

OPTIMASI KONDISI SPEKTROMETER ALFA DENGAN DETEKTOR ION-IMPLATED SILIKON DI PUSAT PRODUKSI RADIOISOTOP

Kadarisman W., A. Mutalib, Adang HG., Hotman Lubis,
Enny L. Mujinah dan Dadang H

ABSTRAK

OPTIMASI KONDISI SPEKTROMETER ALFA DENGAN DETEKTOR ION-IMPLATED SILIKON DI PUSAT PRODUKSI RADIOISOTOP. Telah dilakukan penetapan kondisi optimum spektrometer alfa yang dihubungkan dengan detektor silikon yang diimplantasi ion dengan standar sumber radiasi alfa campuran ^{239}Pu , ^{241}Am dan ^{244}Cm . Pengamatan meliputi penetapan jarak antara cuplikan dengan detektor, tingkat kevakuman, batas deteksi alat dan penetapan efisiensi pencacahan dari masing-masing radionuklida. Dari percobaan diperoleh hasil kondisi optimum yaitu, jarak antara detektor dengan standar 1- 2 cm, tekanan kevakuman -1050 mbar, batas deteksi 5,1 dpm dan efisiensi pencacahan masing-masing untuk ^{239}Pu (5157 keV) 10.6%, ^{241}Am (5486 keV) 10,3% dan ^{244}Cm (5805 keV) 9,9%.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF ALPHA SPECTROMETER COUPLED TO ION-IMPLANTED SILICON DETECTOR IN RADIOISOTOPE PRODUCTION CENTER. The optimization of alpha spectrometer coupled to an ion-implanted silicon detector was carried out using an alpha radiation mixed standard source containing radionuclides of ^{239}Pu , ^{241}Am and ^{244}Cm . This experiment involved the determination of the optimum distance between a radiation source and the detector surface, the pressure of the vacuum chamber, and the detection limit and the efficiency of the detector. The results show that the optimum distance between the radiation source and the detector is 1-2 cm; the pressure is -1050 mbar, the detection limit is 5.1 dpm, and the efficiencies for ^{239}Pu (5157 keV), ^{241}Am (5486 keV) and ^{244}Cm (5805 keV) are 10.6%, 10.3% and 9.9%, respectively.

PENDAHULUAN

Pengukuran seluruh radionuklida pengotor pemancar alfa total di dalam produk ^{99}Mo hasil belah ^{235}U dari proses Cintichem dilaksanakan secara sederhana dengan cara meneteskan sejumlah tertentu cuplikan ^{99}Mo yang telah diencerkan di atas planchet aluminium, kemudian dikeringkan di atas pemanas listrik (Hot Plate) dan selanjutnya dicacah dengan pencacah alfa melalui detektor sintilasi ZnS [1] .

Walaupun waktu analisis cara ini relatif singkat untuk tujuan pengawasan kualitas, akurasi pengukuran yang baik sulit diperoleh, terutama apabila cuplikan yang ditotolkan dalam jumlah cukup banyak.

Persyaratan kontaminasi alfa dalam produk ^{99}Mo hasil belah ^{235}U dinyatakan sekitar 10^{-6} uCi /mCi ^{99}Mo - 10^{-7} uCi/mCi ^{99}Mo . Karena itu, untuk dapat menetapkan kontaminasi alfa sebesar 10^{-6} - 10^{-7} uCi/mCi ^{99}Mo , maka pencacah alfa harus mampu mendeteksi aktivitas alfa sebesar 2,22 dpm - 0,222 dpm per mCi ^{99}Mo . Kalau diambil pendekatan bahwa pencacah alfa mempunyai efisiensi pencacahan sebesar 50% maka pencacah alfa harus mempunyai batas deteksi di bawah 0,111 cpm. Harga ini jauh lebih rendah dari pencacahan cacahan latar belakang pencacah alfa yang ada di Pusat Produksi Radioisotop saat ini yaitu sebesar 4 cpm. Sehingga dengan pencacahan ini tidak mungkin menghitung kontaminasi alfa pada tingkat 10^{-6} - 10^{-7} uCi/mCi ^{99}Mo menggunakan Pencacah Alfa tersebut. [2]

Suatu metoda alternatif pengukuran radionuklida pemancar alfa sedang dikembangkan di Pusat Produksi Radioisotop dengan menggunakan detektor silikon yang diimplantasi ion. Sistem pencacah alfa ini dilengkapi dengan PCA card yang berisi perangkat lunak PCA II. Dalam upaya meminimalkan distorsi spektrum yang disebabkan atenuasi antara cuplikan dan detektor, maka pengukuran dilaksanakan dalam kamar vakum (vacuum chamber). Demikian juga untuk meminimalkan distorsi yang disebabkan serapan diri (self absorption) oleh cuplikan, maka cuplikan disiapkan dalam bentuk lapisan material yang amat tipis. [3,4]

Dalam makalah ini dilaporkan kondisi optimum pencacahan alfa yang mencakup jarak antara cuplikan dengan detektor, tekanan kamar vakum, efisiensi pencacahan dan batas deteksi pencacahan.

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Sumber radiasi pemancar partikel alfa standar campuran dari ^{239}Pu (5157 keV), ^{241}Am (5486 keV) dan ^{244}Cm (5805 keV) masing-masing beraktivitas 1 kBq pada 4 Agustus 1994. Sumber standar campuran ini dibuat dan diperoleh dari National Institute of Standards and Technology, Departement of Commerce, USA, dan merupakan hadiah dari Argone National Laboratory.

Pencacahan dan pengukuran keradioaktifan alfa ditetapkan dengan seperangkat spektrometer alfa yang terdiri dari detektor ion implanated silicon dari Oxford Model IPC 300-100-19 EM, sebuah catu daya ORTEC Model 495, amplifier Tennelec Model TC 244, catu bias ORTEC Model 459, dan PCA card bersama software PCA II dari Tennelec.

Prosedur Percobaan

Program PCA digunakan sebagai fasilitas pengolah data pencacahan radiasi alfa. Waktu pencacahan untuk pengukuran latar belakang dilaksanakan selama 3600 detik sedangkan untuk pengukuran standar campuran dilaksanakan selama 300 detik. Pencacahan latar belakang dilakukan 5 kali ulangan, pencacahan sumber standar campuran masing-masing dilakukan sekali untuk setiap variasi jarak antara sumber standar dengan detektor, demikian juga untuk setiap tekanan dalam kamar detektor. Variasi jarak dilakukan pada jarak 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm dan 5 cm. Sedangkan untuk kevakuman dilakukan pada -200, -400, -600, -800, -1000 dan -1050 mbar.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Penetapan Limit Deteksi

Dari percobaan pencacahan latar belakang sebanyak lima kali ulangan diperoleh data sebagai berikut: 1,56, 1,50, 1,50, 1,80 dan 1,58 cpm dengan rata-rata cacahan latar belakang 1,59 cpm dan simpangan baku sekitar 0,11 cpm (6,9%). Batas deteksi pengukuran ditentukan berdasarkan persamaan berikut⁽²⁾:

$$X = 4,65 \sigma_b \quad (\text{dengan tingkat kepercayaan } 95\%) \quad (1)$$

di mana σ_b adalah simpangan baku.

Dari persamaan (1) diperoleh batas deteksi sebesar 0,51 cpm atau 5,1 dpm bila efisiensi sekitar 10%. Bila konsentrasi produk ^{99}Mo hasil belah ^{235}U yang diperoleh berdasarkan proses Cintichem sekitar 10 Ci $^{99}\text{Mo}/\text{ml}$ atau 10 mCi $^{99}\text{Mo}/\text{ul}$ dan untuk pengukuran pengotor pemancar alfa diperlukan 8 ul cuplikan produk ^{99}Mo , maka aktivitas ^{99}Mo di dalam cuplikan adalah 80 mCi. Aktivitas sebesar ini akan mengandung pengotor pemancar alfa sekitar 8×10^{-6} mCi apabila persyaratan kandungan pengotor radionuklida pemancar alfa sebesar 1×10^{-7} uCi alfa/mCi ^{99}Mo . Besarnya aktivitas pengotor pemancar alfa tersebut akan setara dengan aktivitas sebesar 17,8 dpm dan apabila efisiensi pencacahan spektrometer alfa hanya 10%, maka aktivitas tersebut sama dengan 1,8 cpm.

Aktivitas sebesar ini tiga setengah kali lebih tinggi dari batas deteksi alat sebesar 0,51 cpm, sehingga pencacah alfa masih memberikan keluaran yang dapat diandalkan untuk tujuan penentuan kandungan pengotor alfa.

Variasi Jarak

Untuk menentukan pengaruh jarak antara sumber dan detektor digunakan standar campuran yang mengandung ^{239}Pu (5157 keV), ^{241}Am (5486 keV) dan ^{244}Cm (5805 keV) yang masing-masing radionuklida mempunyai aktivitas sebesar 999 Bq, 995,2 Bq dan 891,5 Bq pada saat pengukuran dilaksanakan.

Gambar 1 memperlihatkan pengaruh jarak sumber dan detektor terhadap hasil cacahan tiap-tiap radionuklida. Dengan semakin jauh jarak maka cacahan keluaran tiap-tiap radionuklida akan menurun. Meskipun demikian untuk jarak lebih kecil dari 2 cm cacahan tiap-tiap radionuklida menjadi lebih kecil sekitar 0.5%. Untuk pengukuran lebih lanjut ditetapkan bahwa jarak antara sumber dan detektor adalah sekitar 2 cm.

Variasi Kevakuman

Dengan standar campuran yang sama dilakukan pula pengaruh kevakuman kamar vakum dari detektor terhadap energi tiap-tiap radionuklida standar. Tekanan kevakuman yang diamati masing-masing adalah -200, -400, -600, -800, -1000 dan -1050 mbar. Gambar 2 memperlihatkan hubungan pengaruh kevakuman terhadap energi tiap-tiap radionuklida standar. Dengan semakin tinggi tekanan kevakuman maka energi tiap-tiap radionuklida akan menurun. Hal ini dapat dijelaskan sebagai akibat pengaruh kerapatan medium terhadap "stopping power" partikel alfa yang akan mencapai permukaan detektor. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa besarnya energi radionuklida sesuai dengan spesifikasi dapat dicapai apabila tekanan vakumsekitar -1050 mbar.

Gambar 2 memperlihatkan pula hubungan linier antara energi dengan tekanan kevakuman untuk ketiga radionuklida standar yang masing-masing memiliki kemiringan cukup identik. Hal ini menunjukkan kecil sekali terjadinya bias selama variasi pengukuran.

Hubungan antara efisiensi cacahan dengan variasi tekanan kamar vakum ditunjukkan pada Gambar 3. Dari pengamatan ini diketahui bahwa efisiensi optimum pencacahan dicapai pada tekanan kevakuman sekitar -800 mbar, masing-masing untuk ^{239}Pu (5157 keV) 10,6%, ^{241}Am (5486 keV) 10,3% dan ^{244}Cm (5805 keV) 9,9%.

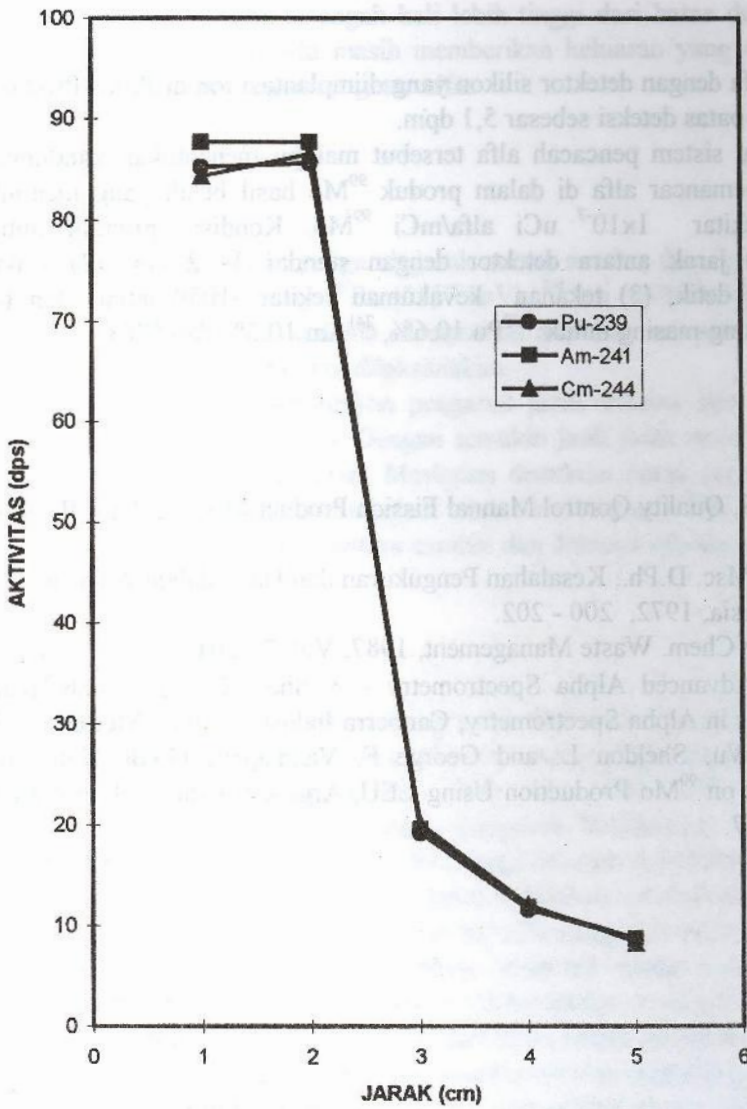
KESIMPULAN

Spektrometer alfa dengan detektor silikon yang diimplantasi ion di Pusat Produksi Radioisotop mempunyai batas deteksi sebesar 5,1 dpm.

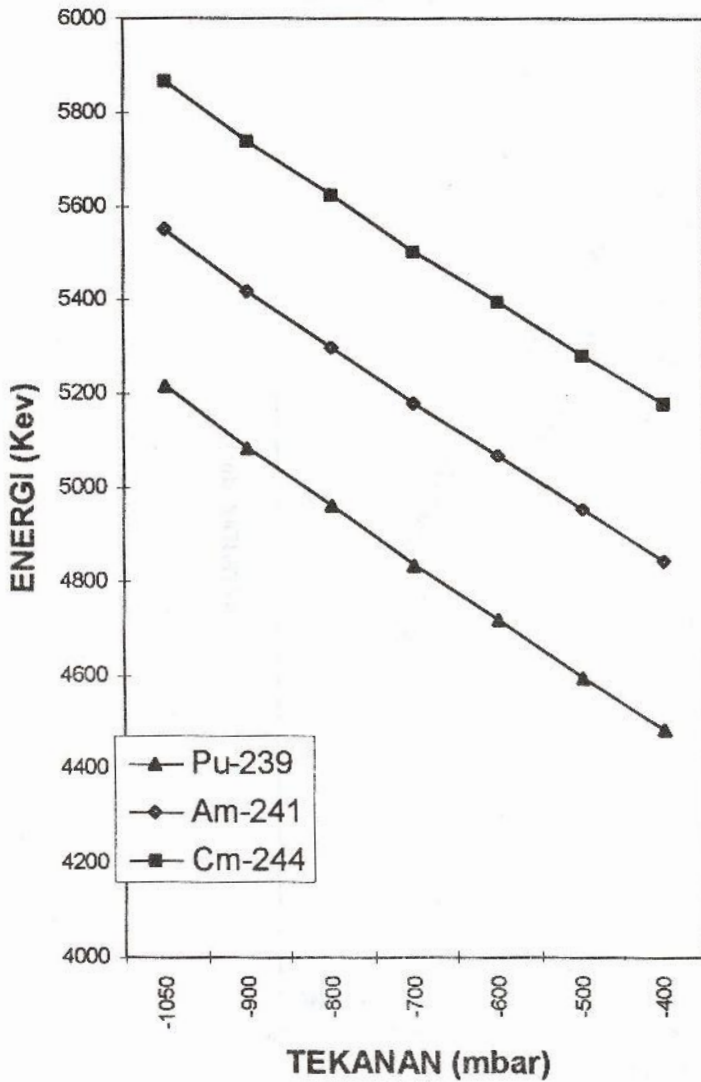
Dengan batas deteksi ini sistem pencacah alfa tersebut mampu menentukan kandungan radionuklida pengotor pemancar alfa di dalam produk ^{99}Mo hasil belah yang memiliki spesifikasi pengotor sekitar 1×10^{-7} uCi alfa/mCi ^{99}Mo . Kondisi optimum untuk pencacahan adalah: (1) jarak antara detektor dengan standar 1- 2 cm; (2) waktu pencacahan sekitar 300 detik; (3) tekanan kevakuman sekitar -1050 mbar; dan (4) efisiensi pencacahan masing-masing untuk ^{239}Pu 10,6%, ^{241}Am 10,3% dan ^{244}Cm 9,9%.

DAFTAR PUSTAKA

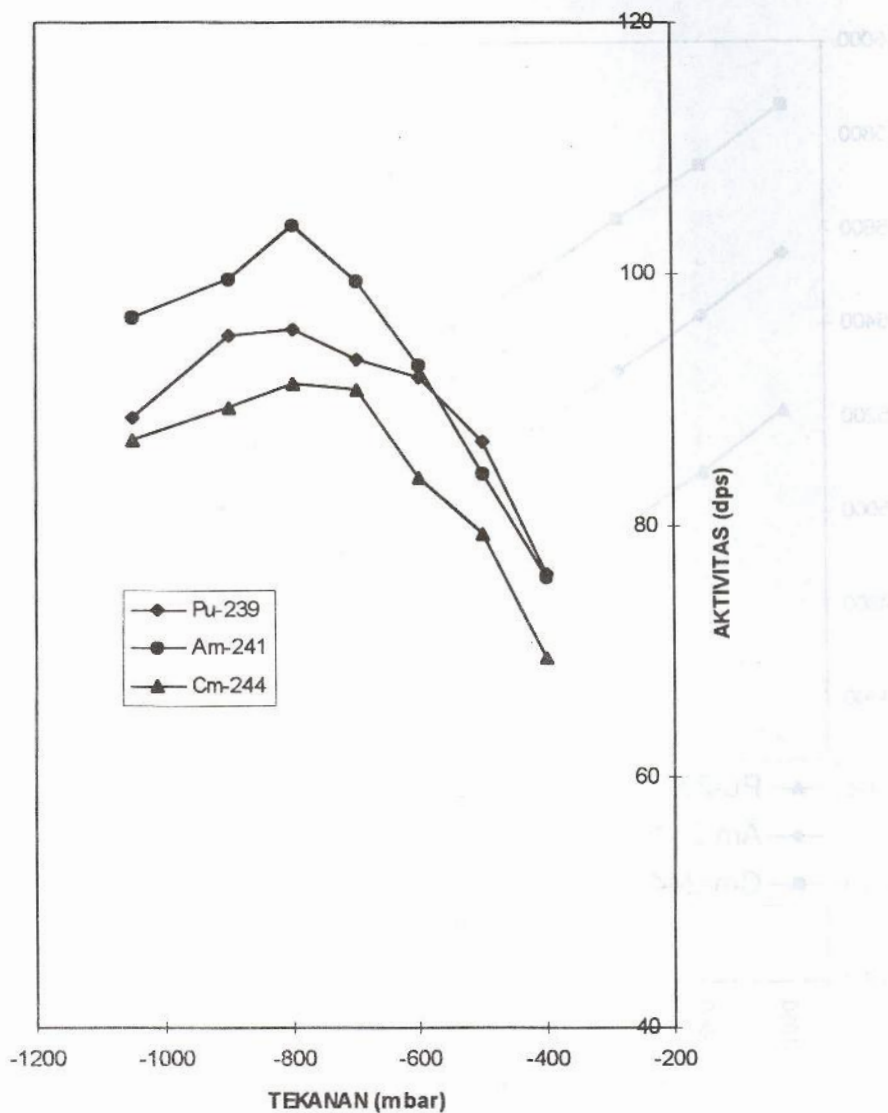
1. MEDYPHYSICS AS, Quality Control Manual Fission Product Mo-99, 1985, II-5-6 - II-5-8.
2. K. ECKSCLAGER Msc. D.Ph., Kesalahan Pengukuran dan Hasil dalam Analisis Kimia, Ghalia Indonesia, 1972, 200 - 202.
3. SILL, C.W., Nuclear Chem. Waste Management, 1987, Vol. 7, 201.
4. BURNETT W.C., Advanced Alpha Spectrometry - A Short Course Emphasizing Advanced Techniques in Alpha Spectrometry, Canberra Industries, Inc., Meriden, CT, 1992. De (Wesley) Wu, Sheldon L. and George F. Vandegrift, Guide Notes for Technical Discussions on ^{99}Mo Production Using LEU, Argonne National Laboratory, USA, 1995, 134 -137.



GAMBAR 1 : JARAK (cm) VS. AKTIVITAS



GAMBAR 2 : TEKANAN (mbar) VS. ENERGI (keV)



GAMBAR 3 : TEKANAN (mbar) VS. AKTIVITAS (dps)