangan :

ASR90 = aktivitas Sr-90 (Bq)

CYN = nilai cacah neto Y-90 (cacah perdetik)

CY = nilai cacah gros Y-90 (cacah perdetik)

CB2 = nilai cacah latar belakang pada pencacahan Y-90 (cacah perdetik)

E1 = efisiensi kimia Sr

E2 = efisiensi kimia Y

E3 = efisiensi pencacahan Y-90, pada ketebalan endapan Y-oksalat

T2 = waktu antara pengendapan Sr dan pemisahan Y dari Sr

T3 = waktu antara pemisahan Y dari Sr dan pencacahan Y.

Waktu paruh Y-90 = $TY90 = 64,2 \text{ jam}$

$DY90 = \text{bilangan disintegrasi Y-90} = 0,693 / TY90$

$$SASR90 = (S1) / K1$$

$$S1 = \frac{[(LCY/TY) + (LCB2/TB2)]}{2}$$

Keterangan :

SASR90 = kesalahan statistik dari aktivitas Sr-90 (Bq) pada tingkat kepercayaan 68 %

LCY = laju cacah gros Y-90 (cacah perdetik)

LCB2 = laju cacah latar belakang pada pencacahan Y-90 (cacah perdetik)

TY = selang waktu cacah Y-90 (detik)

TB2 = selang waktu cacah latar belakang pada pencacahan Y-90 (detik)

AMSR90 = $(3 \times S2) / K1$

$S2 = [CB2 \times (1/TY^2 + 1/TB2^2)]$

AMSR90 = aktivitas minimum Sr-90 dapat terdeteksi (Bq),

Bilangan 3 = untuk menyatakan tingkat kepercayaan 99 %.

Perhitungan aktivitas Sr-89

$ASR89 = P / P1$

$P1 = E1 \times E4 \times \exp(-DSR89 \times T1)$

$CSRN = CSR - CB1$

$P2 = E5 + E6 \times [1 - \exp(-DY90 \times T1)]$

$P = CSRN - (CYN \times P2 / K)$

Keterangan :

ASR89 = aktivitas Sr-89 (Bq)

E4 = efisiensi pencacahan Sr-89, pada ketebalan endapan $SrSO_4$

E5 = efisiensi pencacahan Sr-90, pada ketebalan endapan $SrSO_4$

E6 = efisiensi pencacahan Y-90, pada ketebalan endapan $SrSO_4$

TSR89 = waktu paruh Sr-89 yaitu 51 hari

$DSR89 = \text{bilangan disintegrasi Sr-89} = 0,693 / \text{TSR89}$

T1 = waktu antara pengendapan Sr dan pencacahan Sr,

CSR = nilai cacah Sr

CB1 = nilai cacah latar belakang pada pencacahan Sr

$$SASR89 = \frac{[S3 + (P2/K)^2 \times S1]^{0,5}}{P1}$$

$S3 = (LCSR/TSR + LCB1/TB1)$

Keterangan :

SASR89 = kesalahan statistik dari aktivitas Sr-89 (Bq) pada tingkat kepercayaan 68 %

LCSR = laju cacah gros Sr (cacah perdetik) yaitu Sr-89 + Sr-90

LCB1 = laju cacah latar belakang pada pencacahan Sr (cacah perdetik), yaitu Sr-89 + Sr-90,

TSR = selang waktu cacah Sr (detik), yaitu Sr-89 + Sr-90,

TB2 = selang waktu cacah latar belakang pada pencacahan Sr (detik)

$$AMSR89 = \frac{3 \times [S4 + 2 \times (P2/K)^{0,5} \times S1]^{0,5}}{P1}$$

$S4 = CB1 \times [1/TSR + 1/TB1^2]$

Keterangan :

AMSR89 = aktivitas minimum Sr-89 dapat terdeteksi (Bq)

Bilangan 3 = untuk menyatakan tingkat kepercayaan 99 %

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan penentuan Sr-89 dan Sr-90 dilakukan pada limbah cair, yang akan dilepas ke lingkungan.

Efisiensi kimia yang diperoleh dari metode ini tidak tetap: Untuk Sr berkisar dari 62,9% sampai 90%. Untuk Y selalu lebih besar dari 95%. Nilai efisiensi kimia minimum diperoleh ketika percobaan dilakukan pertama kali. Pada percobaan selanjutnya diperoleh nilai efisiensi kimia yang makin bertambah besar. Keadaan ini menginformasikan bahwa untuk memperoleh nilai efisiensi kimia yang besar diperlukan ketelitian dalam mengerjakan prosedur.

Nilai efisiensi kimia yang besar memberi informasi bahwa Sr yang hilang ketika percobaan dikerjakan relatif kecil yaitu 10%. Dengan demikian metode tersebut dapat dipergunakan dalam pemantauan lingkungan terhadap radioisotop Sr-89 dan Sr-90.

Kurva efisiensi fisik (alat cacah) ditentukan melalui grafik Y terhadap X. Y adalah efisiensi alat cacah (persen). X adalah berat endapan yang dicacah persatuan luas planset (mg/cm^2). Persamaan matematik dari kurva efisiensi fisik berbentuk persamaan linier; karena kurva efisiensi fisik hanya berlaku untuk interval berat pendek. Untuk Sr dari berat 40 mg sampai 175 mg. Untuk Ytrium dari berat 20 mg sampai 70 mg. Kurva hanya dipakai untuk interval pendek karena konsentrasi Sr-89 dan Sr-90 kecil di lingkungan. Apabila kurva efisiensi fisik digunakan untuk interval panjang, maka akan diperoleh persamaan kurva efisiensi fisik berbentuk eksponensial.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai aktivitas minimum dapat terdeteksi untuk Sr-89 dan Sr-90 yang diperoleh dari percobaan. MDA dari hasil percobaan adalah jauh lebih kecil dari nilai ambang batas yang diizinkan. Hal ini menginformasikan bahwa alat cacah yang dipergunakan sudah cukup baik, dan

sangat diperlukan pada pengukuran aktivitas rendah dari Sr-89 dan Sr-90.

1. Memiliki efisiensi kimia Sr dan Y yang besar sekitar 90 %.

Tabel 1. Nilai aktivitas minimum dapat terdeteksi (MDA) dari percobaan dan nilai ambang batas untuk Sr-89 dan Sr-90

Radioisotop	Aktivitas minimum dapat terdeteksi (Bq/l)	Nilai ambang batas yang diizinkan dalam air untuk umum (Bq/l)
Sr-90	$7,9 \times 10^{-2}$	14,8
Sr-89	$1,1 \times 10^{-1}$	444

KESIMPULAN

Penentuan Sr-89 dan Sr-90 dengan metode pengendapan dan didukung oleh alat cacah beta berlatar belakang rendah dapat dipakai pada pemantauan lingkungan, karena :

2. Memiliki nilai MDA yang jauh lebih kecil dari nilai ambang batas yang diizinkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Measurement of radionuclides in food and the environment", Technical Reports Series No.295, IAEA, Vienna (1989).
2. Duhamel, A.M. Francis, Health Physics, Volume 2, part I, First edition, Pergamon Press, Oxford (1969).
3. Hingorani, S.B. and Sathe, A.P., Solvent extraction method for rapid separation of Strontium-90 in milk and food samples, Environmental Assessment Division, B.A.R.C.-154, BARC, Bombay, India (1991).
4. Matschull, I., Analyse Und Messung Von Sr-90 Und Sr-89, Praxisbericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe (Feb 1985).
5. Anonim, Environmental contamination by radioactive material, Proceedings of a Seminar, Vienna 24-28 March 1969, IAEA, Vienna (1969).